NEW HORIZONS 2019

VII International Symposium

NEW HORIZONS 2019

of transport and communications

29 - 30 November

University of East Sarajevo
Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj

PROCEEDINGS

www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

VII International Symposium NEW HORIZONS 2019
of Transport and Communications

VII Međunarodni simpozijum NOVI HORIZONTI 2019
saobraćaja i komunikacija

Organizer/Organizator:

University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj

Co-organizers/Suorganizatori:

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade,

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad,

Faculty of Technical Sciences Bitola, University of St. Kliment Ohridski i

Department of Engines, Vehicles and related Technologies, Institute of Nuclear Sciences VINČA, University of Belgrade.

PROCEEDINGS/ZBORNIK RADOVA

- NH 2019 -

Edited by:

PhD Zoran Ćurguz
PhD Bojan Marić
MSc Vladimir Malčić
MSc Radenka Bjelošević

Doboj, 2019.

© 2019.
All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, without prior written permission from the publisher.

Publisher:
University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

656.1/.2(082)(0.034.4)

INTERNATIONAL Symposium New Horizons of Transport and Communications (7 ; 2019 ; Doboj)
Proceedings [Elektronski izvor] = Zbornik radova/VII International Symposium New Horizons 2019 of Transport and Communications, Doboj, 2019=VII Međunarodni simpozijum Novi Horizonti 2019 saobraćaja i komunikacija; edited by Zoran Ćurguz, Bojan Marić, Vladimir Malčić, Radenka Bjelošević; organizer/organizator University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj. - Doboj : Faculty of Transport and Traffic Engineering, 2019. - 1 optički disk (CD-ROM) : tekst ; 12 cm

Sistemski zahtjevi: Nisu navedeni. - Tiraž 250. - Bibliografija uz sve radove. - Abstracts.

ISBN 978-99955-36-79-4

COBISS.RS-ID 8611352

PROGRAM COMMITTEE/PROGRAMSKI ODBOR

Alphabetically:

Jiří AMBROS	Transport Research Centre, Czechia
Boris ANTIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Ibrahim Ahmed BADI	University of Misurata, Department of Mechanical Engineering, Libya
Milan BANIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Vuk BOGDANOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Nebojša BOJOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Branislav BOŠKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Ranko BOŽIČKOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Mirjana BUGARINOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Slavko ĐURIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Tihomir ĐURIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Hamed FAZLOLLAHTABAR	University of Science and Technology Babol, Department of Industrial Engineering, Iran
Miloš IVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dragoslav JANOŠEVIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Dragan JOVANOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Predrag JOVANOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Jadranka JOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Pavle KECMAN	Allianz, The Netherlands
Nikola KRSTANOSKI	University of St. Kliment Ohridski, Faculty of Technical Sciences Bitola, Macedonia
Krsto LIPOVAC	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Bojan MARIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Dejan MARKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Goran MARKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Peter MARTON	University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Slovakia
Sanjin MILINKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Miloš MILOŠEVIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Milan MILOTIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Petar MIROSAVLJEVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dušan MLADENOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Snežana MLADENOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Markos PAPAGEORGIOU	Technical University of Crete, School of Production Engineering and Management, Greece
Norbert PAVLOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dragan PERAKOVIĆ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Dalibor PEŠIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Goran PETROVIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Aleksandar RIKALOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Andreas SCHÖBEL	Vienna University of Technology, Institute of Transportation, Austria
Marko SLAVULJ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Siniša SREMAC	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Dušan STAMENKOVIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Aleksandar STEVANOVIĆ	University of Pittsburgh, Civil and Environmental Engineering, SAD
Gordan STOJIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Marko SUBOTIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Marko ŠEVROVIĆ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Snežana TADIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia

Ilija TANACKOV	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Slaven TICA	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Marko VASILJEVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
Slavko VESKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Milan VUJANIĆ	Adriatic University Bar, Faculty of Traffic, Communications and Logistics Budva, Montenegro
Jianhong WU	Beijing Jiaotong University, School of Economics and Management, China
George YANNIS	National Technical University of Athens, Greece
Milan ZLATKOVIĆ	University of Wyoming, Department of Civil and Architectural Engineering, SAD

ORGANIZING COMMITTEE/ORGANIZACIONI ODBOR

Bojan MARIĆ, Chair
Vladimir MALČIĆ, Co-chair
Ratko ĐURIČIĆ
Marko VASILJEVIĆ
Aleksandar STJEPANOVIĆ
Tanja PETROVIĆ
Radenka BJELOŠEVIĆ
Mirko STOJČIĆ
Dunja RADOVIĆ
Željko VIDOVIĆ

All published papers in this Proceedings passed through double-blind review, which means that both the reviewer and author identities are concealed from the reviewers, and vice versa, throughout the review process. At least one of the reviewers per paper is from abroad.

Svi objavljeni radovi u Zborniku radova su prošli kroz duplu „slijepu“ recenziju, što znači da su recenzenti i autori nepoznati jedni drugima tokom procesa recenzije. Najmanje jedan recenzent za svaki rad je iz inostranstva.

LIST OF REVIEWERS/LISTA RECENZENATA

Alphabetically:

Mesud AJANOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Dragan ALEKSANDRIĆ	University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Asib ALIHODŽIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Beti ANGELEVSKA	University of St. Kliment Ohridski, Faculty of Technical Sciences Bitola, Macedonia
Boris ANTIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Ibrahim BADI	University of Misurata, Department of Mechanical Engineering, Libya
Stanko BAJČETIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Milan BANIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Bojan BEŠKOVNIK	University of Ljubljana, Faculty of Maritime Studies and Transport, Slovenia
Vuk BOGDANOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Branislav BOŠKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Rino BOŠNJAK	University of Split, Faculty of Maritime Studies, Croatia
Ranko BOŽIČKOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Zdravko BOŽIČKOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Vladimir BRTKA	University of Novi Sad, Technical Faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Serbia
Mirjana BUGARINOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Zlatko BUNDALO	University of Banja Luka, Faculty of Electrical Engineering, Bosnia and Herzegovina
Zoran ČEPIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Boško ĐUKIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Slavko ĐURIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Tihomir ĐURIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Ratko ĐURIČIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Jadranka ĐUROVIĆ-TODOROVIĆ	University of Niš, Faculty of Economics in Niš, Serbia
Ejub DŽAFEROVIĆ	University of Sarajevo, Faculty of Mechanical Engineering, Bosnia and Herzegovina
Draženko GLAVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Jasna GLIŠOVIĆ	University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Serbia
Miroslav GRUBIŠIĆ	University of Mostar, Faculty of mechanical engineering and computing, B&H
Ilija HRISTOSKI	"St. Kliment Ohridski" University, Faculty of Economics, Macedonia
Dejan IVEZIĆ	University of Belgrade, Faculty of Mining And Geology, Serbia
Goran JAUŠEVAC	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Gordana JOTANOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Dragan JOVANOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Predrag JOVANOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Jadranka JOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Milorad KILIBARDA	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Miroslav KOSTADINOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Nikola KRSTANOSKI	University of St. Kliment Ohridski, Faculty of Technical Sciences Bitola, Macedonia
Božidar KRSTIĆ	University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Serbia
Krsto LIPOVAC	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Slobodan LUBURA	University of East Sarajevo, Faculty of Electrical Engineering, Bosnia and Herzegovina
Bojan MARIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Dejan MARKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia

Goran MARKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Peter MÁRTON	University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Slovakia
Sanjin MILINKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Nada MILOSAVLJEVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Milan MILOTIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Petar MIROSAVLJEVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dušan MLADENOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Srđan NOGO	University of East Sarajevo, Faculty of Electrical Engineering, Bosnia and Herzegovina
Norbert PAVLOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dalibor PEŠIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Božidar POPOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Electrical Engineering, Bosnia and Herzegovina
Miodrag REGODIĆ	University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, B&H
Dragan RUŽIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Mileva SAMARDŽIĆ PETROVIĆ	University of Belgrade, Faculty of civil engineering, Serbia
Milja SIMEUNOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Marko SLAVULJ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Siniša SREMAC	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Vitomir STARČEVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Business Economics Bijeljina, B&H
Borivoj STEPANOV	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Aleksandar STEVANOVIĆ	University of Pittsburgh, Civil and Environmental Engineering, SAD
Aleksandar STJEPANOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Željko STOJANOV	University of Novi Sad, Technical Faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Serbia
Gordan STOJIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Marko SUBOTIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Slobodan SUBOTIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Marko ŠEVROVIĆ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Snežana TADIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Slaven TICA	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Ana TRPKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Marko VASILJEVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Vasko VASSILEV	Kableshkov University of Transport, Sofia, Bulgaria
Slavko VESKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Vera ZELENOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Economics, Serbia
Predrag ŽIVANOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Milan ZLATKOVIĆ	University of Wyoming, Department of Civil and Architectural Engineering, SAD

CONTENTS/SADRŽAJ

DIGITAL INFRASTRUCTURE FOR THE IMPLEMENTATION OF OPEN SCIENCE AT THE UNIVERSITY
DIGITALNA INFRASTRUKTURA ZA IMPLEMENTACIJU OTVORENE NAUKE NA UNIVERZITETU
Zoran Ćurguz 1

TOWARD EFFICIENT AND RELIABLE RAILWAY CONNECTIONS IN THE CENTRAL AND SOUTHEASTERN EUROPE
Peter Márton 12

THE POSITION AND ROLE OF TRANSPORT AND TRAFFIC ENGINEERS IN THE PROCESS OF PLANNING AND DESIGN RAILWAY LINES
МЕСТО И УЛОГА САОБРАЋАЈНИХ ИНЖЕЊЕРА У ПРОЦЕСУ ПЛАНИРАЊА И ПРОЈЕКТОВАЊА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ПРУГА
Miloš S. Ivić 20

ISO 39001 – ROAD TRAFFIC SAFETY MANAGEMENT SYSTEM APROACH
ISO 39001 – СИСТЕМСКИ ПРИСТУП УПРАВЉАЊУ БЕЗБЕДНОШЋУ САОБРАЋАЈА
Boris Antić 26

SEMANTIC MODELING URBAN TRANSPORT SERVICES
SEMANTIČKO MODELOVANJE URBANE TRANSPORTNE USLUGE
Milorad Banjanin 35

IMPORTANCE AND POSSIBILITIES OF MONITORING SAFETY PERFORMANCE INDICATORS AT THE LOCAL LEVEL, THE CASE STUDY CITY OF BELGRADE
ЗНАЧАЈ И МОГУЋНОСТИ ПРАЋЕЊА ИНДИКАТОРА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА НА ЛОКАЛНОМ НИВОУ, СТУДИЈА ПРИМЕРА ГРАДА БЕОГРАДА
Krsto Lipovac, Jelica Davidović, Slaviša Gajić, Milena Simić 49

IMPORTANCE OF MEASURING POPULATION EXPOSURE IN ROAD TRAFFIC
ЗНАЧАЈ МЕРЕЊА ИЗЛОЖЕНОСТИ СТАНОВНИШТВА У ДРУМСКОМ САОБРАЋАЈУ
Dalibor Pešić, Bojana Todosijević 57

CLASSIFICATION OF 'SCHOOL ZONES' AND RISK MAPPING IN FUNCTION OF SPATIAL NETWORK CRITERIA - CASE STUDY OF THE CITY OF BELGRADE
KLASIFIKACIJA „ZONA ŠKOLA“ I MAPIRANJE RIZIKA U FUNKCIJI PROSTORNO-MREŽNOG KRITERIJUMA - PRIMER GRADA BEOGRADA
Sreten Jevremović, Ana Trpković, Branimir Stanić 65

IMPLEMENTING THE IRAP SRS METHODOLOGICAL APPROACH FOR DETERMINATION OF INFLUENCE OF CRITICAL HUMAN, VEHICLE AND ROAD FACTORS ON THE PROBABILITY OF FATAL ROAD TRAFFIC ACCIDENT OCCURRENCE IN THE REPUBLIC OF CROATIA
PRIMJENA IRAP SRS METODOLOŠKOG POSTUPKA ZA UTVRĐIVANJE UTJECAJA KRITIČNIH ČIMBENIKA ČOVJEK-VOZILO-CESTA NA VJEROJATNOST DOGAĐANJA PROMETNIH NESREĆA SA SMRTNO STRADALIM OSOBAMA NA PODRUČJU REPUBLIKE HRVATSKE
Bojan Jovanović, Marko Ševrović, Ivica Krajnović 73

SAFE AND COMFORTABLE RIDE OF PASSANGERS IN PUBLIC TRANSPORT
Stanislav Tokař, Aleš Vémola, Roman Mikulec 81

SPECIFICITY OF DETERMINING THE CURRENT SITUATION OF THE DANGEROUS SITUATION IN ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS IN WHICH PEDESTRIANS ARE INVOLVING
SPECIFIČNOST ODREĐIVANJA TRENUTKA NASTANKA OPASNE SITUACIJE U ANALIZI SAOBRAĆAJNIH NEZGODA U KOJIMA UČESTVUJU PJEŠACI
Osman Lindov, Adnan Omerhodžić 87

TRANSPORT DEMAND EVOLUTION IN CROATIA - FACTORS OF CHANGE, SCENARIOS AND CHALLENGES
RAZVOJ PROMETNE POTRAŽNJE U REPUBLICI HRVATSKOJ – FAKTORI PROMJENA, SCENARIJI I IZAZOVI
Drago Pupavac, Robert Maršanić, Ljudevit Krpan 95

REACTION BEHAVIOUR OF DRIVERS TO MARKED AND UNMARKED ROAD: GHANA PERSPECTIVE
Jacob Adedayo Adedeji, Xoliswa E. Feikie, Thywill Cephas Dzogbewu, Mohamed M.H. Mostafa 102

MODEL FOR THE ASSESSMENT OF LINE OPERATION IN INTERMEDIATE PASSENGER TRANSPORT
MODEL ZA PROCENU RENTABILNOSTI RADA LINIJA U MEĐUMESNOM PREVOZU PUTNIKA
Milica Miličić, Pavle Gladović, Tatjana Savković, Ivana Milenković 109

REVIEW OF THE APPLICABLE METHODS IN ROUTING VEHICLES OF DANGEROUS GOODS
PREGLED PRIMENJENIH METODA U RUTIRANJU VOZILA SA OPASNOM ROBOM
Vladimir Stojković, Siniša Sremac, Ilija Tanackov, Gordan Stojić 118

THE PROBLEM WITH VEHICLES MOVEMENT THROUGH A ROUNDABOUT
PROBLEM KRETANJA VOZILA U KRUŽNIM TOKOVIMA
Bojan Marić, Nenad Branković 124

IMPACT OF MODERN SYSTEMS ON IMPROVING SAFETY FEATURES OF COMMERCIAL VEHICLES
UTICAJ SAVREMENIH SISTEMA NA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSNIH SVOJSTVA PRIVREDNIH VOZILA
Dušan Mladenović, Krsto Lipovac, Ivan Ivković, Dragan Sekulić, Đorđe Stanisavljević 132

EFFECT OF ACCESS POINTS ON CONDITIONS OF VEHICULAR MOVEMENTS IN TRAFFIC FLOW
UTICAJ PRISTUPNIH TAČAKA NA USLOVE KRETANJA VOZILA U SAOBRAĆAJNOM TOKU
Marko Subotić, Dunja Radović 140

RESEARCH OF THE EXPECTED QUALITY OF SERVICE IN TAXI TRANSPORT SYSTEM IN CITY OF KIKINDA
ISTRAŽIVANJE ZAHTEVANOG KVALITETA USLUGE U SISTEMU TAKSI TRANSPORTA PUTNIKA U GRADU KIKINDI
Andrea Nađ, Slaven M. Tica, Predrag Živanović, Stanko Bajčetić, Branko Milovanović 146

LEGAL FRAMEWORK IN BOSNIA AND HERZEGOVINA IN THE FUNCTION OF SUCSESFULL REALIZATION OF INLAND AND INTERNATIONAL OVERSIZED TRANSPORT OF GOODS
PRAVNI OKVIR U BOSNI I HERCEGOVINI U FUNKCIJI USPJEŠNE REALIZACIJE UNUTRAŠNJEG I MEĐUNARODNOG VANGABARITNOG PRIJEVOZA TERETA
Osman Lindov, Samir Džaferović 154

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON REAL OPERATION VEHICLE ON THE HIGHWAY SECTION '9. JANUARY'
UTICAJ VREMENSKIH USLOVA NA REALNU EKSPOATACIONU BRZINU VOZILA NA DIONICI AUTOPUTA “9. JANUAR”
Milan Milinković.....160

STRATEGIES IN FUNCTION OF ROAD SAFETY MANAGEMENT-ANALYSIS OF EXISTING ROAD SAFETY STRATEGY IN THE REGION
STRATEGIJE U FUNKCIJI UPRAVLJANJA BEZBJEDNOŠĆU SAOBRAĆAJA-ANALIZA POSTOJEĆIH STRATEGIJA U ZEMLJAMA REGIJE
Miroslav Đerić, Zoran Andrić 168

GLOBAL TRENDS IN TRANSPORTATION OF GOODS AND LOAD UNITS
ГЛОБАЛНИ ТРЕНДОВИ У ТРАНСПОРТУ РОБЕ И ТОВАРНИХ ЈЕДИНИЦА
Stefan Stanković.....174

ANALYSIS OF TRAFFIC SIGNALIZATION AT LOCATION OF TRIVE AMELICE AND DR MLADEN STOJANOVIC IN BANJA LUKA
ANALIZA SAOBRAĆAJNE SIGNALIZACIJE NA UKRŠTANJU ULICA TRIVE AMELICE I DR MLADENA STOJANOVIĆA U BANJOJ LUCI
Radenka Bjelošević, Aleksandar Đukić, Dragan Gatarić, Branko Aleksić, Dejana Pajić, Milan Sandić 181

TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS CLASS 1 - PROBLEMS AND SOLUTIONS
TRANSPORT OPASNIH MATERIJA KLASE 1 - PROBLEMI I REŠENJA
Nenad Smiljanić, Tanja Arsić, Siniša Sremac, Jovan Mišić.....189

MODEL OF PEDESTRIAN SPEED ON SIGNALIZED CROSSWALKS
MODEL BRZINE KRETANJA PJEŠAKA NA SEMAFORISANIM OBILJEŽENIM PJEŠAČKIM PRELAZIMA
Dragana Nenadić, Jovana Božanović, Mirsada Ćorić.....195

EVALUATION OF CONDITIONS IN THE TRAFFIC FLOW ON THE CROSSROAD OF THE MAIN ROAD M4 AND MILUTIN MILANKOVIC BOULEVARD IN BANJA LUKA
VREDNOVANJE USLOVA U SAOBRAĆAJNOM TOKU NA UKRŠTANJU MAGISTRALNOG PUTA M4 I BULEVARA MILUTINA MILANKOVIĆA U BANJOJ LUCI
Radenka Bjelošević, Dragan Gatarić, Aleksandar Đukić, Milan Sandić, Mladen Pajić, Stojan Stevanović 204

STRESS AS A CAUSE OF TRAFFIC ACCIDENTS
STRES KAO UZROK SAOBRAĆAJNIH NEZGODA
Tihomir Đurić, Edita Tenić 212

IMPLEMENTATION OF THE ZIGBEE PLATFORM AS AN ASSISTANT TO DRIVERS FROM THE SAFETY ASPECTS OF TRAFFIC PARTICIPANTS
IMPLEMENTACIJA ZIGBEE PLATFORME KAO ASISTENTA VOZAČIMA SA ASPEKTA BEZBJEDNOSTI UČESNIKA U SAOBRAĆAJU
Miroslav Kostadinović, Nataša Đalić, Amer Sarajlic, Emir Peco 224

INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF THE TRAFFIC FLOW ON THE PERMEABILITY OF TWO-WAY ROADS ON FALL
UTICAJ STRUKTURE SAOBRAĆAJNOG TOKA NA PROPUSNU SPOSOBNOST DVOTRAČNIH PUTEVA NA PADU
Goran Bošnjak, Srđan Bogdanović 231

ANALYSIS OF THE CONTROL OF LIGHTING DEVICES ON CARS AT TARGETED GROUPS OF VEHICLES ON TECHNICAL INSPECTION
ANALIZA KONTROLE SVJETLOSNIH UREĐAJA NA AUTOMOBILIMAKOD CILJANIH GRUPA VOZILA NA TEHNIČKOM PREGLEDU
Vladan Blagojević, Marko Kovačević 237

ANALYSIS OF STATIONARY TRAFFIC AT PARKING 'PALAS' IN BANJA LUKA
ANALIZA STACIONARNOG SAOBRAĆAJA NA PARKINGU „PALAS“ U BANJA LUCI
Branko Aleksić, Stojan Stevanović, Dejana Pajić, Mladen Pajić, Zdravko Tutnjević, Marko Kovačević 243

RAILWAY INFRASTRUCTURE LIFECYCLE MANAGEMENT – A CASE STUDY
Hirut Grossberger, Frank Michelberger 251

COMPARATIVE ANALYSIS OF RAILWAY FREIGHT OPERATOR’S EFFICIENCY
KOMPARATIVNA ANALIZA EFIKASNOSTI TERETNIH ŽELEZNIČKIH PREVOZNIKA
Predrag Jovanović, Norbert Pavlović 255

TRAIN PATH ALLOCATION PROBLEM: BETWEEN DEVOTION FOR OPEN MARKET AND PRACTICE ON RAILWAYS
PROBLEM ALOKACIJE TRASA VOZOVA: IZMEĐU ZALAGANJA ZA OTVORENO TRŽIŠTE I PRAKSE NA ŽELEZNICI
Nikola Stojadinović 263

LABOR DEVELOPMENT AND COMPETENCE CHANGES IN SERBIAN RAILWAYS DURING THE TRANSFORMATION PROCESS
РАЗВОЈ ЉУДСКИХ РЕСУРСА И ПРОМЕНЕ КОМПЕТЕНЦИЈА У СРПСКИМ ЖЕЛЕЗНИЦАМА У ПРОЦЕСУ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ
Vasko Ananiev Vassilev 270

DEVELOPMENT OF COTIF´S UNIFORM RULES FOR THE INTERNATIONAL OPERATION OF RAILWAY VEHICLES
Dragan Nešić, Bas Leemakers 278

MARSHALLING YARDS: NOISE REDUCTION BY VARIABLE ROLLING RESISTANCE
Adrian Wagner, Gernot Heil, Frank Michelberger 283

TRANSPORT POLICY INSTRUMENTS ON RAILWAY CORRIDORS
INSTRUMENTI TRANSPORTNE POLITIKE NA ŽELEZNIČKIM KORIDORIMA
Miloš Stanojević, Mirjana Bugarinović 290

APPLICATION OF OPENTRACK AT ZELEZNICE REPUBLIKE SRPSKE
PRIMENA OPENTRACK NA ŽELJEZNICAMA REPUBLIKE SRPSKE
Jelena Kuzmanović, Andreas Schöbel, Nikola Malinović, Zorica Milanović 296

MEASURING THE EFFICIENCY OF THE RAILWAY UNDERTAKING BY APPLICATION OF FUZZY LOGIC
MJERENJE EFIKASNOSTI ŽELJEZNIČKIH PREDUZEĆA PRIMJENOM FAZI LOGIKE
Aleksandar Blagojević, Branislav Gavrilović, Zoran Bundalo, Slavko Vesković, Sanja Simić 305

BIR AND TEN-T, COMPETITION OR COOPERATION?
BIR I TEN-T, KONKURENCIJA ILI SARADNJA?
Miroslav Prokić, Miloš Stanojević 313

EU-CHINA RAIL ECONOMIC CORRIDORS AND THEIR ROLE IN TRADE IN GOODS
ŽELEZNIČKI KORIDORI IZMEĐU EU I KINE I NJIHOVA ULOGA U ROBNOJ RAZMENI
Miroslav Prokić, Uroš Stanimirović 321

CHARGES FOR TRAIN TOWING – PLACE OF CONFRONTATION OF REGULATION OF RAILWAY AND ENERGY SECTOR
NAKNADA ZA VUČU VOZOVA – MJESTO SUČELJAVANJA REGULATIVE ŽELJEZNIČKOG I ENERGETSKOG SEKTORA
Vladimir Malčić, Branislav Bošković, Ratko Đuričić 329

HOW DOES THE PROBLEM APPROACH IMPROVE THE SOLUTION OF THE MODELING PROBLEM IN TRANSPORT
KAKO NAČIN PRISTUPA PROBLEMU UTIČE NA RJEŠAVANJE PROBLEMA MODELIRANJA U TRANSPORTU
Rade Cvijanović, Mirjana Bugarinović 334

IMPROVEMENTS IN CONTROL AND TRANSFER OF DATA OF RAILWAY ELECTRIC TRACTION SUBSTATIONS USING ABB RTU560 DEVICE
POBOLJŠANJE RADA DALJINSKOG UPRAVLJANJA ELEKTROVUČNIH PODSTANICA NA ŽELJEZNICAMA UPOTREBOM ABB RTU 560 UREĐAJA ZA KONTROLU, PRIJEM I PRENOS PODATAKA
Goran Stevanović, Nebojša Tomić, Mario Danilović 342

INTERACTIVE MOTION TRACKING DIAGRAMS TO HELP ENGINEERS IN DECISION-MAKING WHILE DRIVING
INTERAKTIVNI DIJAGRAMI PRAĆENJA KRETANJA KAO POMOĆ MAŠINOVOĐAMA PRI DONOŠENJU ODLUKA TOKOM VOŽNJE
Dušan Vujović, Norbert Pavlović.....348

MODERNIZATION OF THE SIGNALING AND SAFETY SYSTEM ON DOBOJ - BANJA LUKA RAILWAY SECTION
MODERNIZACIJA SISTEMA SIGNALIZACIJE NA DIONICI PRUGE DOBOJ – BANJA LUKA
Borislav Popović, Dragan Žigić, Mario Danilović 354

PLANNING AND DESIGN OF NARROW GAUGE RAILWAY FROM STAPARI TO BIOSKA USING ADVANCED SOFTWARE SOLUTIONS
PROJEKTOVANJE TRASE ŽELEZNIČKE PRUGE UZANOG KOLOSEKA OD STAPARA DO BIOSKE PRIMENOM SAVREMENIH SOFTVERSKIH ALATA
Danijel Savković, Nemanja Lošić, Miloš S. Ivić, Ivan Belošević, Milana Kosijer 362

APPLICATION OF RAILWAY TRAFFIC COMMUNICATIONS VIA PUBLIC GSM NETWORK
PRIMJENA KOMUNIKACIJA U ŽELJEZNIČKOM SAOBRAĆAJU POSREDSTVOM JAVNE GSM MREŽE
Nebojša Tomić, Dragan Žigić, Jovan Gojić 369

MULTI-CRITERIA FUCOM-MABAC MODEL FOR THE SELECTION OF TANK WAGON FOR TRANSPORT OF THE WHITE OIL DERIVATIVES
VIŠEKRITERIJUMSKI FUCOM-MABAC MODEL ZA IZBOR ŽELEZNIČKIH VAGON CISTERNI ZA PREVOZ BELIH DERIVATA NAFTE
Milan Milosavljević, Sandra Kasalica, Goran Tričković 378

PARAMETER ESTIMATION OF PAIRS IN LINESIDE RAILWAY CABLE FOR SHDSL APPLICATIONS
Jevtić Sanja, Jevtić Dragan, Bursać Marko, Ilić Ana.....386

MODEL OF E-EDUCATION AND INFORMATION ON THE CASE OF RAILWAY TARIFFS
MODEL E-OBRAZOVANJA I INFORMISANJA NA PRIMERU ŽELEZNIČKIH TARIFA
Zoran Pavlović, Zoran Bundalo 392

IMPROVEMENT OF WORKING TECHNOLOGY IN SODA FACTORY LUKAVAC FOR INCREASING THE PARTICIPATION OF RAILWAY TRANSPORT
UNAPREĐENJE TEHNOLOGIJE RADA U FABRICI SODE LUKAVAC ZA POVEĆANJE UČEŠĆA TRANSPORTA ŽELJEZNICOM
Selmir Delić, Aldin Glumčević, Hidajet Đulović.....398

MAAS IN EU RESEARCH PROJECTS OF IMPORTANCE FOR THE DEVELOPMENT OF RAILWAY
MAAS У ИСТРАЖИВАЧКИМ ПРОЈЕКТИМА ЕУ ЗНАЧАЈНИМ ЗА РАЗВОЈ ЖЕЛЕЗНИЦЕ
Teodora Milenković, Aleksandar Filipović.....403

BIG DATA IN EU FUNDS RESEARCH PROJECTS WHICH SUPPORTING RAILWAY DEVELOPMENT
BIG DATA У ИСТРАЖИВАЧКИМ ПРОЈЕКТИМА ЕУ ФОНДОВА КОЈИ ПОДРЖАВАЈУ РАЗВОЈ ЖЕЛЕЗНИЦЕ
Aleksandar Filipović, Teodora Milenković, Branislav Bošković 410

STUDENT'S AND YOUNG PEOPLE'S INTEREST IN BEING A TRAIN DRIVER
ZAINTERESOVANOST UČENIKA I MLADIH ZA ZANIMANJE MAŠINOVOĐA
Nemanja Stevanović 415

IMPLEMENTATION OF THE DRY PORT CONCEPT IN THE WEST BALKANS REGION
IMPLEMENTACIJA DRY PORT KONCEPTA NA PROSTORU ZAPADNOG BALKANA
Snežana Tadić, Milovan Kovač, Slobodan Zečević, Mladen Krstić 422

TRANSPORT QUALITY MANAGEMENT
Maria Vodenicharova..... 428

DIGITAL TRANSFORMATION AS A FACTOR OF EFFICIENT DEVELOPMENT OF LOGISTICS SYSTEMS
DIGITALNA TRANSFORMACIJA KAO FAKTOR EFIKASNIJEG RAZVOJA LOGISTIČKIH SISTEMA
Abidin Deljanin, Fadila Kiso, Mirza Berković 434

FEASIBILITY OF LOGISTICAL MODEL OF COMMUNAL WASTE MANAGEMENT
Nikolche D. Talevski, Ivo Dukoski..... 440

LOGISTICS PARAMETERS OF THE NON-PEDESTRIAN PART OF THE CENTRAL CITY ZONE
PARAMETRI LOGISTIKE NEPEŠAČKOG DELA CENTRALNE GRADSKE ZONE
Snežana Tadić[a], Mladen Krstić[a], Strahinja Đorić[a] 446

DETERMINATION OF KEY FACTORS AFFECTING TRANSIENT SEAPORT SELECTION FOR LANDLOCKED COUNTRIES IN AFRICAN CONTINENT
Ibrahim Badi, Dragan Pamučar 452

SWOT ANALYSIS OF THE BUSINESS OPERATIONS OF THE COMPANY EURO LIMUN D.O.O. DOBOJ
SWOT ANALIZA POSLOVANJA PREDUZEĆA EURO LIMUN D.O.O. DOBOJ
Biljana Mićić, Slađan Davidović 458

MACHINE LEARNING - APPLICATION IN LOGISTICS
MAŠINSKO UČENJE - PRIMENA U LOGISTICI
Slađana Janković, Stefan Zdravković, Snežana Mladenović, Milorad Kilibarda, Ana Uzelac..... 465

EVALUATING EFFICIENCY OF LOGISTICS PERFORMANCE BY USING RADIAL AND NON-RADIAL DEA MODELS
OCENJIVANJE EFIKASNOSTI LOGISTIČKIH PERFORMANSI KORIŠĆENJEM RADIJALNIH I NERADIJALNIH DEA MODELA
Predrag Ralević, Mladenka Blagojević, Sanja Ilić..... 473

TECHNICAL TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DELHAIZE STARA PAZOVA DISTRIBUTION CENTER
TEHNIČKO TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE DISTRIBUTIVNOG CENTRA DELHAIZE STARA PAZOVA
Rade Petrović, Marko Vasiljević, Željko Stjepanović 480

TRADE TRANS RAILPORT INTERMODAL TERMINAL – LOCATION DETERMINATION MODEL
TRADE TRANS RAILPORT INTERMODALNI TERMINAL – MODEL ODREĐIVANJA LOKACIJE
Biljana Mićić..... 486

MATHEMATICS IN THE SHIP'S ROLLING MECHANISM OBSERVED AS A SET OF ELECTONIC FILTERS
MATEMATIKA U SLUŽBI NJIHANJA BRODA POSMATRANOGA KAO SKUP ELEKTRONIČKIH FILTERA
Tatjana Stanivuk, Marina Laušić, Petra Zemunik, Petar Milat..... 492

INTERNET OF VEHICLES: CHALLENGES AND DEVELOPMENT TRENDS
INTERNET VOZILA: IZAZOVI I PRAVCI RAZVOJA
Goran Marković, Slobodan Mitrović, Valentina Radojičić 500

ANALYSIS OF DEVELOPMENT OF THE E-COMMERCE MARKET IN THE REPUBLIC OF SERBIA IN ACCORDANCE WITH THE UNIVERSAL POSTAL UNION PROGRAM
ANALIZA RAZVOJA TRŽIŠTA E-TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI U SKLADU SA PROGRAMOM SVETSKOG POŠTANSKOG SAVEZA
Mladenka Blagojević, Momčilo Dobrodolac, Dejan Marković, Đorđe Popović 508

INTERNET OF THINGS AND SMART CITIES
INTERNET INTELIGENTNIH UREĐAJA I PAMETNI GRADOVI
Pavle Gladović, Nemanja Deretić 516

KNOWLEDGE INNOVATION TRENDS IN THE STANDARDIZATION FIELDS 'ROAD VEHICLES ENGINEERING' AND 'RAILWAY ENGINEERING'
Vesna Ružičić, Katarina Mitrović 522

SPATIAL ACCESSIBILITY ANALYSIS OF HEALTH CARE FACILITIES IN SERBIA
ANALIZA PROSTORNE PRISTUPAČNOSTI ZDRAVSTVENIM USTANOVAMA U SRBIJI
Jovan Kovačević, Nikola Stančić, Željko Cvijetinović, Dragan Mihajlović, Nenad Brodić.....527

GRAPHS IN MODELING LOCAL ROAD NETWORKS: A PRELIMINARY LITERATURE REVIEW
GRAFOVI U MODELOVANJU MREŽA LOKALNIH PUTEVA: PRELIMINARNI PREGLED LITERATURE
Jelena Stojanov, Goran Jauševac, Zeljko Stojanov, Ilija Hristoski.....535

LOWCOST CONVERSION OF A CLASSIC CAR IN A ELECTRIC VEHICLE
NISKOBUDŽETNA KONVERZIJA KLASIČNOG AUTOMOBILA U ELEKTRIČNO VOZILO
Aleksandar Stjepanović, Goran Kuzmić.....542

UNMANNED AEIRAL VEHICLE APPLICATIONS IN URBAN ENVIRONMENTS
PRIMJENA BESPILOTNIH LETELICA U URBANOM OKRUŽENJU
Gordana Jotanović, Vladimir Brtka, Eleonora Brtka, Vesna Makitan 549

NETWORKING MODEL OF MECHATRONIC VEHICLE SYSTEMS
MODEL UMREŽAVANJA AUTOMOBILSKIH MEHATRONIČKIH SISTEMA
Miroslav Kostadinović, Nataša Đalić, Amela Jukan, Emir Peco.....555

IMPLEMENTATION OF CONTEMPORARY IOT TECHNOLOGY IN CONTROL AND MANAGEMENT OF ROBOT HANDS DIRECTED ON 3D PRINTER
IMPLEMENTACIJA SAVREMENE TEHNOLOGIJE IOT U KONTROLI I UPRAVLJANJU ROBOTSKOM RUKOM IZRAĐENOM NA 3D ŠTAMPAČU
Aleksandar Stjepanović, Goran Kuzmić, Mirko Stojčić 563

ADAPTIVE NEURO-FUZZY MODEL FOR INDOOR WI-FI SIGNAL STRENGTH PREDICTION
ADAPTIVNI NEURO-FAZI MODEL ZA PREDIKCIJU NIVOA SNAGE WI-FI SIGNALA U ZATVORENOM PROSTORU
Mirko Stojčić, Milorad K. Banjanin, Žarko Jovanović, Siniša Božičković.....568

IMPROVING THE PASSIVE SECURITY
Adrian Wagner, Philipp Graf, Frank Michelberger 577

FREIGHT SIGNAL PRIORITY OPERATIONS IN CONNECTED VEHICLE ENVIRONMENT
Zorica Cvijovic, Milan Zlatkovic 582

PHASES OF IMPLEMENTATION RFID TECHNOLOGY IN LOGISTIC SYSTEMS
FAZE IMPLEMENTACIJE RFID TEHNOLOGIJA U LOGISTIČKIM SISTEMIMA
Žarko Jovanović, Dejan Danilović 589

APPLICATION OF SMART SIGNALIZATION IN ORDER TO INCREASE THE SAFETY OF TRAFFIC PARTICIPANTS
PRIMJENA PAMETNE SIGNALIZACIJE U CILJU POVEĆANJA BEZBJEDNOSTI UČESNIKA U SAOBRAĆAJU
Aleksandar Damjanović, Maida Babić, Emira Hodžić, Bojan Cvijanović, Branko Jotanović 598

IMPROVING THE QUALITY OF TRAFFIC BY USING THE IOT CONCEPT
POBOLJŠANJE KVALITETA SAOBRAĆAJA KORIŠTENJEM IOT KONCEPTA
Slobodan Nešić, Harisa Mujakić, Milan Gajanović, Milanko Petrović 603

DEVELOPING THE SECOND GENERATION OF SAFETY MANAGEMENT IN THE AVIATION
Andrej Lališ, Slobodan Stojić 610

GEODETIC REFERENCE SYSTEMS IN AVIATION
GEODETSKI REFERENTNI SISTEMI U VAZDUHOPLOVSTVU
Sanja Tucikešić, Ankica Milinković, Tanja Fržović, Kornelija Ristić 617

ANALYSIS OF THE AIRPORT COMPLEX ACCESSIBILITY
ANALIZA DOSTUPNOSTI PRISTANIŠNIH KOMPLEKSA AERODROMA
Olgica Pavlović, Tomislav Jovanović, Nenad Kapor 623

SAFETY OF USING GAS DEVICES IN VEHICLES
БЕЗБЕДНОСТ КОРИШЋЕЊА УРЕЂАЈА ЗА ГАС У ВОЗИЛИМА
Tripo Torović, Milan Milotić, Željko Tomić, Borislav Gojković 635

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING DAMPING PROPERTIES AND ECONOMICITY OF HYDRODYNAMIC TRANSMISSIONS OF MOTOR VEHICLES
ANALIZA FAKTORA KOJI UTIČU NA PRIGUŠUJUĆA SVOJSTVA I EKONOMIČNOST HIDRODINAMIČKIH MENJAČIMA MOTORNIH VOZILA
Vojislav Krstić, Ranko Božićković, Božidar Krstić 643

OPTIMIZING THE PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE ENGINE COOLING SYSTEM
OPTIMIZACIJA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA SISTEMA HLAĐENJA MOTORA
Vojislav Krstić, Ranko Božićković, Božidar Krstić 649

EXPLORING THE POSSIBILITY OF REDUCING HARMFUL EXHAUST GASES FROM MOTOR VEHICLES
ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI SMANJENJA EMISIJE ŠTETNIH GASOVA U MOTORNIM VOZILIMA
Ana Bonić, Miloš Simić, Borislav Gojković 658

TESTING TRACTION CHARACTERISTICS OF VEHICLES DRIVED BY LIQUID PETROLEUM GAS
ISPITIVANJE VUČNIH KARAKTERISTIKA VOZILA POGONJENOG TEČNIM NAFTNIM GASOM
Miroslav Pavlović, Svetko Milutinović, Boško Đukić, Zoran Ristikić 668

INTERACTION BETWEEN SUSTAINABLE MOBILITY AND ECONOMIC DEVELOPMENT IN BOSNIA AND HERZEGOVINA
INTERAKCIJA IZMEĐU ODRŽIVE MOBILNOSTI I EKONOMSKOG RAZVOJA U BOSNI I HERCEGOVINI
Abidin Deljanin, Fadila Kiso, Emir Deljanin 675

TESTING REVITALIZATION OF WASTE TRANSFORMER OIL IN BOSNIA AND HERZEGOVINA
ISPITIVANJE REVITALIZACIJE OTPADNOG TRANSFORMATORSKOG ULJA U BOSNI I HERCEGOVINI
Dragiša Đorđić, Milan Milotić, Slavko Đurić 683

DIVERSIFICATION OF GAS TRANSPORTATION ROUTES AND SOURCES FOR GAS HUB BALKAN
Roumen A. Ivanov 690

REFLEXION OF FIXED COSTS ON BUSINESS RESULT AND RISK OF ACHIEVEMENT OF THE BUSINESS PROFIT OF THE COMPANY
REFLEKSIJA FIKSNIH RASHODA NA POSLOVNI REZULTAT I RIZIK OSTVARENJA POSLOVNOG DOBITKA PREDUZEĆA
Slobodan Subotić, Živko Erceg, Irena Đalić 694

RESEARCH OF THE REGIONAL CONCENTRATION OF THE TRANSPORT ACTIVITY IN THE REPUBLIC OF SRPSKA
ISTRAŽIVANJE REGIONALNE KONCENTRACIJE DJELATNOSTI SAOBRAĆAJA U REPUBLICI SRPSKOJ
Siniša Božičković, Goran Mitrović, Irena Đalić, Dragan Anđelić, Zdravko Božičković 700

PLENARY PAPERS/PLENARNI RADOVI

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

DIGITAL INFRASTRUCTURE FOR THE IMPLEMENTATION OF OPEN SCIENCE AT THE UNIVERSITY

DIGITALNA INFRASTRUKTURA ZA IMPLEMENTACIJU OTVORENE NAUKE NA UNIVERZITETU

Zoran Ćurguz[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, zoran.curguz@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *The motivation for the development and presentation of this paper comes from the fact that this, the Seventh International Symposium "New Horizons of Transport and Communications 2019" reached the level of a specific reference in affirmation of the Faculty of Transport and Traffic Engineering in Doboj as an organizational unit of the University of East Sarajevo. Proactive participation of many scientists from the regional and wider European academic space, who promote and exchange the experiences and applications, share scientific and technical knowledge in the field of traffic, transport, logistics and communication, represents a valuable contribution to the development of these fields and problem solving in many modules of the transport system of the Republic of Srpska and BiH. During the recent election activities of the Faculty management for the next mandate period the research results presented in this paper have been transparently verified. Therefore, the content of this review article originally emerged from the Plan and Program for the Development of the Faculty of Transport and Traffic Engineering in Doboj for the mandate period 2019-2023 which has been accepted by the authorities (Faculty scientific council) of the Faculty of Transport and Traffic Engineering in Doboj, and finally confirmed by the authorities of the University of East Sarajevo. The special emphasis is on the development of the infrastructure for the all-day application of digital technologies in the functional and procedural structures in digitizing the artifacts of the publishing activity-books, studies, projects and documents, scientific-research papers of the teachers and students. The digital infrastructure includes building the repository of the bachelor's, master's and doctoral theses, innovative project and application solutions in functional, functionally-equivalent, administrative-logistic and academic-business management process structures in the activities of the Faculty. The platform for the development of the digital infrastructure is essential for the "new horizon" for the implementation of the principles of open science through open access to primary data, open access to the scientific documentation, the scientific communication in the networks of quotations, cocitations, collaborative cooperation in the networks of learning and sharing of knowledge and experience. It is also a platform for improving the vision and strategy for the development of young researchers at the Faculty and University by engaging in teaching-scientific and research-development projects, mobility projects and other forms of strategic and operational functioning in the international scientific communication.*

Key words: *process structures at the Faculty, digital infrastructure, digitization, open science, science networks, repositoriums, primar data, metadata, international science infrastructure, open access*

Apstrakt: *Motivacija za izradu i prezentovanje predmetnog rada proizilazi iz činjenice da je ovaj, Sedmi međunarodni simpozijum „Novi horizonti saobraćaja i komunikacija 2019“ dostigao nivo posebne reference u afirmaciji Saobraćajnog fakulteta u Doboju kao organizacione jedinice Univerziteta u Istočnom Sarajevu. Proaktivno učešće brojnih naučnika iz regionalnog i šireg evropskog akademskog prostora, koji promovišu i razmjenjuju iskustava i aplikacije, dijele naučna i stručna znanja iz oblasti saobraćaja, transporta, logistike i komunikacija predstavlja dragocjeni doprinos razvoju ovih oblasti i rješavanju problema u više modula saobraćajnog sistema Republike Srpske i BiH.*

U nedavnim aktivnostima izbora rukovdstva Fakulteta za naredni mandatni period transparentno su verifikovani rezultati istraživanja koji se u ovom radu predstavljaju. Zbog toga je sadržaj ovog preglednog članka izvorno nastao iz Plana i programa razvoja Saobraćajnog fakulteta u Doboju za mandatni period 2019-2023. koga su prihvatili organi (NNV) Saobraćajnog fakulteta u Doboju i

konačno potvrdili nadležni organi UIS. Poseban akcenat je na razvoju infrastrukture za cjelodnevnu primjenu digitalnih tehnologija u funkcionalnim i procesnim strukturma sa digitalizacijom artifakta izdavačke djelatnosti-knjiga, studija, projekata i dokumentacije, naučno-istraživačkih radova nastavnika i studenata. Digitalna infrastruktura uključuje formiranje repozitorijuma diplomskih, master i doktorskih radova, inovativnih projektnih i aplikativnih rješenja u funkcionalnim, funkcionalno-ekvivalentnim, administrativno-logističkim i akademsko-poslovnim upravljačkim procesnim strukturama u djelatnostima Fakulteta.

Platforma za razvoj digitalne infrastrukture je neophodan „novi horizont" za implementaciju principa otvorene nauke kroz otvoren pristup primarnim podacima, otvoren pristup naučnoj dokumentaciji, naučnoj komunikaciji u mrežama citata, kocitata, kolaborativnoj saradnji u mrežama za učenje i dijeljenje znanja i iskustava. To je i platforma za unapređenje vizije i strategija razvoja naučnog podmlatka na Fakultetu i Univerzitetu uključivanjem u nastavno-naučne i istraživačko-razvojne projekte, projekte mobilnosti i druge oblike strategijskog i operativnog funkcionisanja u međunarodnoj naučnoj komunikaciji.

Ključne riječi: *procesne strukture na fakultetu, digitalna infrastruktura, digitalizacija, otvorena nauka, naučne mreže, repozitorijumi, primarni podaci, metapodaci, međunarodna naučna infrastruktura, otvoren pristup*

1. UVOD

Danas se u svijetu vode ozbiljne akademske i šire rasprave sa interesno-orijentisanim ulaganjem ogromnih naučno-nastavnih i istraživačko-razvojnih napora na što boljem pozicioniranju univerziteta, fakulteta, departmana i studijskih programa na od ranije poznatim (na primjer *Šangajska lista*) ali i nekim novijim listama (na primjer *Webometriks lista*) rangiranja kvaliteta i ostvarenih performansi do nivoa izvrsnosti. Značenje termina **izvrsnost** se može razumjeti preko niza sinonima kao što su: besprijekornost, perfektnost, besprimjernost, uzornost, rezultat bez nedostatka, savršenost, neprikosnovenost, izuzetnost inovativnosti u stručnosti i originalnosti, profesionalizmu, društveno odgovornom poslovaanju, etičnosti, standardizaciji, posvećenosti, sofisticiranosti, održivosti i afirmaciji vrhunskog kvaliteta u primjenjivosti, prikladnosti i otvorenosti, analitičnosti i inventivnosti. Postizanje izvrsnosti je moguće ako se u svim funkcijama fakulteta i univerziteta transformišu tradicionalne funkcije i procesne strukture na inovativne načine koji se danas zasnivaju na digitalnoj infrastrukturi. U osnovi tih transformacija je neophodno da univerzitet kao »responsivna (osetljiva na odnose u organizacionoj sredini) i strateška (osetljiva na interakcije sa okruženjem) organizacija u kojoj živi i radi multikulturalni svijet talenata sa razvijenom digitalnom infrastrukturom i digitalizacijom može uticati na povećanje efikasnosti i kvaliteta studiranja, na rješavanje problema koji se javljaju u "lavirintskoj putanji" realizacije programa rada i projekata ili sponzorisanih projekata, u donošenju rutinskih odluka koje često lutaju od jednog nivoa odobravanja do drugog i često se razjašnjavaju sa konfliktnim ishodom, To isto važi i za finansijske tokove i transakcije za nabavku potrošnih materijala, laboratorijske i druge opreme, računarskog hardvera i softvera, u odobravanju i vrednovanju publikacija i transparentnim interakcijama sa okruženjem, u brojnim aktivnostima studenata oko upisa, prijavljivanja i polaganja ispita i visoke participacije učešća u nastavi.

Saobraćajni fakultet u Doboju (u daljem tekstu: fakultet) je istorijski najmlađa organizaciona jedinica integrisanog javnog Univerziteta u Istočnom Sarajevu (u daljem tekstu: univerzitet) i u toku ove akademske godine proslavlja 15-godišnjicu rada na obrazovanju diplomiranih inženjera saobraćaja i transporta izlaznog profila drumskog i gradskog, železničkog, logističkog, telekomunikacionog, informacionog i drugih inženjerskih profila u modularnom studijskom programu za saobraćaj. [22] Saglasno mogućoj primjeni principa Bolonjskog procesa do sada je fakultet proizveo, pored više generacija magistara tehničkih nauka iz bezbjednosti saobraćaja i menadžmenta u saobraćaju i komunikacijama, generacije master inženjera saobraćaja i transporta i doktore tehničkih nauka u oblasti transportnog inženjerstva. U primjeni je nova vizija fakulteta nastala iz stečenog iskustva i praćenja savremenih trendova u razvoju univerzitetskog obrazovanja po kojoj je opredjeljenje na implementaciji strategija koje posebno fokusiraju akademske doktorske studije na fakultetu čiju potrebu razvoja opravdava i aktuelni pokret digitalizacije organizaciono-funkcionalnih i procesnih struktura u privrednim i uslužnim firmama, institucijama, agencijama i državnim sektorima (zakonodavnim, sudskim i izvršnim) u Repubici Srpskoj i BiH. Dalji razvoj akademskih doktorskih ali i master i osnovnih studija na fakultetu i univerzitetu zahtijeva odgovarajuću digitalnu infrastrukturu koja podržava implementaciju principa otvorene nauke, otvorenog pristupa naučnim mrežama u evropskom i svjetskom prostoru interaktivne naučne komunikacije. [22]

2. KONSTRUKCIONE OSNOVE NAUKE I PRINCIPI OTVORENE NAUKE. OTVORENI PRISTUP NAUČNIM PUBLIKACIJAMA I OTVORENI PODACI

Po definiciji [9] **nauka** je "specifična forma društvene svijesti, u kojoj je na metodološki način primijenjena logika, čiji zakoni konstituišu objektivno utvrđene-precizne, tačne, konzistentne i pouzdane naučne činjenice koje dimenzioniraju istine o realnosti na bazi provjerenih saznanja i zakonitosti". Dok konvencionlna **nauka,** za oslonce na kojima se razvija, koristi i implementira u određenoj oblasti, zahtijeva četiri konstrukciona elementa: (1) definisan predmet istraživanja u problemskom polju; (2) izgrađenu metodologiju istraživanja sa pažljivo razrađenim fazama istraživačkog procesa i metodološkom aparaturom-metodama, standardima, tehnikama i instrumentima; (3) konstruisan naučni sistem znanja sa fondom znanja o predmetu koji čine koncepti, pojmovi, aksiome, teoreme, teorije i duboke teorije i (4) razvijen jezik interpretacije za predstavljanje i prezentovanje naučno-istraživačke metodologije i rezultata, dotle **otvorena nauka** [20] podrazumijeva realizaciju četiri dodatna povezana cilja: (1) otvoreni pristup naučnoj literaturi; (2) dostupnost podataka prikupljenih u naučnim istraživanjima, (3) transparentnost naučne komunikacije i metodologije i (4) razvoj digitalne infrastrukure koja omogućava ostvarivanje prethodna tri cilja. Dakle, otvorena nauka, ili ranije e-nauka, nije neka nova naučna disciplina već INFRASTRUKTURA koja se razvija sa ciljem da mogući naučnicima da vrše „brža, bolja ili drugačija" istraživanja. To uključuje programe razvoja novih alata, tehnologija i infrastruktura za podršku razvoju multidisciplinarne i interaktivne nauke i novih iskustava istraživača u promjenjenoj okolini. Banjanin (2008) konstatuje da „e-nauka doprinosi razvoju novih struktura iskustva istraživača - *nova iskustva* nastaju iz načina posmatranja ljudi u interakciji sa tehnologijama, ljudi u interakciji sa ljudima u prisustvu tehnologija, tehnologije u interakciji sa drugim tehnologijama". Suština razvoja digitalne infrastrukture je prije svega holistička podrška novim profilima istraživača, koji imaju viziju o novim dimenzijama prototipova, eksperimenata, iskustva i menadžmenta znanja, multidimenzionalne saradnje na novim istraživačkim platformama koje su aktuelno digitalne. Razlika između istraživačkih projekata u prošlosti i istraživačke platforme po digitalnom modelu je ta da su istraživački projekti veći u razmeri i obimu, kompleksniji po strukturi i komunikaciji angažovanih istrživača ali i bržim i sigurnijim performansama istraživačkog procesa nego u konvencionalnoj metodologiji, što je nametnulo nove izazove u komunikaciji okrenutoj ka postizanju ciljeva. Realizacija ciljeva digitalne infrastrukture omogućava veću vidljivost naučnih rezultata, veću povezanost između nauke i privrede odnosno društva u cjelini kao i dinamičniji razvoj novih istraživanja. Istovremeno, ciljevi otvorene nauke realizuju se uz punu zaštitu etičkih normi, autorskih prava i prava zaštite intelektualne imovine. Realizacija otvorene nauke se postiže preko otvorenog pistupa (*Open Access* - OA) naučnim publikacijama i otvorenog pristupa primarnim podacima.

Otvoren pristup naučnim publikacijama na internetu [19] je neograničen i besplatan korisnicima koji imaju pravo da pregledaju, čitaju, analiziraju, preuzimaju, čuvaju, štampaju i koriste sadržaje naučnih publikacija sa obavezom da navode tačan naziv informacionog izvora publikovanog u otorenom pristupu. Takav pristup u otvorenoj nauci nije u suprotnosti već je u saglasnosti sa kodeksom akademskog integriteta ili načelima dobre naučne prakse. Dobra naučna praksa u otvorenom pristupu identična je kao i kod konvencionalnih publikacija i zasniva se na načelima stroge zabrane plagiranja, prikazivanja lažnog autorstva i/ili dopisivanja koautorstva, izmišljanja nepostojećih ili krivotvorenja drugih rezultata istraživanja i autoplagiranja.

Otvoreni pristup, pored slobodnog i besplatnog pristupa naučnim pulikacijama sa punim tekstom na internetu kao i dozvoljene neograničene distribucije i korištenja naučnih informacija sa obavezom navođenja tačnih izvora podrazumijeva i postavljanje naučnih publikacija u digitalne repozitorijume i elektronske časopise sa otvorenim pristupom. Digitalni repozitorijumi su internet platforme koje pohranjuju naučne članke ili druge naučne radove i dokumentaciju. Mogu se posmatrati kao dodatna mogućnost da se naučni rad objavi ili da se učini dostupnim širem krugu potencijalnih čitalaca. Suprotno otvorenom pristupu je komercijalni pristup informacionim izvorima tj. naučnim publikacijama određenih izdavačkih kuća u akademskoj zajednici zaštićenim utvrđenom cjenom za određena autorska prava i intelekrualnu svojinu.

Pošto je ideja otvorenog pristupa motivisana rastućom potrebom istraživača i njihovih institucija za objavljivanjem naučnih publikacija u većem obimu a istovremeno i trendom rastućih cijena za objavljivanje naučnih publikacija u časopisima komercijalnih izdavačkih kuća, autorima su raspoložive dvije mogućnosti objavljivanja u režimu otvorenog pristupa koji može biti [19]:

- Zeleni otvoreni pristup (*Green Road*) koji podrazumijeva arhiviranje naučnog rada u digitalnom repozitorijumu sa slobodnim pristupom uz dozvolu izdavača kome je autor prenio prava prije objavljivanja;

- Zlatni otvoreni pristup (*Golden Road*) koji podrazumijeva objavljivanje u svim besplatno dostupnim elektronskim časopisima ili knjigama pri čemu troškove pripreme za objavljivanje pokrivaju autori ili ustanove.

Objavljivanje naučnih radova korišćenjem zelenog otvorenog pristupa podrazumjeva objavljivanje u časopisu sa pretplatom, ali autor ima pravo da arhivira svoje članke u digitalne repozitorijume (ili na svojoj internet stranici/blogu). U zavisnosti od ugovora o autorskim pravima sa izdavačem, u digitalnim repozitorijumima mogu se čuvati verzije rukopisa prije procesne faze vrednovanja rada stručnim recenziranjem (engl. *preprint*) ili verzije rukopisa poslije procesa stručnog recenziranja (engl. *postprint*). Prema [19] izdavačke kuće propisuju uslove za objavljivanje radova na osnovu kojih se mogućnosti arhiviranja naučnih publikacija definišu kao:

- *Green Road* ili zeleni put koji omogućava da autori arhiviraju i preprint i postprint verzije naučnih publikacija,
- *Blue Road* ili plavi put koji omogućava da autori arhiviraju postprint verzije naučnih publikacija,
- *Yellow Road* ili žuti put koji omogućava da autori arhiviraju preprint verzije naučnih publikacija,
- *White Road* ili bjeli put koji ne dozvoljava autorima da arhiviraju naučne publikacije.

Dakle, zeleni, plavi i žuti put su verzije arhiviranja naučnih publikacija koje omogućavaju autorima da, iako su naučne radove objavili u časopisima bez otvorenog pristupa, učine svoj naučni rad dostupnim na nekoj web-lokaciji (internetu) arhiviranjem u digitalni repozitorijum otvorenog pristupa ili na sopstvenu internet stranicu i tako omoguće širenje naučnih informacija.

Objavljivanje naučnih radova korišćenjem zlatnog otvorenog pristupa podrazumjeva objavljivanje u časopisu čiji sadržaj je besplatno dostupan za sve čitaoce na internet stranici izdavača.

Bilo u slučaju zlatnog ili zelenog otvorenog pristupa, izdavačke kuće mogu da dozvole pristup naučnoj publikaciji tek posle određene vremenske distance poznate pod imenom embargo koji može trajati 12, 24 ili 36 mjeseci) [19]. Pored embargo tehnike komercijalni izdavači naučne produkcije koriste i hibridne časopise (*Hybrid Journal*) u kojima uvode mogućnost da autori finansiraju dodatnu naknadu za objavljivanje naučnog rada u otvorenom pristupu, iako je časopis inače dostupan samo u verziji pretplate.

Navedene verzije puteva publikovanja i arhiviranja naučnih radova u otvorenom pristupu koristiće se kao novi horizont za razvoj digitalne infrastructure na fakultetu koji u doglednoj budućnosti, pored naučnih skupova mora biti vidljiv i u pokretanju naučnog časopisa kao neizostavnog oblika razvoja univerzitetske izdavačke djelatnosti. Takođe, potrebno je istaći neophodnost obaveze autora radova koje objavljuju u naučnim časopisima da koriste afilijaciju fakulteta i univerziteta uz obavezu navođenja e-mail adrese koju imaju na e-mail listi institucije.

Drugi digitalni resurs koji omogućava realizaciju otvorene nauke čine otvoreni podaci koji se proizvode u velikim brojčanim izosima (*Big Data*) iskazaniim u Petabajt-ima. Citirajući [Fioretti] i [OGDprinciples] u [21] se navodi da su o**tvoreni podaci** "koncept po kojem su primarni podaci prikupljeni i obrađeni u naučno-istraživačkoj dokumentaciji slobodno dostupni javnosti, a gdje je svako slobodan da podatke višekratno koristi i slobodno primijeni, bez ikakvog pravnog, tehnološkog ili društvenog ograničenja".

Karakteristike otvorenih podataka od visokog značaja su dostupnost i pristupačnost za jednostavnu upotrebu i besplatno korištenje, raspoloživost za redistribuciju i višekratnu upotrebu, zabrana diskriminacije ili univerzalna participacija za sve kojima su podaci potrebni a bez navođenja razloga pristupa podacima ali uz obavezu navođenja ili citiranja autora podataka. Posebno značajna karakteristika je interoperabilnost podataka koja podrazumijeva njihovo strukturiranje na način koji omogućava zajedničko korištenje otvorenih podataka i njihova mašinska čitljivost tj. jednostavnost računske obrade.

Prema Braureu [21] interoperabilni otvoreni podaci olakšavaju stvaranje znanja koje potiče iz međusobno povezanih podataka. Popularnost otvorenih podataka je poraslo razvojem interneta i Web-a jer je ideja otvorenih podataka razvijena kao dio socijalnog veba (Web 2.0), dok je ideja povezanih otvorenih podataka povezana sa semantičkim vebom (Web 3.0).

Bitan entitet digitalne infrastrukture u mreži svjetske otvorene nauke su bibliografske i citatne baze koje sistematski prate produkciju naučnih publikacija i citiranost njihovih autora. Među poznatijim citatnim bazama pomenućemo Scopus, koju je osnovala komercijalna izdavačka kuća Elsevier i WoS (Web of Science) koju održava dobro poznata izdavačka kuća Tomson Rojters (*Thomson Reuters).* Bitna karakterisitika bibliografskih i citatnih baza je što sadrže kompletne podatke odnosno meta-podatke o istraživačkoj građi i autoru uključujući i

afilijaciju. Afilijacija autora pored naziva naučne institucije i njene fizičke adrese sadrži i adresu elektronske pošte (*e-mail*) a u meiling listi je i lična adresa svakog registovanog istraživača iz te institucije.

Pored bibliografskih i citatnih baza u naučnoj komunikaciji se koristi Google Scholar, pretraživač naučne literature u elektronskom obliku koja se nalazi na internetu (publikovana od strane akademskih izdavača, stručnih društava, univerziteta, itd.) ili u repozitorijumima sa otvorenim pristupom. S obzirom na način rada, Google Scholar ne predstavlja klasičnu bibliografsku i citatnu bazu, već pretraživač naučne literature osnovan u okviru kompanije Google. [19]

3. DIGITALNA TRANSFORMACIJA FUNKCIONALNIH I PROCESNIH STRUKTURA FAKULTETA ZA IMPLEMENTACIJU OTVORENE NAUKE

Kroz ciljne procese za realizaciju otvorene nauke na fakultetu je uspostavljena digitalna infrastrukturna platforma na principima savremenog funkcionalnog i procesnog strukturiranja akademskih studija. U funkcionalnoj strukturi su četiri fundamentalna toka rada i to: tok univerzitetske nastave i naučnih projekata orijentisnih na inovacije u nastavnim i naučnim metodama, tok ekvivalentno-funkcionalnih poslova u radu i razvoju studenata, tok logističkih i podržavajućih institucionalnih poslova i tok akademskog i poslovnog menadžmenta. Dinamika tokova se inicira, planira, organizuje, realizuje, prati i evaluira u interaktivnim procesnim strukturama koje su imenovane kao nastavno-naučni procesi, funkcionalno-ekvivalentni procesi sa studentima, procesi funkcionalne podrške i poslovno-akademski i naučno-upravljački procesi (Banjanin, 2005).

3.1 Nastavno-naučni procesi

Nastavno-naučni procesi su osnovni akademski funkcionalni procesi na fakultetu koji se izvode kroz nizove aktivnosti sa kooperativnim interakcijama nastavnika i studenata po modalitetima mapiranja 1:1 ili 1:N, gdje je N<5, timskih i grupnih aktivnosti sa koordinativnim interakcijama po modalitetima N:M ili M:N (N>5 i M>2). Procesni događaji formiraju sukcesivni niz stanja između repernih tačaka počev od aktivnosti planiranja, preko organizovanja i izvođenja/realizacije nastave, do završne kontrole i evaluacije- interne i eksterne, analize primarnih podataka i njihovog arhiviranja. Pored toga u fokusu su i posebni projekti promena nastavnih planova i programa (NPP) i nastavno-naučni istraživački (NIR) projekti, projekti mobilnosti nastavnika i studenata, eksperimentalni i inovativni istraživačko-razvojni projekti. [11]

3.2 Funkcionalno-ekvivalentni procesi

Funkcionalno-ekvivalentni procesi su poslovni operativno-akademski procesi sa studentima u sklopu kojih se izvode standardne operacije informacionih aktivnosti orijentisanih na: upise studijskih godina, praćenje pojedinačne longitudinalne tajektorije studenata; prijavljivanje i obradu podataka o ispitima i drugim oblicima verfikacije razvojnih rezultata; praćenje i obradu podataka o stipendijama i studentskim kreditima; prikupljanje i obradu podataka o stanovanju, socijalnim potrebama, kulturnim i sportskim angažovanjima i verifikovanim uspjesima; završavanje školovanja i uključivanje u alumni klub fakulteta/univerziteta, zapošljavanje i zadovoljavanje obrazovnih potreba tokom razvoja profesionalne karijere svršenih studenata). [11]

3.3 Procesi funkcije akademsko-poslovnog upravljanja

Procesi funkcije akademsko-poslovnog upravljanja se strukturiraju sa akcijama, operacijama i blokovima aktivnosti kao: Dnevno operativno rukovođenje; Razvoj vizije, strategije, misije i organizaciono-tehnološke kompleksnosti u institucionalnom funkcionisanju Fakulteta; Koordinacija nastavnog ansambla u radu stručnih organa Fakulteta i/sa organima Univerziteta, Upravljanje koordinativnim, kooperativnim i kolaborativnim interakcijama Fakulteta sa lokalnim, republičkim i širim okruženjem; kooperativno upravljanje u interakcionom polju timskog i individualnog karijernog razvoja zaposlenih. [11]

3.4 Procesi funkcionalne podrške

Procesi funkcionalne podrške su višefunkcionalni i izvode se kao: standardni akademski administrativni procesi, Tehnička obrada publikacija i dokumentacije o naučnim skupovima, Javne i promptne nabavke, Računovodstveno i Finansijsko upravljanje, Tehničko i funkcionalno održavanje i oplemenjivanje prostora i opreme, IT upravljanje-Administracija računarske mreže i korisničkih interfejsa, administracija baze podataka i informacionog sistema. [11]

Ovakva orijentacija se zasniva na kreativnoj primjeni savremenih principa organizacije rada po uzoru na najbolju praksu svjetskih univerziteta. Ti principi su afirmisani u prethodnom a posebno u poslednjem četvorogodišnjem iskustvu fakulteta sa dobrim rezultatima koji se postižu ne samo na platformi uspješnih nastavno-naučnih procesa već i na platformi razvijene dinamične saradnje sa srodnim fakultetima i institucijama iz zemlje, regiona i svijeta sa naglaskom na multimodalnu interaktivnost sa privrednim preduzećima u gradu Doboju i okruženju i sa nadležnim ministarstvima Republike Srpske i BiH.

4. VIZIJA I PROGRAMSKE STRATEGIJE RAZVOJA DIGITALNE INFRASTRUKTURE FAKULTETA

Po definiciji vizija predstavlja „mentalnu mapu pojedinca i/ili organizacije u datom kontekstu za pravu orijentaciju prema pravom cilju“ Osnovna vizija fakulteta, definisana prilikom njegovog osnivanja, ciljno je mapirala obrazovanje saobraćajnih stručnjaka u Republici Srpskoj i njihovo efikasno uključivanje u lokalni, entitetski, državni, regionalni, evropski i svjetski saobraćajni sistem a time i Republike Srpske u međunarodnu podjelu rada.

Dakle, svakim danom se vremenska perspektiva planskih poslova u koje spada i univerzitetsko obrazovanje mijenja u dimenzijama veće brzine učenja i sveukupnog funkcionisanja, veće tačnosti i preciznosti rješavanja problema, jače konzistentnosti i pouzdanijih ishoda poslova. To snažno zaoštrava potrebu za adekvatnim, savremenim obrazovanjem visokostručnih kadrova u veoma različitim oblastima. Sadržaji obrazovanja traže novi kapacitet za recepciju i retenciju znanja studenata ali i nastavnika, saradnika u nastavi i stručnih saradnika na fakultetima i univerzitetima što neizostavno ukuljučuje, naročito za inžereske obrazovne profile, primjenu matematike i aktuelnih znanja i metoda iz domaće i svjetske prakse, implemntaciju najsavremenijih računarskih, komunikacionih i naučnih tehnologija. [22]

Zbog toga i vizija fakulteta uvažava potrebu savremenog tržišnog razvoja društvenog, ekonomskog, privrednog i obrazovnog sistema Republike Srpske i njeno dinamičnije uključivanje u regionalne i svjetske integracije. To, nesumnjivo zahtijeva odgovorno i kompetitivno obrazovanje kadrova iz oblasti saobrćajnog i multimodalnog transportnog inženjerstva u čemu je Saobraćajni fakultet jedina javna visokoobrazovna institucija u Republici Srpskoj realizator takvih zahtjeva.

U takvoj viziji se kao pokretačke vrijednosti fakulteta, koje predstavljaju dio njegove poslovne filozofije mogu se prepoznati: [22]

- Osjećanje potrebe nastavno-naučnog ansambla fakulteta za razvojem Studijskog programa SAOBRAĆAJ SA OSAM MODULA uz uvažavanje rezultata naučnog posmatranja i praktičnog iskustava drugih, a naročito najboljih koji djeluju u širem obrazovnom i privrednom prostoru.
- Težnja za ravnopravnim partnerstvom što većeg broja svršenih studenata u oblasti saobraćajnog i transportog inženjerstva, ne samo u Republici Srpskoj, BiH, i Regionu već i u EU i svjetskoj akademskoj zajednici.
- Razvoj višedimenzionalnih kompetencija i posebnih sposobnosti u obrazovanju diplomiranih inženjera saobraćaja, master inženjera saobraćaj i doktora nauka u odlasti saobraćaj za nastavni, naučni i istraživački rad ali i za uloge modernih preduzetnika i njihovo efektivno i efikasno funkcionisanje u interdisciplinarnim, multidisciplinarnim i transdisciplinarnim timovima koji djeluju u različitim oblastima rada i učenja. U tom smjeru orijentacije, bitne standarde ponašanja zaposlenih nastavnika, saradnika u nastavi, stručnih saradnika i logističkog-tima za funkcionalnu podršku na fakultetu čine:
    - Kompetentnost zaposlenih u dimenzijama opšte, specifične, specijalizovane, metodološke, lične i društvene strukture sa dimenzijama profesionalane, matematičke i digitalne kompetentnosti u radu i ponašanju. U takvu višedimenzionalnu kompetentnost zaposlenih, posebno nastavnika i saradnika, integrišu se jake moralne vrijednosti svake ličnosti, etički kodeks i akademsko poštenje u odnosu prema radu, organizacionim institucionalnim vrijednostima i svim drugim razvojnim vrijednostima u Republici Srpskoj;
    - Povjerenje, kooperativnost i uljudnost u svim formama komunikacije-interpersonalne, timske, organizacione, interkatedarske, interfakultetske, interuniverzitetske i šire poslovne, društvene i javne u lokalnom, entitetskom, državnom, regionalnom, evropskom i svjetskom prostoru u kome ljudi žive i rade;

- Odgovornost, samopouzdanje, odlučnost, motivisanost za istrajnost i iskrenost u izvršavanju misije fakulteta, u interpersonalnim, transaktivnim i kolaborativnim interakcijama, grupnoj, timskoj, organizacionoj i mrežnoj dinamici komunikacije na univerzitetu.

Naravno, savremeni univerziteti danas ne deluju u nekom usko ograničenom već takoreći globalnom svjetskom prostoru koji zahtijeva visoke lične performanse u dinamici života i učenja i u kome nisu samo studenti ti koji su predodređeni na intenzivan mentalni i obrazovni razvoj i implementaciju mnogih inovacija. Vizija razvoja fakulteta je da su inventivnost, razvoj kreativnosti kroz permanentno obrazovanje i cjeloživotno učenje mnogo važniji za nastavničku populaciju jer su nastavnici sa saradnicima odgovorni za kreiranje i sprovođenje strateških i operativnih institucionalnih ciljeva, programskih sadržaja i interaktivnog tehnološkog procesa nastave i naučno-istraživačkih projekata i procesa a posebno i procesa mobilnosti nastavnika i studenata.

Dakle, kreiranje vizije fakulteta zasniva se na platformi vrednovanja zahtjeva modernog vremena u kome su se promijenili i veoma intenzivno se mijenjaju mnogi faktori uticaja na poslovne i životne aktivosti ljudi koji vode ka brzoj integraciji novih znanja i tehnoloških dostignuća u sistem javnog obrazovanja Republike Srpske. Sa takvom vizijom se u novim kontekstima stvaraju uslovi za brzo i efikasno postizanje operativnih ciljeva nastave i učenja, razvijanje i primjenu kreativnih sposobnosti nastavnika i sveobuhvatan razvoj ličnosti studenata svih ciklusa obrazovanja.

Programska strategija podrzumijeva postizanje sljedećih ciljeva: [22]

A) ODRŽAVANJE DOSTIGNUTOG NIVO USPJEHA I DALJE DINAMIZIRANJE FUNKCIONISANJA PROCESNIH STRUKTURA na način koji omogućava ispunjenje PET OSNOVNIH USLOVA za postizanje sigurnog uspjeha do nivoa izvrsnosti u ličnom i institucionalnom razvoju Fakulteta:

A1) ODGOVORNOST- koja reguliše jasan poredak autoriteta funkcionalnih uloga u upravljanju fakultetom i personalizovanu odgovornosti za svaku aktivnost. Pored toga, odgovornost na fakultetu podrzumijeva i jačanje „horizontalnog autoriteta“ koji podrazumijeva funkcionisanje svih pojedinaca i timova, komisija i katedri na osnovu vlastitog repertoara znanja, opsega vještina, razvijenih orijentacija i višedimenzionalnih kompetencija svih nastavnika, saradnika i ostalih zaposlenih koji su odgovorni za siguran uspjeh studiranja i funcionisanja faklulteta.

A2) TRANSPARENTNOST- koja reguliše otvoren i razumljiv proces donošenja odluka gdje se djelotvornost rezultata poboljšava konsenzusom. Konsenzus ne mora obavezno značiti slaganje svakog pojedinca sa mišljenjem u razmatranju i donošenju odluka već prihvatanje i podrška odlukama na osnovu razumijevanja.

A3) KONZISTENTNOST (doslednost)- reguliše poštivanje tačnosti, cjelovitosti sadržaja, gramatike, pravopisa i stila pisanja svih akademskih i poslovnih dokumenata (odluka, rješenja, izvještaja stručnih komisija, referata, elaborata i projektnih dokumenata) ostalih vrsta izvještaja i dopisa koji se šalju pojedincima, komisijama, organima univerziteta, ministarstvima, javnosti. U donošenju i realizaciji odluka neophodno je baziranje na racionalnom razmišljanju s tim da svaka inicijativa prođe kroz isti proces razmatranja i podliježe istim kriterijumima odobravanja na principima naučnosti, pravičnosti i zdravog razuma a uz isključivanje proizvoljnosti i diskriminacije.

A4) STRATEŠKI PRAVAC - je fundamentalan i podrazumijeva da se nastavno-naučni, istraživačko-razvojni, poslovno-upravljački i funkcionalno-ekvivalentni procesi izvode sa akcionim djelovanjem i usklađeno sa radnim rasporedom..

A5) UČEŠĆE ZAINTERESOVANIH STRANA - u radu fakulteta je neophodno pri čemu zaintersovane strane mogu biti sindikati, ministarstva, ministri, roditelji studenata, posebne kategorije sofisticirane javnosti, privredne firme i komore, agencije, inspekcijske službe ili grupa konstituenata koji imaju interes za rezultate fakulteta i univerziteta kao institucija, studenata, saradnika i nastavnika.

B) OBOGAĆIVANJE ISKUSTAVA U PLANIRANJU, ORGANIZACIJI, REALIZACIJI I EVALUACIJI NASTAVE sa vlastitim nastavnim resursima kao i implementaciji novih tehnologija nastavno-naučnog, istraživačko-razvojnog akademskog i poslovnog upravljanja resursima fakulteta. Performansni cilj je postizanje snažnog akademskog uspjeha svakog studenta, nastavnika i saradnika sa njihovom prilagodljivošću i ličnom prikladnošću za uloge reprezentativnih građana koji doprinose potpunoj i pravoj slici akademske kulture i civilizacije Republike Srpske i BiH.

C) USKLAĐIVANJE RAZMIŠLJANJA I ODLUČIVANJA U GRUPI I TIMOVIMA ODNOSNO STRUČNIM ORGANIMA tako da se suprostave nepredviđenim disruptivnim pojavama i neželjenim uticajima,

tj. da se uvijek djeluje sinergijski, a po principu odbacivanja načina ponašanja neprimjerenih akademskim djelatnicima.

To znači da se efektivnim kooperativnim, koordinativnim i kolaborativnim interakcijama u naučnoj i poslovnoj komunikaciji ONEMOGUĆAVA svakom POJEDINCU ili „akademskom klanu“ koji se kao neformalna grupa, okuplja ad-hok da favorizuju „svoju ekipu“ likova biranih po odrazu takozvanog lidera u moralnom ogledalu, i da djeluju izvan zakonskih normi, profesionalnih standarda, etičkog kodeksa i opštih principa institucionalne autonomije i akademskih sloboda. [22]

Istovremeno, to znači transparentno podržavanje svakog pojedinca, konzistentne ekipe istraživača ili stručnog organa fakulteta čiji članovi imaju formiran karakter, nisu sujetni i nadobudno ambiciozni, imaju „jak magnet“ izgrađenog horizontalnog autoriteta, reaguju blago i odlučno postupaju, drže se zakonskih principa i akademske etike, obećanja i dogovora i „ne obećavaju sa namjerom da prevare“.

Potrebno je naglasiti da je snaga autonomije u načelima i standardima koji se mogu definisati i formulisati različito ali se uvijek odnose na svrhovitost rada, jasnoću komunikacije, stalno kritičko preispitivanje stavova i efekata, na provjerene i provjerljive metode pristupa činjenicama, strogost logičkog zaključivanja i principe intelektualnog poštenja. [22]

D) UPRAVLJANJE I ODLUČIVANJE U RJEŠAVANJU POSLOVNIH I AKADEMSKIH PROBLEMA sa orijentacijom na primjenu naučne metodologije koja uključuje naučno posmatranje u kompleksnosti međusobnih uticaja različitih situacionih faktora-prostornih, vremenskih, faktora uloga, odnosa, interakcija i slučajnih ili očekivanih događaja koji se prepoznaju i oblikuju na način bržeg, tačnijeg, pouzdanijeg i stabilnijeg upravljanja svim faktorima. Naravno, to zahtijeva više učenja, više novih znanja i vještina, više istraživanja, više konkretnih softverskih alata i aplikacija, više težnje ka sigurnosti, praktičnosti, više mjerenja i kontrolnih operacija u realnom vremenskom toku procesa nastave i drugih procesnih struktura.

E) UPRAVLJANJE LJUDSKIM SPOSOBNOSTIMA na nov način što podrazumijeva da svaki pojedinac razmotri na različite načine svoj odnos sa drugima i svoje mjesto u grupi ili timu i osposobljava se za bolje upravljanje međusobnim uticajima zasnovanim na simetričnoj komunikaciji, akademskom poštenju, standardima kvaliteta, kulturi nastave i učenja i etičkom kodeksu utvrđenom na univerzitetu. [22]

5. MISIJA I INICIJALNI PLAN RAZVOJA DIGITALNE INFRASTRUKTURE FAKULTETA

Shodno jasno i precizno postavljenim strategijama fakultet u narednom mandatnom periodu je orijentisan na realizovanje sljedećih zadataka u sklopu razvoja digitalne infrastrukture za implementaciju otvorene nauke:

- Permanentno inoviranje nastavnih planova i programskih sadržaja u studijskom programu Saobraćaj po pojedinim modulima.
- Operativno, po poslovnoj agendi i godišnjem kalendaru, organizovanje i realizovanje nastavno-naučnog i istraživačko-razvojnog rada i to na sledećim nivoima-ciklusima obrazovanja:
  - Osnovne akademske studije (prvi ciklus studija) za izlazne obrazovne profile diplomiranih inženjera za: željeznički saobraćaj, infrastrukturu i transport, drumski i gradski saobraćaj, poštanski saobraćaj i telekomunikacije, logistiku, saobraćajnice i transportnu infrastrukturu, primijenjenu informatiku u saobraćaju i transportu i motorna vozila;
  - Master akademske studije (drugi ciklus studija) za sticanje zvanja master-diplomirani inženjer za izlazne profile po modulima kao u prethodnom stavu;
  - Doktorske akademske studije (treći ciklus studija) za sticanje naučnog stepena doktora tehničkih nauka iz oblasti koje pokrivaju moduli navedeni u modularnoj strukturi prvog cilusa studija. Posebno, za ovaj ciklus obrazovanja neophodnaa je ozbiljna rekonstrukcija organizacionih, upravljačkih i akcionih parametara uz izgradnju drugačijeg mentaliteta i odnosa prema radu. Pored ispunjenja cilja da doktorske studije na Fakultetu budu otvorena naučna destinacija za nove studente, otvorenost se odnosi i na uključivanje novih referentnih - izvrsnih aktivnih profesora iz užih naučnih oblasti sa najboljih univerziteta iz Regiona i šire, profesora emeritusa, zakonito izabranih gostujućih profesora i istaknutih naučnika s renomiranim referencama. Takva proširena struktura nastavnog ansambla na doktorskim studijama će doprinijeti da se mladi istraživači na fakultetu od samog starta uključuju u najsavremenije tokove svjetskih istraživanja i naučnu razmjenu kroz programe mobilnosti, ugovore o prekograničnoj saradnji i međunarodne projekte.

[22] Na taj način će se presjeći opasnosti od „potencijalne prakse zaživljavanja nepotizma“ ili „naučnog šarlatanstva“, prepuštanja doktoranata samim sebi i bez odgovarajućih mentora, bez „razduživanja“ programskih obaveza pojedinih studenata, bez rigorozne evaluacije i verifikacije svih etapa njihovog razvoja i bez odgovornog i cjelovitog isunjenja akademskih obrazovnih ciljeva u skadu sa metodološkim i naučnim tehnologijama, projektnim standardima i dobrim praksama u razvoju doktorskih kandidata.

- Ostale obrazovne djelatnosti iz oblasti saobraćaja, špedicije, logistike, transporta i komunikacija koje imaju za cilj: promociju potreba za učenike osnovnih i srednjih škola, građane i zaintersovane strane za pružanje usluga u oblasti poznavanja saobraćajnih pravila i propisa iz bezbjednosti saobraćaja; digitalizacije sobraćajnih poslova i procesa, usluga i regulative iz poštanskog, telekomunikacionog, željezničkog saobraćaja, transporta i infrastrukture, špediterske i logističke djelatnosti; registracije, održavanja i eksploatacije motornih vozila; implemntacije pravnih normi i međunarodnih standarda u saobraćaju i transportu. [22]

- Po posebnoj agendi plansko učešće u realizaciji događaja vezanih na primjenu nauke i digitalizaciju poslova i procesa na razvoju naučno–istraživačke djelatnost iz oblasti saobraćaja i transporta i diseminaciji usluga urbanog transporta na cjelokupnom prostoru Republike Srpska.
- Prioritetno, na početku akademske 2019/20 godine reorganizovanje postojeće matične katedre na fakultetu u skladu sa aktivnim stastusom svih modula studijskog programa i stanju aktivno zaposlenih i angažovanih nastavnika i saradnika; Istovremeno uspostavljanje adekvatne kooperacije i koordinacije sa drugim integrisanim katedrama na nivou univerziteta i matičnim katedrama na drugim organizacionim jedinicama.
- Prioritetno, aktiviranje realizacije investiciong oplemenjivanja TLC stavljanjem u funkciju sa tržišnim aktivnostima i projektovanom nastavno-naučnom bazom za adgovarajuće module studijskog programa za Saobraćaj.
- Kontinualno i po posebnoj agendi fokusira se unapređivanje resursa fakulteta zasnovanih na znanju. Iako fakultet raspolaže sa relativno dobrom bazom resursa zasnovanih na znanju dinamiziranje i aktiviranje aktivnosti uključuje sledeće ciljne zadatke:

  - Obogaćivanje knjižnog fonda sa bibliografskim jedinicama poznatih domaćih i inostranih autora posebno putem poklona, donatorstva i specijalnim kontaktima i vezama sa dijasporom, renomiranim izdavačkim kućama u širem geografskom prostoru;

  - Formiranje digitalnog REPOZITORIJUMA naučno-istraživačkih projekata i projekata tehnologija realizovanih preko ministarstava Republike Srpske (za naučnotehnološki razvoj, visoko obrazovanje i informaciono društvo, za saobraćaj, za unutrašnje poslove) i Ministarstva civilnih poslova BiH;

  - Formiranje digitalnog REGISTRA i KATALOGA investicionih i izvedbenih projekata za posebne naručioce istraživačkih studija i izvedbenih projekata iz domena znanja koji pripadaju pojedinim modulima studijskog programa;

  - Formiranje digitalnog REPOZITORIJUMA izdavaštva naučnih publikacija i artifakta inteletualne produkcije (knjiga, priručnika, monografija, praktikuma, tehničkih rješenja i unapređenja, softvera i interaktivnih aplikacija za nastavni proces) nastavnika i saradnika Saobraćajnog fakuleta po priotitetu pristizanja prijedloga i odluka matičnih katedri;

  - Formiranje digitalnog REPOZITORIJUMA publikacija nastavnika i saradnika sa naučnih konferencija, simpozijuma, kongresa i stručnih skupova;

  - Formiranje digitalnog REPOZITORIJUMA odbranjenih doktorskih disertacija i posebno magistarskih teza;

  - Formiranje digitalnog REPOZITORIJUMA odbranjenih diplomskih i master radova studenata;

  - Nabavka namjenskih softverskih paketa po realno iskazanim potrebama i predlozima katedri i ažuriranje instalirane kupljene, donirane i besplatnih paketa za istraživanje i poslovne obrade, aplikacije u nastavi i laboratorijske vježbe iz nastavnih predmeta i u koordinaciji sa katedrama na fakultetu realizovanje obuke svih istraživača uz odgovornu primjenu standarda proizvođača i standrda kvaliteta na univerzitetu;

- Kontinuirano unapređivanje nivoa operativne gotovosti i pouzdanosti internet i veb servisa na fakultetu za inetraktivnu agentnu komunikaciju istraživača u naučnim mrežama. Istovremeno, unapređivanje promotivnih aktivnosti za povećanje vidljivosti fakulteta u javnosti, digitalizovanju promotivnih događaje i aktivnosti kojima se povećava afinitet zainteresovanih strana za siguran uspjeh fakulteta i za upis novih studenata na svaki od modula i ciklusa studiranja;
- Fakultet je opredijeljen za pozicioniranje u ulogama proaktivnog učesnika nacionalnih i međunarodnih obrazovnih i istraživačkih projekata za učestvovanje u njima i kao koordinator u ime univerziteta i kao specijalizovana partnerska institucija.

6. ZAKLJUČAK

Ciljno postavljena izvrsna organizaciona klima na fakultetu i razvoj digitalne infrastrukture za implementaciju otvorene nauke uslovljeni su PARTNERSKIM STILOM KOMUNIKACIJE u interpersonalnom, timskom i institucionalnom kontekstu prožetim velikim povjerenjem. I u narednom mandatnom periodu, fakultet planira koristiti objektivno utvrđene nalaze kritičkog i samokritičkog vrednovanja svih dobrih i uspješnih rezultata i onih koji to nisu bili na željenom nivou u tekućem mandatu i da na bazi nove unaprijeđene vizije, strateškog pravca i misije radi još odgovornije, transparentnije, konzistentnije i kooperativnije sa zaintersovanim stranama u okviru Fakulteta, UIS i šireg obrazovnog prostora u Republici Srpskoj i BiH.

Stareška programska orijentacija je na obezbjeđivanju sigurnog uspjeha Fakulteta u kontinuiranom razvoju nastavne, naučne i istraživačko-razvojne djelatnosti, aktivnom učešću nastavnika, saradnika i studenata u planskim aktivnostima procesnih struktura, rješavanju studijskih i istraživačkih problema, kroz aktivno učešće u obrazovnim i naučnim projektima u nacionalnim i međunarodnim programima, u jačanju kooperativne saradnje sa simetričnim saradničkim interakcijma. svih zaposlenih u naučnim procesima i događajima.

Partnerski stil komunikacije je stil današnjice i veoma je rasprostranjen, savremen i funkcionalan za postizanje sigurnog uspjeha institucije. On omogućava rađanje SINERGIJE-najvišeg nivoa organizacije i kreativnosti poslovnih, akademskih i životnih aktivnosti. SINERGIJOM se ostvaruju proaktivne navike zajednčkog djelovanja zasnovane na određenim principima za katalizaciju, sjedinjenje i oslobađanje optimalne moći pojedinaca i za izgradnju timova i mobilnog kolektiva u kome se kreativno sarađuje. Za sinergiju su neophodni principijelni, emocionalno stabilni, tolerantni i kreativni svi zaposleni i studenti.

Pored toga, za siguran uspjeh fakulteta i visoku izvrsnost u kooperativnom i naučnom upravljanju neizbježna je efektivna naučna komunikacija u mrežnim kontekstima sa multimodalnim interakcijama. Preduslov za to je izgrađena digitalna infrastruktura koja obezbjeđuje otvoren pristup naučnoj literaturi, dostupnoost podataka prikupljenih u naučnim istraživanjima i transparentnost naučne metodologije i komunikacije.

7. LITERATURA

Aarts, E. (2004), Ambient Intelligence: A Multimedia Perspective, IEEE Multimedia, 11(1), 12 – 19.

Aarts, [E. (2005), Ambient Intelligence Drives Open Innovation, Interactions, XII.4, 66 -68.

Aarts, E, and L. Appelo(1999), Ambient Intelligence: thuisomgevingen van de toekomost, IT Monitor, 9/99, 7 -11 (in Dutch).

Aarts, E, and J.K. Lenstra (eds.) (1997), Local Search in Combinatorial Optimization, Wiley, Chichester, UK.

Aarts, E, and S. Marzano (eds.) (2003), The New Everyday: Views on Ambient Intelligence ,010 Publishers, Rotterdam, The Netherlands

Award, E., Ghaziri, H.., „Knowledge Menagement", Chapter 10, 2003.

Banjanin, M.(2005), Reinženjering univerziteta, XI Skup Trendovi razvoja, TREND 2005, Kopaonik,

Banjanin, M.(2007), Komunikacioni inženjering, Saobraćajni fakultet Doboj, 2007.

Banjanin M. (2008), Naučnoistrživačka metodologija, DisPublik, Beograd 2008

Banjanin, M. (2008),Multimodalne interakcije u inteligentnoj okolini, INFOTEH-Jahorina

Banjanin, M. (2012), Elaborat o izdvajanju prirodnomatečkog faklteta iz Filozofskog fakulteta Univerziteta u Istočnom Sarajevu, FF UIS, februar 2012.

Wu, S. X., Cheng, B., Qiao, H., & Chen, J. (2015). Mobile business process personalization for end users. IEEE Journals&Magazines, Volume:12, Issue:12 , 1-12 DOI 10.1109/CC.2015.7385516.

Zsolt Medgyesi, K. P. (2015). Evaluating application usability with portable biofeedback system for mobile and desktop, . IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom) .

Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2017). An Emotion Recognition System for Mobile Applications . IEEE Access, Volume: 5, DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2672829 , 2281-2287

Raheel, S. (2016). Improving the User Experience using an Intelligent Adaptive User Interface in Mobile Applications, . IEEE International Multidisciplinary Conference on Engineering Technology (IMCET) .

Riva Aktivia, T. D. (2014). Visual Usability Design for Mobile Application Based on User Personality, . (pp. 177-182). • Riva Aktivia, Taufik Djatna, and Yani Nurhad International Conference on Advanced Computer Science and Information System Year: 2014.

Xue, S., Wu, B., Cheng, B., Qiao, X., & Chen, J. (2015). Mobile business process personalization for end users,. China Communications, Year: 2015, Volume: 12, Issue: 12, DOI: 10.1109/CC.2015.7385516 , 1-12.

E.H.I. Aarts-J.I.Encarnacao, True Visions-The Emergence of Ambient intelligence, Springer, 2006.

Univerzitet u Novom Sadu (2019), www.uns.ac.rs

Ministarstvo prosvjete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (2019)

Darko Petrušić (2016): Semantičko modelovanje i ontološka integracija informacionih sistema Otvorene vlade, Doktorska disertacija, FTN Novi Sad, 2016.

Zoran Ćurguz (2019): Plan i program razvoja Saobraćajnog fakulteta u Doboju, UIS za četverogodišnji mandat (2019-2023),NNV Saobraćajnog fakulteta u Doboju, juni 2019.

Links

European Higher Education Area

European Higher Education Area Ministerial Declarations and Communiqués

Commission Communication on a renewed EU agenda for higher education

The EU in support of the Bologna Process, European Commission

The European Higher Education Area in 2018: Bologna Process Implementation Report, Commission Report

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

TOWARD EFFICIENT AND RELIABLE RAILWAY CONNECTIONS IN THE CENTRAL AND SOUTHEASTERN EUROPE

Peter Márton[a]

[a] *University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Univerzitná 8215/1, Žilina 010 26, Slovakia, Peter.Marton@fri.uniza.sk*

Abstract: *In this paper, we would like to present several ideas and facts concerning future challenges for the railway network in Central and Southeastern Europe. Unfortunately, the current development of the international passenger and freight railway transport in this region is not very optimistic. The local interest is often prioritized, and global goals of transport policy are in the background. We offer a look backward, when showing the railway connection between Žilina and Doboj based on the timetable from 1916. We compare the development of train connections influenced by different political situations from 1972 and finally, we offer some remarks and recommendations based on the timetables valid in 2019.*

Key words: *railway network, European corridors, interoperability, cross-border transport*

1. INTRODUCTION

The relevant documents of the European Commission about European strategies for transport area declare that the railway network is the backbone of the European railway system. The basic shape of it is defined more than a century. Nowadays, following the challenges and goals of the White Paper 2011 ("White Paper", 2011), we have to increase our effort to develop the railway system to the reliable, efficient and customer-friendly transport mode.

Before WW1, the railway network was developed based on the priorities of the major European empires. It is a case of the majority of the railway lines in Bosnia and Hercegovina, Croatia, Hungary, Romania, Serbia and Slovakia, the former territories of the Austro-Hungarian empire. This paper aims to outline and compare the rail connection between two places that were laying in this empire before WW1 - between Žilina (now Slovakia) and Doboj (Republika srpska, Bosnia and Hercegovina). Both cities are the seats of the higher education institutions (HEI) oriented to transport and traffic engineering.

Firstly, in chapter 2, we describe both cities (Žilina and Doboj), including short information about the University of Žilina and the Faculty of Transport and Traffic Engineering in Doboj. Secondly, chapter 3 contains comparison of the train connection between Doboj and Žilina, based on timetables issued in 1916, 1972 and 2019, and bus connections in 2019. For 1916 a 1972, the train connection through Vinkovci, Bogojevo, Subotica, Budapest, and Galanta is used as a reference. A similar train connection is described for 2019, with two additional alternatives that are faster. Besides the timetable data, this chapter contains some figures with corresponding maps. Finally, in chapter 4, there is a conclusion and ideas that could be understood as a recommendation how to improve and develop the railway connection for future, in horizons 2030 and 2050.

2. DESCRIPTION OF BOTH CITIES – ŽILINA AND DOBOJ

2.1 Žilina

Žilina is a natural centre of north-western Slovakia and with a population of 84 604 inhabitants (as per December 31, 2010) it ranks among the largest cities in Slovakia. Its geographic location is 49°15' of north latitude and 18°45' of east longitude and it lies at an altitude of 333 metres above sea level. Žilina is situated around 200 km from Bratislava, the capital of Slovakia ("Mesto Žilina", 2013).

The city of Žilina is the seat of the Žilina Region. Together with the Region, it keeps a stable position of the second or third place in gross domestic product per inhabitant. Nowadays, the city of Žilina represents a dynamic development accelerated by KIA Motors Slovakia investments. However, the City is not only a centre

of car production but together with the Upper Váh River Region (Horné Považie), it is an interesting tourist destination.

In Žilina, from 1962, there is the University of Žilina, earlier founded in Prague as HEI for railways. Later, when relocated to Žilina, it was renamed to University of Transport and later to University of Transport and Communication (Vysoká škola dopravy a spojov – VŠDS). This HEI with tradition more than 60 years in the transport-oriented education and research, is at present a respected education and research institution, with regular participation in the EU framework programmes for research and innovations (from FP6 until current H2020, including Shift2Rail).

2.2 Doboj

Doboj is situated on the banks of Bosna river, in the northern region of the Republika Srpska. It has a population of 77 223 inhabitants (as per October 15, 2013) and it belongs to the ten largest cities in Bosnia and Herzegovina. Its geographic location is 44°40' of north latitude and 18°06' of east longitude and it lies at an altitude of 146 metres above sea level. Doboj is situated around 170 km from Sarajevo, the capital of Bosnia and Herzegovina ("Doboj danas", 2019).

Doboj is the largest national railway junction. It is one of the oldest cities in the country and the most important urban centre in northern Republika Srpska. Nowadays, most of the economy is based around the service industry.

In Doboj, from 2005, there is the Faculty of Transport and Traffic Engineering of the University of East Sarajevo. The Faculty's strategy is orientated towards continuing, systematic development of all the segments of this higher institution through constant activities on teaching process improvement, development of its own capacities and resources, providing practical teaching and cooperation with business entities and other higher education institutions in the country and abroad, teaching staff and student mobility, domestic and international projects, membership in international networks and organisations ("Saobraćajni fakultet u Doboju", 2019).

3. TRANSPORT CONNECTION BETWEEN ŽILINA AND DOBOJ

3.1 Railways in 1916

In 1916, WW1 was in the middle. However, in the railway timetable, issued for passenger transport in the Austro-Hungarian empire, are hundreds of railway lines. The railway network of Kingdom of Hungary was well developed, with the centre in Budapest. This influenced way, how Žilina and Doboj were connected by railway. The travel between Žilina and Doboj was realized in the frame of one country.

Here, we mention one of the possible ways to travel from Doboj to Žilina (with using of authentic and current names of stations – see Table 1):

Doboj – Bosanski Brod – Brod – Szabatka (Subotica) – Budapest-Keleti pu / Budapest-Nyugati – Párkány-Nána (Štúrovo) – Galánta (Galanta) – Zsolna (Žilina)

In the timetable ("Kursbuch", 1916), it was a little bit difficult to understand way, how to the arrivals and departures are indicated, because for hours only numbers from 0 till 12 are used. So, it is not clear if the train runs before or afternoon. Here, an example of train connections:

Table 1. Example of train connection between Doboj and Žilina in 1916

Station	**Arrival**	**Departure**	**Travel time between important stations**	**Remark**
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Doboj		00:35	03:55	Gauge 760 mm
Bosanski Brod	04:30	05:30	08:00	Direct train to Budapest via Szabatka (Subotica)
Budapest Keleti	01:30			
Budapest Nyugati		07:05	06:25	Direct train to Zilina via Galánta and Lipotvár (Galanta and Leopoldov)
Zsólna (Žilina)	01:30			
Total time [hours:minutes]		**24:55**	**18:20**	

When travelling from Doboj to Žilina in 1916, the passenger had to change train two times – in Bosanski Brod and Budapest. The passenger spent on the train for about 18 hours and 20 minutes.

In this connection, there is one railway section that doesn't exist from 1968. It is the narrow-gauge line from Doboj to Bosanski Brod (see Figure 1). This line was in timetable mentioned as line no. 402 "Bosanski Brod – Doboj – Lašva – Sarajevo – Mostar – Gravosa (Gruž)". The line between Doboj and Bosanski Brod was in operation from 1879. In 1947, the role of this section took over the standard gauge line from Doboj to Šamac.

Another interesting section of this connection is from Brod to Subotica. This section (see Figure 2) was in the timetable from 1916 mentioned as section of the railway line no. 356 „Bosanski Brod – Brod – Strizivojna-Vrpolje – Vinkovci – Dalj – Gombos (now Bogojevo) – Zombor (Sombor) – Szabatka (Subotica – earlier in maps sometimes as Maria Theresiopel) – Horgos", although the major part of this line is in the timetable from 1972 as the railway line no. 96 (see Figure 3). From Brod to Budapest, it was possible to travel in a direct train using this railway line. Another curiosity of the train connection from 1916, is the direct train from Budapest to Žilina (Zsolna, as Magyar equivalent), with using of Galanta – Leopoldov section.

Figure 1. Narrow-gauge line from Doboj do Bosn. Brod in the map from Andrees Handatlas 1910

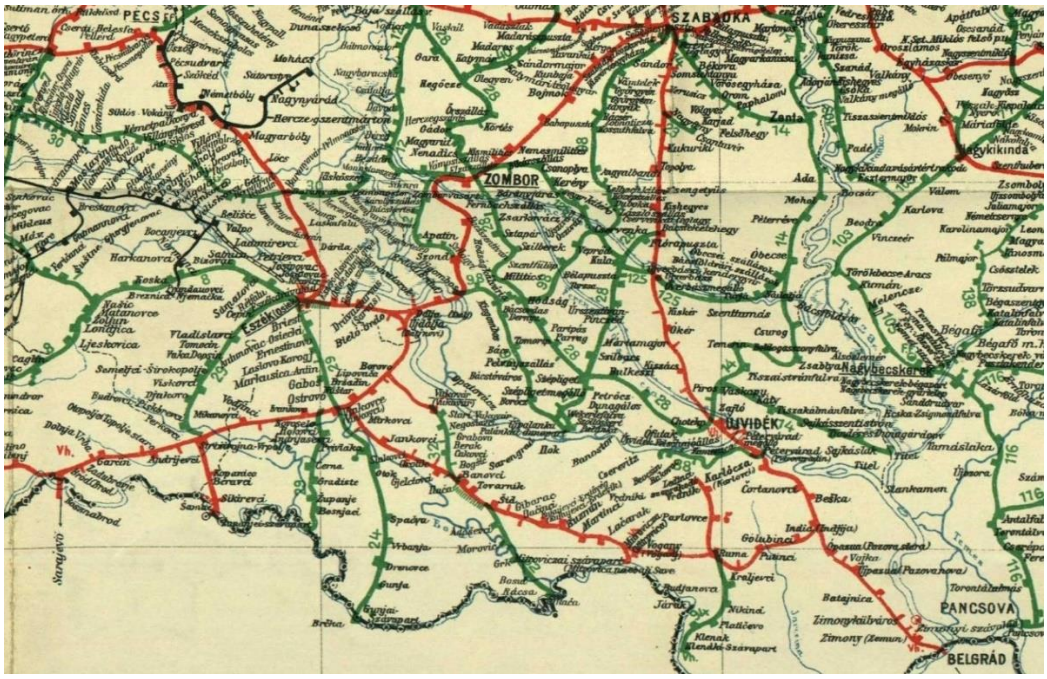


Figure 2. Railway network between Bosznabrod, Belgrád and Szabadka in "A magyar királyi államvasutak és a kezelésükben levö helyi érdekü vasutak térképe"

3.2 Railways in 1972

In 1972, it was a very favourable economic situation in the countries of the Soviet Bloc and Yugoslavia. Also, it was "gold time" for passenger railway transport with a lot of direct trains in Europe, with a very good offer of night trains. Table 2 contains one possible connection between Doboj and Žilina ("Vozni red", 1972).

Table 2. Example of train connection between Slavonski Brod and Žilina in 1972 using same railway lines as in Table 1 and timetable from 1916

Station	**Arrival**	**Departure**	**Travel time between important stations**	**Remark**
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Doboj		17:16	01:15	Sarajevo - Beograd
Vinkovci	18:31	01:15	03:59	Zagreb - Bucuresti
Subotica	05:14	10:57	07:48	Beograd – Malmö
Bratislava hl.st.	18:32	22:22	03:41	Bratislava - Košice
Žilina	02:03			
Total time [hours:minutes]		**32:47**	**16:43**	

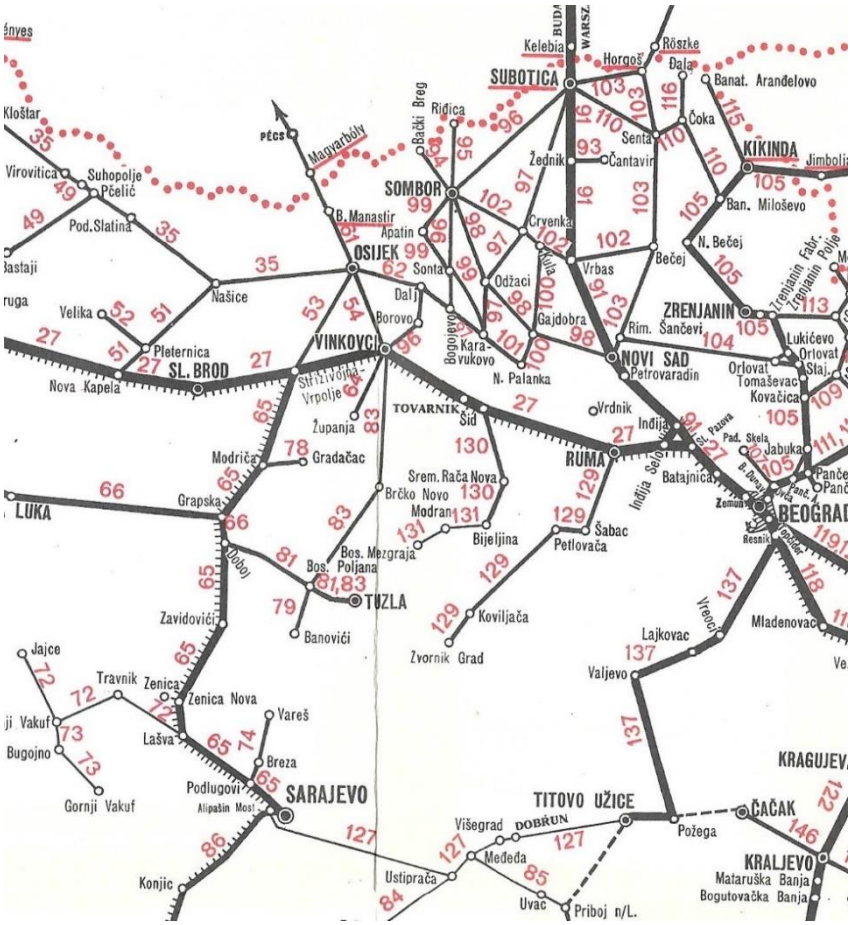


Figure 3. Railway network between Sarajevo, Belgrade and Subotica in 1972, based on Karta železničke mreže SFR Jugoslavije (Red vožnje 1972/73)

This connection was selected because it is located in the frame of former Soviet Bloc. The train connection via Austria was attractive too, but with complications for passengers from former Czechoslovakia.

When travelling from Doboj to Žilina in 1972, the passenger had to change train three times – in Vinkovci, Subotica and Bratislava. An alternative train connection could be travelling from Doboj to Belgrade with some of several direct trains. Then continuing from Belgrade to Bratislava, via Budapest, again using some of several international long-distance trains. In 1972, to travel from Doboj to Žilina, the passenger crossed borders of three states – Czechoslovakia, Hungary and Yugoslavia.

3.3 Railways in 2019

Nowadays, we are in a much different situation as in 1916 and 1972. Countries of Central and Eastern Europe are about 30 years after an important geopolitical change of political system. Instead of one country in 1916 and three countries in 1972, there are four countries – Slovakia, Hungary, Croatia, Bosnia and Hercegovina. None of these countries existed in 1916.

Currently, there is no direct international connection between Slovakia and Serbia or between Slovakia and Croatia. The international trains connect Bratislava only with Budapest or Vienna. In 2019, there it is only one train connection between Budapest, Kelebia, Subotica and Novi Sad ("Red vožnje ŽS", 2018). Doboj, even the Bosnia and Hercegovina, has no connection by train with neighbouring countries (("Red vožnje ŽRS", 2018).

This fact has a negative influence on the possibility to use a train for travelling from Doboj to Žilina. Passenger needs to use a bus for travelling from Doboj to border with Croatia, e.g. to Slavonski Brod. When starting with travelling to Žilina by train in Slavonski Brod, the passenger needs to change from one train to another train the six times (see Table 3). This connection is in most of the used railway sections same as in 1916, except for Vinkovci – Dalj section, that is out of operation for the passenger trains. This connection contains one long interruption in Osijek (for overnight). It includes the only train between Subotica and Budapest that operates in 2019.

Table 3. Example of train connection between Slavonski Brod and Žilina in 2019 using same railway lines as in Table 1 and timetable from 1916

Station	**Arrival**	**Departure**	**Travel time between important stations**	**Remark**
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Doboj		13:25	01:40	bus
Slavonski Brod	15:05	20:32	00:19	211
Strizivojna-Vrpolje	20:51	20:58	00:50	6332
Osijek	21:48	06:33	01:15	7500
Bogojevo	07:48	11:54	01:55	5410
Subotica	13:49	14:02	04:02	B 342 Ivo Andrić
Budapest Keleti pu	18:04	19:25	03:38	EN 476
Bratislava hl.st.	22:03	22:48	03:27	R 615
Žilina	01:25			
Total time [hours:minutes]		**37:00**	**17:05**	

Of course, there are other alternatives. Probably more attractive. We mention here one possibility that follows the Vc pan-European corridor Budapest – Pécs – Osijek – Doboj – Ploče (see Table 4). When using this connection, the passenger needs to change trains in six stations.

We show another connection from Slavonski Brod to Zilina, via Zagreb and Vienna (see Table 5), too. This connection is nowadays possible for all passengers, because its location in frame of the EU. This connection contains two long-distance international trains, while the connections in Table 3 and Table 4 contain more local cross-border trains and only one long-distance international train.

Table 4. Example of train connection between Slavonski Brod and Žilina in 2019 using connection in route of the Vc pan-european corridor

Station	**Arrival**	**Departure**	**Travel time between important stations**	**Remark**
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Doboj		03:30	01:30	
Slavonski Brod	05:00	07:29	00:57	2507
Vinkovci	08:26	08:36	00:40	2604
Osijek	09:16	10:12	00:28	6208
Beli Manastir	10:40	11:08	01:34	8125
Pécs	12:42	13:10	03:04	IC 815
Budapest Keleti pu	16:14	-		
Budapest Nyugati pu	-	17:40	02:23	EC 270
Bratislava hl.st.	20:03	20:13	02:27	RR 717
Žilina	22:40			
Total time [hours:minutes]		**19:10**	**13:03**	

Table 5. Train connection via Zagreb and Vienna in year 2019

Station	**Arrival**	**Departure**	**Travel time between important stations**	**Remark**
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Doboj		13:25	01:40	bus
Slavonski Brod	15:05	03:46	02:57	740
Zagreb Gk	06:43	07:00	07:02	EC 158
Wien Hbf	14:02	14:42	03:11	IC 45
Žilina	17:53			
Total time [hours:minutes]		**28:28**	**14:50**	

3.4 Buses in 2019

In 2019, we may not forget another transport mean that is more and more favourite in last three decades. It is travelling by long-distance bus. In table 6 and table 7, there is an overview of two examples. Firstly, with the direct bus from Slavonski Brod to Bratislava, that operates two times in a week.

In table 6, there is a reference to train connection from Bratislava to Žilina, because railway transport is the dominant transport mean for this transport relation. Another alternative could be a direct bus from Doboj (with origin in Sarajevo) to Vienna. Again, with using of a train for travel from Vienna to Žilina. In table 7, there is a reference to "pure" bus connection.

Table 6. Combined connection (bus + train) in 2019

Station	**Arrival**	**Departure**	**Travel time between important stations**	**Remark**
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Doboj		03:30	01:30	bus
Slavonski Brod	05:00	07:45	08:55	bus
Bratislava	16:40	17:13	02:27	train
Žilina	19:40			
Total time [hours:minutes]		**16:10**	**12:52**	

Table 7. Bus connection in 2019

Station	**Arrival**	**Departure**	**Travel time between important stations**	**Remark**
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Doboj		20:45	01:30	bus
Ljubljana	04:15	07:15	08:55	bus
Žilina	16:05			
Total time [hours:minutes]		**19:20**	**14:20**	

3.5 Comparing of the travel times

In previous subchapters, there are the train connections between Doboj and Žilina (1916 and 1972), alternatively from Slavonski Brod to Žilina (2019). For a passenger, to select travelling by railway transport, several factors can influence the final decision. In the final table (Table 6), there is a comparison of travel times, including two possible connections covered by long-distance buses. In all these tables, we evaluate two sums:

- total travel time (c) that is the difference between arrival time to the destination (Žilina railway station) and departure time from the origin (Doboj railway station or bus station);
- net travel time (d) that is the difference between (c) and time spent in a station where the passenger needs to change between trains.

Table 8. Comparison of the travel times between Doboj and Žilina by railway in 1916, 1972 and 2019 and buses in 2019

Connection	Total travel time [hours:minutes]	Net travel time	Remark
Railway 1916	24:55	18:20	Unclear timetable data – 12H mode
Railway 1972	32:47	16:43	
Railway 2019-1	37:00	17:05	via Vinkovci, Bogojevo, Subotica
Railway 2019-2	19:10	13:03	via Osijek, Pécs and Budapest
Railway 2019-3	28:28	14:50	via Zagreb and Vienna
Bus 2019-1	16:10	12:52	including bus Slavonski Brod – Bratislava
Bus 2019-2	19:20	14:20	„pure“ bus connection via Ljubljana

Based on table 8 comparison, the shortest total travel time and the shortest net travel time has connection denoted as “Bus 2019-1”. It is combination of bus and train. Suprisingly, very similar result in the net travel time shows the connection denoted as “Railway 2019-2”, that is the connection in Table 4, and it is connection along the Vc pan-European corridor. Final comparison of several scenarios for travelling from Doboj to Žilina is in Figure 4.

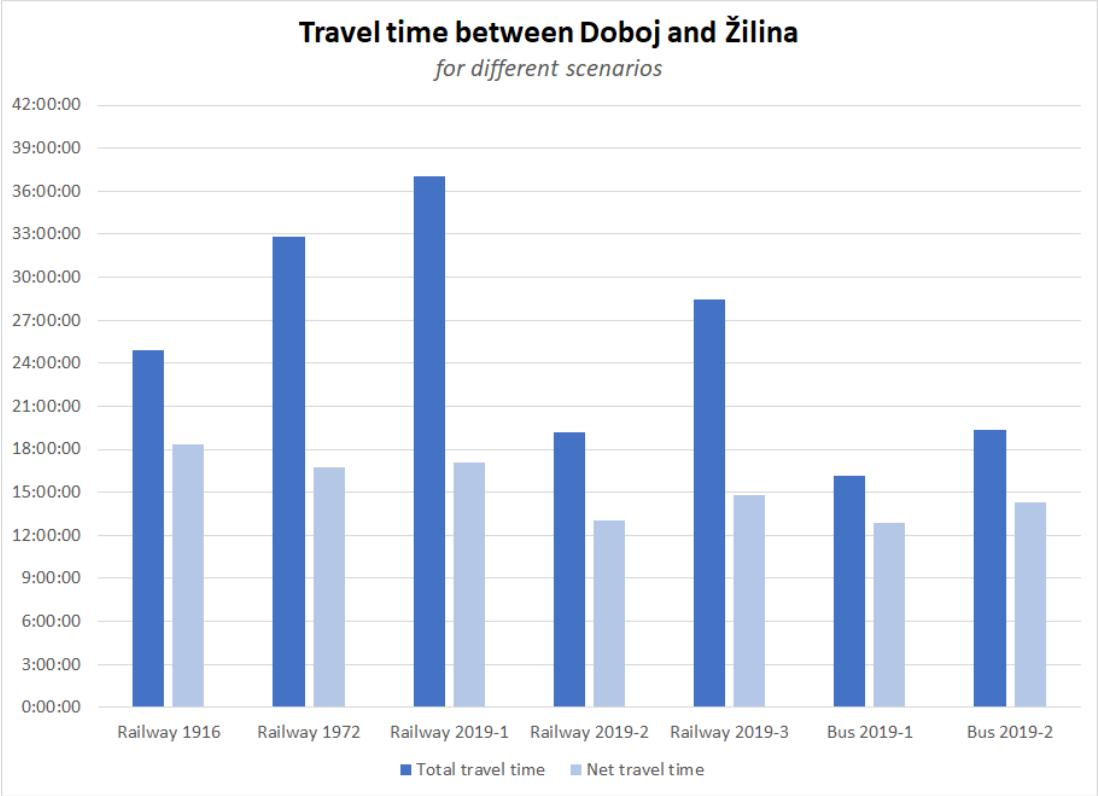


Figure 4. Comparison of the travel times in different scenarios. (Source: author)

4. CONCLUSION

The European Commission considers cross-border transport to be very important. To support future development of local and long-distance international railway services, one study concerning “missing links”, non-operational cross-border railway connections, within the EU was elaborated. The study proposes recommendations on how to smoothen the implementation of crossborder railway connections (“Comprehensive analysis”, 2018).

The White Paper 2011 on Transport defines a vision for a competitive and sustainable transport system in Europe. An efficient core network for multimodal intercity travel and transport is inevitable to reach all defined goals. Railway transport is sometimes seen as an unattractive mode. But examples in some EU states prove that it can offer quality service. The challenge is to ensure structural change to enable railway transport to compete effectively and take a significantly greater proportion of medium- and long-distance. On of the goals defined in this document is “By 2050 the majority of medium-distance passenger transport should go by rail.”

Railways are naturally understood as the backbone of a national and European transport system. The Bosnia and Hercegovina needs the railway network for its future successful economic development and

integration to the European Union. Nowadays, for some politicians, it is easier to decide about closing or cancelling of railway operation, than to take responsible decision. “No operation, no costs.”; “Buses are cheaper and more flexible” – it is true only for a limited time period until the road network capacity is reached. For example, development in inter-city and regional transport in Slovakia and the Czech Republic shows, how important is to keep railway network in operable condition. Some regional and cross-border railway lines, twenty years ago considered as useless and burdening the state budget, now, they are considered as irredeemable part of the smart transport system of regions.

Renewal of international train connections in the Bosnia and Hercegovina, the long-distance connections and cross-border regional connections, should be the goal of politicians on national and even international level. Of course, it is not possible to expect the renewal of operation in the form from 1972 with several pairs of direct trains from Sarajevo or Ploće to Belgrade or Zagreb. But at least one international train from Sarajevo to Croatia or Serbia via Slavonski Šamac and another international train from Sarajevo to Zagreb via Banja Luka and Novi Grad, they can support two-way travelling of citizens. These international train connections should be fairly linked to other international trains to Budapest and Vienna. Paraphrasing a statement of Mr Dodik, the member of the Presidency of Bosnia and Hercegovina, the slow, unreliable and unattractive railway will be used only to an exodus from the country, but fast enough, reliable and comfortable railway service will be used in both directions, even for returning of inhabitants back to the homeland.

5. REFERENCES

Kursbuch 1916: Cestovný poriadok pre Rakúsko-Uhorsko, pl. od 1. mája 1916. Železničné múzeum, Dopravná ulica, Bratislava. Evidenčné číslo: 6863.

Doboj danas: Osnovni podaci o Doboju danas. Retrieved from https://doboj.gov.ba/doboj/doboj-danas/?lang=bs

European Commission: Comprehensive analysis of the existing cross-border rail transport connections and missing links on the internal EU borders. Retrieved from https://ec.europa.eu/ regional_policy/en/information/publications/reports/2018/comprehensive-analysis-of-the-existing-cross-border-rail-transport-connections-and-missing-links-on-the-internal-eu-borders

European Commission: White Paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Brussels, 28.3.2011. COM(2011) 144 final - Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011D C0144&from=EN

Mesto Žilina: Welcome to the metropolis of Northwest Slovakia. Retrieved from http://www.zilina.sk /eng/

Saobraćajni fakultet u Doboju. About the Faculty. Retrieved from http://sf.ues.rs.ba/eng/index.php/ about-the-faculty/

Jugoslovenske železnice: Vozni red 1972/1973.

Železnice Srbije: Red vožnje 2018. Retrieved from http://www.srbvoz.rs/redvoznje.html

Željeznice republike srpske: Red vožnje 2018. Retrieved from https://www.zrs-rs.com/files/ zrs_red_voznje/zrs_red_voznje.pdf

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

THE POSITION AND ROLE OF TRANSPORT AND TRAFFIC ENGINEERS IN THE PROCESS OF PLANNING AND DESIGN RAILWAY LINES

МЕСТО И УЛОГА САОБРАЋАЈНИХ ИНЖЕЊЕРА У ПРОЦЕСУ ПЛАНИРАЊА И ПРОЈЕКТОВАЊА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ПРУГА

Miloš S. Ivić[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, m.ivic@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *Railway lines, due to their, primarily, geometric characteristics, are extremely complex and demanding traffic system, whose process of planning and design takes up a long time. In this process, it is necessary to engage and cooperate with a great number of experts from various fields including experts in transport and traffic engineering. The role of certain professions in certain phases of the planning and design process is different and both by intensity and importance.*

Within the process of planning and design railway lines, the participation of experts in transport and traffic engineering can be viewed in a multifaceted way, from a minor and meaningless to a very significant and crucial one. However, so far their position and role have not been sufficiently clarified and largely dependent on the individual's attitude, regardless of the importance and need. In addition, their ability to solve considered problems is still under suspicion. Therefore, in this paper, an attempt is made to comprehensively observe this problem, and to define the position and role of traffic experts in the process of planning and design railway lines with special emphasize on stations and nodes. The result of this paper should be the clearly defined place and role of transport and traffic engineers in the process of planning and designing railway lines, railway stations and nodes in all individual phases of planning and design.

Key words: *transport and traffic engineers, planning and design, position and role*

Апстракт: *Железничке пруге, због својих, првенствено, геометријских карактеристика, су изузетно сложен и захтеван саобраћајни систем чији процес планирања и пројектовања, по правилу, траје веома дуго. У том процесу неопходно је ангажовање и сарадња већег броја стручњака из разних области, а самим тим и стручњака саобраћајне струке. Улога појединих струка је различита, како по интензитету тако и по значају у појединим фазама процеса планирања и пројектовања.*

Учешће саобраћајних стручњака у процесу планирања и пројектовања железничких пруга може да се посматра вишеструко, од незнатног и безначајног до веома значајног и кључног. Међутим, до данас су њихова места и улоге недовољно разјашњени и у многоме зависе од става појединаца, а не од значаја и потребе. Поред тога није довољно позната ни њихова оспособљеност у решавању датих проблема. Зато је у овом раду начињен покушај да се свеобухватно сагледају посматрани проблеми и дефинише место и улога саобраћајних инжењера, у процесу планирања и пројектовања железничких пруга, у целини, а посебно железничких станица и чворова. Резултат овог рада требало би да проистекне јасно дефинисано место и улога саобраћајних инжењера у процесу планирања и пројектовања железничких пруга, железничких станица и чворова по појединим фазама планирања и пројектовања.

Кључне речи: *саобраћајни инжењери, планирање и пројектовање, место и улога*

1. УВОД

Појмови планирање и пројектовање настали су кад и човечанство, с тим да се за појам планирање може рећи да представља прогнозу потражње, односно жељу да се нешто реализује, а пројектовање обликовање понуде или могућност жељене реализације.

Када је у питању саобраћајно планирање и пројектовање тада појам планирање представља прогнозу потражње саобраћајних услуга, односно жељу да се реализује одговарајућа саобраћајна услуга, а пројектовање обликовање понуде саобраћајних услуга или могућност реализације посматране саобраћајне услуге.

Ова два појма се често не схватају као делови истог процеса, већ као засебни и међусобно разграничени, а по правилу и независно вођени. Међутим, међузависност између потражње и понуде, односно планирања и пројектовања, је таква да би било неопходно да се они третирају као јединствени процеси где међуусловљеност накнадно није могуће лако успоставити.

Једноставније речено, не постоји процес планирања без процеса пројектовања и обратно, већ се разлике могу јавити у њиховом релативном учешћу зависно од нивоа процеса.

Планирање и пројектовање су веома сложени и комплексни истраживачки процеси у коме до пуног изражаја долазе креативне и аналитичке способности стручњака и у коме се као синтеза обједињују теоријска и практична знања из великог броја научних области.

Поједностављено речено, планирање и пројектовање су појмови који припадају уметности.

2. ЗАДАТАК И ЦИЉ ПРОЈЕКТОВАЊА

Основни задатак пројектовања је проналажење најбољег решења при чему се мора одговорити на питања зашто, када, где и како реализовати одређену активност, односно саградити одређени објекат. У пројекту морају бити сагледани сви позитивни и негативни ефекти његове реализације предузете активности, односно изградње: технолошки, технички, економски и еколошки. Сходно томе, може се рећи да је пројектовање процес којим се мора обезбедити захтевни ниво квалитета услуге уз најнижи ниво трошкова грађења и експлоатације или још прецизније уз прихватљиве трошкове грађења и експлоатације.

Процесу пројектовања данас значајну помоћ пружају технолошка достигнућа (аеро-фотограметрија, рачунари и др.). До дефинитивног усвајања пројекта једног објекта прође и више година рада на његовој изради. При томе се не решавају само техничка питања и проблеми, већ и стратешка, политичка, економска, еколошка и многа друга.

3. ОПШТЕ ПОСТАВКЕ У ПРОЈЕКТОВАЊУ

Методологија пројектовања представља онај елемент процеса којим се једнозначно дефинишу методе и поступци израде пројектне документације од најранијих фаза (идеја и идејних решења), преко инжењерске разраде до праћења реализације објекта и евидентирања података о изведеном објекту.

Ове фазе пројектовања представљају кључна подручја у којима се пресудно утиче на испуњење постављених циљева.

Резултати процеса пројектовања у многоме зависе од примене правила дефинисаних методологијом пројектовања. Могућности утицања на квалитет и цену највеће су у почетним фазама пројектовања.

Доношење недокументованих одлука, прескакање појединих фаза израде пројектне документације најчешће има негативне последице:

- врло често рок за израду пројектне документације се продужава јер се процес пројектовања враћа на почетак,
- доносилац одлуке трајно се одриче могућности да пресудно утиче на укупне ефекте грађења саобраћајнице и
- оптимизација метода изградње или експлоатације саобраћајнице доноси само маргиналне ефекте.

4. МЕТОДОЛОГИЈА ПРОЈЕКТОВАЊА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ПРУГА

Железничке пруге представљају сложен и захтеван саобраћајни систем чији процес планирања и пројектовања траје веома дуго. Разлог лежи у чињеницама да су услови грађења и експлоатације ове саобраћајнице изузетно захтевни, а геометрија трасе није лако прилагодљива топографији терена.

Из тих и таквих разлога у процесу планирања и пројектовања железничких пруга неопходно је ангажовање и сарадња стручњака из разних области (економиске, геолошке, грађевинске, машинске, електро, саобраћајне и др.).

Улога појединих струка је различита, променљива, како по интензитету тако и по значају у појединим фазама процеса планирања и пројектовања.

У овом раду тражи се одговор на питање: „Која је улога саобраћајних стручњака у процесу планирања и пројектовања железничких пруга“?

Да би дошли до одговора на постављено питање нужно је проћи кроз све фазе процеса планирања и пројектовања ове саобраћајнице и сагледати који су то послови и задаци саобраћајних стручњака који имају утицаја на саму саобраћајницу.

Наиме, радови у процесу планирања и пројектовања могу се поделити у две групе:

- технолошко-економска истраживања и
- техничка истраживања.

И у једној и другој групи учешће саобраћајних стручњака је и те како присутно, а нарочито у делу технолошко-економских истраживања, док је у делу техничких истраживања њихово учешће знатно мање.

Технички део пројекта подразумева четири фазе израде пројектне документације:

- генерални пројекат,
- идејни пројекат,
- главни или извођачки пројекат и
- архивски пројекат.

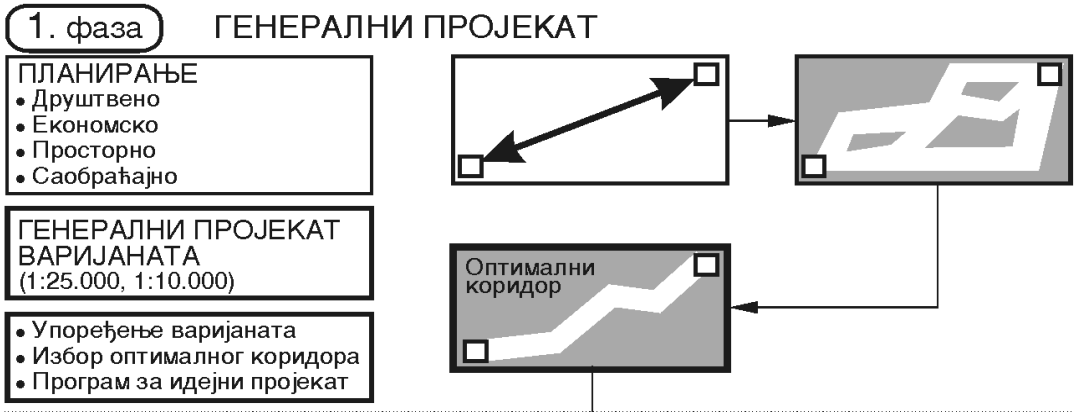
Прве три фазе су уједно и планерске, и у њима је неопходно учешће саобраћајних стручњака, али ограниченог дела, док четврта фаза не припада планерској групи и у њој учешће саобраћајних стручњака није неопходно.

После ових фаза долази период експлоатације и одржавања железничких пруга где је учешће саобраћајних стручњака и те како значајно.

4.1 Генерални пројекат

Генерални пројекат (**зашто**?): прва фаза у процесу пројектовања и представља пројектантску основу планерских разматрања. Овај пројекат треба да представља саставни део националних и регионалних планова друштвеног, економског и просторног развоја. Резултат ове фазе треба да буде друштвено и стручно опредељење о основним питањима, као што су: економски ефекти, просторне последице, улога у мрежи, односно ранг пруге, саобраћајна оптерећења итд. У овој фази треба да буду донесене пројектантске одлуке, као што су: граничне карактеристике елемената трасе у све три пројекције, најповољнији коридор трасе, укључење пруге у станице и чворове постојеће железничке мреже, макро одлуке о стабилним постројењима електричне вуче и СС и ТК постројењима, макро одлуке о конструкцијама горњег и доњег строја и важнијих објеката, основни ставови о етапности изградње итд.

Основни циљ израде овог пројекта јесте формирање стручно документационе основе за доношење одлука о макролокацији железничке пруге.



Слика 1: Блок шема израде Генералног пројекта

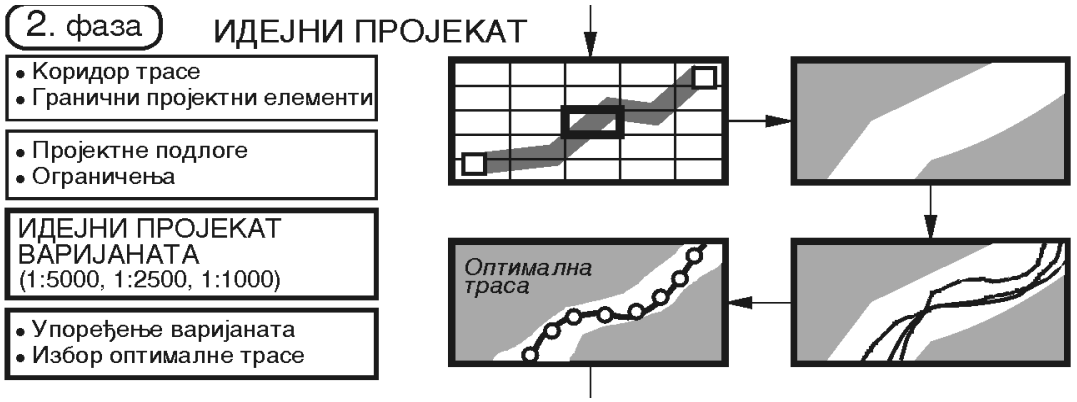
Излазни резултати ове фазе пројектовања у којима саобраћајни стручњаци имају значајну улогу су:

- Максимална брзина за коју се планира пруга,
- Осовинско оптерећење које треба да се реализује на прузи,
- Места која треба да повеже пруга, с обзиром на изворе робе и путника,
- Службена места која треба да се нађу на овој прузи и њихов размештај и
- Претходна студија оправданости као доказ-потврда да ли се исплати радити пругу или не.

4.2 Идејни пројекат

Идејни пројекат (**где**?) је најзначајнија фаза у процесу пројектовања железничке пруге. У овој фази се, на основу програмских поставки генералног пројекта истражује најповољнија траса унутар усвојеног коридора у складу са просторним, еколошким и осталим захтевима.

Паралелно са истраживањем оптималне варијанте усклађују се елементи пруге у све три пројекције, истражују локације станица, могућности укључења пруге у железничке чворове, дефинишу објекти и пратећа опрема итд.



Слика 2: Блок шема израде Идејног пројекта

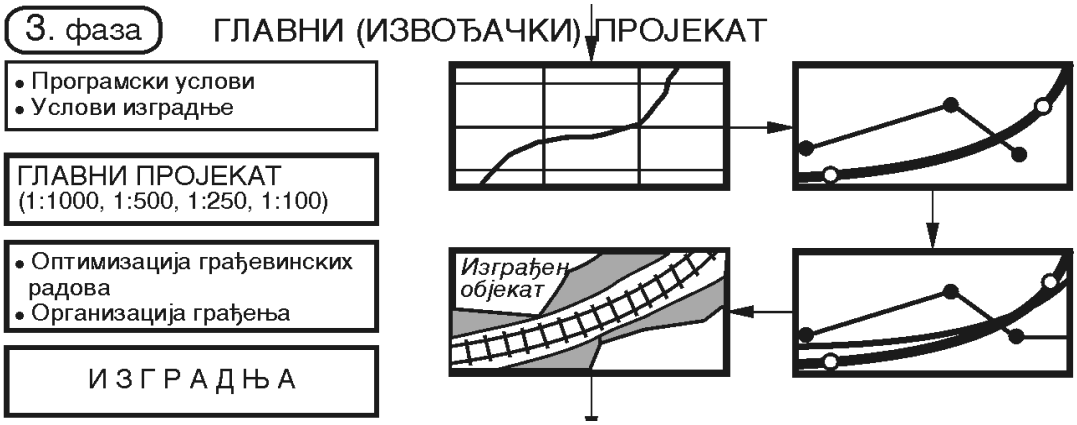
Излазни резултати ове фазе пројектовања у којима саобраћајни стручњаци имају значајну улогу су:

- Оптимална траса (геометрија трасе у плану и профилима),
- Брзина за коју је пројектована пруга или деонице пруге,
- Локација и дизајн станица и осталих службених места на прузи,
- Карактеристике колосечних постројења (количине и дужине),
- Структура (садржај и размештај) постројења у службеним местима,
- Међусобна повезаност и
- Студија оправданости као доказ-потврда да ли се исплати радити пругу или не, да ли ићи даље у процес пројектовања или не.

4.3 Главни (извођачки) пројекат

Главни или извођачки пројекат, (како?) на основу дефинисаних елемената усвојене трасе разрађује све неопходне податке за извођење, обавља микро померања трасе у плану и профилу и дефинише план и организацију извођења радова. Битан задатак ове фазе јесте избор најрационалнијих метода организације изградње.

Главним пројектом се коначно утврђује траса, труп пруге, објекти, приступни путеви, евентуалне корекције водених токова и девијације постојећих путева, распоред станица, трошкови грађења и експлоатације. У случају да главни пројекат не садржи довољно података за грађење ради се тзв. Извођачки пројекат (пројекат детаља).



Слика 3: Блок шема израде Главног пројекта

Излазни резултати ове фазе пројектовања су:

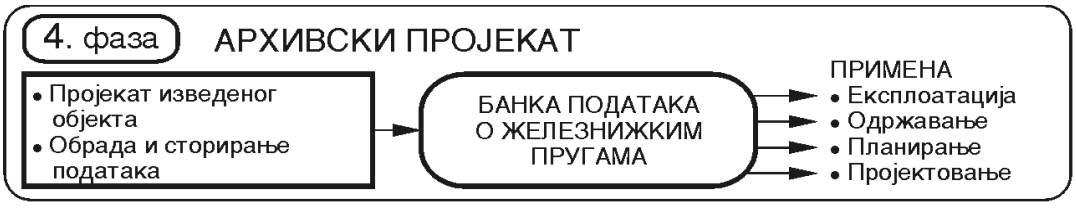
- Коначан изглед трасе (геометрија трасе у плану и профилима, распоред станица и осталих службених места, трошкови грађења и експлоатације),
- План и организација извођења радова и
- Организација саобраћаја за време извођења радова,
- а саобраћајни стручњаци имају значајну улогу у организацији саобраћаја за време извођења радова.

4.4 Пројекат изведеног стања (архивски пројекат)

Архивски пројекат представља (нулто) изведено стање са свим финансијким показатељима и базу активних података потребних за рационално и ефикасно управљање, експлоатацију и одржавање објекта

Пројекат изведеног објекта (архивски пројекат) може да буде идентичан главном пројекту или пак да се разликује од главног пројекту.

- Идентичан: све је урађено према главном пројекту
- Различит: изведено стање одступа у односу на оно што је предвиђено главним пројектом (било у цени, материјалу или начину извођења).



Слика 4: Блок шема израде Архивског пројекта

5. ЗАКЉУЧАК

Израда једног пројекта пруге је комплексан посао који захтева сарадњу већег броја стручњака из разних области међу којима су и инжењери саобраћаја.

Улога саобраћајних стручњака је нарочито изражена у првим планерским фазама разраде пројекта трасе, нарочито:

- У економским проучавањима (Генерални пројекат - претходна студија оправданости и Идејни пројекат - студија оправданости);
- У техничком делу пројектовања (Генерални пројекат – брзина и оптерећење на прузи, размештај службених места, Идејни пројекат -геометрија трасе, структура и дизајн службених места (садржај, размештај, капацитет и међусобна повезаност постројења), Главни пројекат – организација саобраћаја за време извођења радова).

Саобраћајни инжењери морају да буду активно укључени у тимски рад у свим фазама животног циклуса посматране пруге (од фазе планирања – концепције и дефинисања у односу на друштвене потребе, преко фаза пројектовања и грађења, до процеса употребе - коришћења - експлоатације).

Саобраћајни инжењери морају да буду активно укључени у све Комисије, (па и државне), за ревизију – техничку контролу техничке документације ради провере квалитета решења и њене усклађености са стандардима, нормама, законским и другим прописима.

6. ЛИТЕРАТУРА

Анђус, В., Малетин, М. (1997): Методологија пројектовања путева, Грађевински факултет, Београд.

Bearwald, J. (1981): The Changing role of the transportation engineer, Traffic Transportation and Urban Planning, Vol. 1.

Corazza, G.R., Musso, A. (1990): Methodologie zur Planung der Gertaltung von Bahnhofsgleisenlagen, Shienen der Welt.

Wong, P.J., Sakasita, M., Stock, W.A., Elliott, C.V., Hackworth M.A. (1981): Railroad classification Yard Technology Manual - Volume I: Yard Design Methods, US Department of Transportation - NTIS, Report FRA/ORD-81/20, March.

Закон о планирању и изградњи "Службени гласник РС", бр. 72 од 3. септембра 2009

ЗАХВАЛНОСТ

Овај рад је реализован уз подршку Министарства просвете и науке Републике Србије у оквиру технолошког пројекта, евиденциони број 36012: ''Истраживање техничко-технолошке, кадровске и организационе оспособљености Железница Србије са аспекта садашњих и будућих захтева Европске уније''.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

ISO 39001 – ROAD TRAFFIC SAFETY MANAGEMENT SYSTEM APROACH

ISO 39001 – СИСТЕМСКИ ПРИСТУП УПРАВЉАЊУ БЕЗБЕДНОШЋУ САОБРАЋАЈА

Boris Antić[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, b.antic@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *Although is Decade of Action for Road Safety 2011-2020 almost at the end, the number of deaths in traffic reached 1,35 million during the year 2018. Also, traffic accidents became leading cause of death in population between 5 and 25 years. According to a large number of casualties in traffic, leaders in global road safety improvement pointed to the significance of the introduction and implementation of the standard ISO 39001. Also, scientific papers where are effects and experiences of ISO 39001 implementation analysed became frequent. Standard ISO 39001, as other standards where quality and management are emphasized, has objective to improve the level of road traffic safety, through main issues recognition. Above mentioned is a precondition for succesful management in road traffic safety. One of the key characteristics of the particular standard is implementation for the benchmarking in road safety, where the road safety level could be easily defined, regardless of the region or subject. If Procedure of the ISO standard is carried out, the weakest link by sectors, sub-sectors or elements is simply identified. So discovered segments where interventions are needed, could be treated and road safety level will be increased. In this paper, procedure and guidelines for implementation of the stadnard ISO 39001 will be presented, especially regarding road traffic safety level.*

Key words: *Traffic Safety, Traffic Safety Management, Standard ISO 39001, Benchmarking, System Performance*

Резиме: *Иако се налазимо на маргинама деценије активности за безбедност саобраћаја, број погинулих у свету је крајем 2018. године достигао 1,35 милиона, а саобраћајне незгоде су постале водећи узрок смртног страдања у популацији између 5 и 29 година. Узимајући у обзир велики број жртава саобраћајних незгода, водећа светска удружења су указала на значај увођења и доследне примене стандарда ISO 39001, а већ су се појавили и научни радови у вези искустава примене стандарда ISO 39001.Стандард ISO 39001, слично другим стандардима који за циљ имају унапређење квалитета и управљања у појединим областима, има за циљ унапређење нивоа безбедности саобраћаја кроз уочавање кључних проблема, а тиме и стварање услова за успешно управљање у безбедности саобраћаја. Једна од кључних карактеристика овог стандарда је и примена за потребе бенчмаркинга у безбедности саобраћаја, чиме се на једноставан начин може проценити ниво саобраћаја на националном нивоу, регионалном нивоу или на нивоу специфичних субјеката укључених у систем безбедности саобраћаја. Наиме, спровођење процедуре по секторима, подсекторима и елементима у оквиру подсектора доводи до уочавања најслабијих карика у ланцу управљања стањем безбедности саобраћаја, односно идентификације сегмената који захтевају интервенцију у погледу унапређења стања система. Узимајући претходно у обзир, у овом раду ће бити презентиран поступак и смернице за примену ставдарда ISO 39001 везано за оцену стања безбедности саобраћаја.*

Кључне речи: *Безбедност саобраћаја, Управљање безбедношћу саобраћаја, Стандард ISO 39001, Бенчмаркинг, Перформансе система*

1. УВОД

Системски приступ управљању безбедности подразумева најразличитији спектар активности на различитим нивоима како би се свеобухватно могло допринети смањењу броја страдалих у саобраћају, као и смањењу других негативних последица саобраћаја. Основни кибернетски принцип да је неопходно познавати постојеће стање, оптимално дефинисати жељено стање и правилно креирати и

имплементирати управљачке мере, одавно се успешно примењује и у безбедности саобраћаја. У том погледу, један од најважнијих елемената представља утврђивање тренутног стања, како у квалитативном, тако и квантитативном смислу, али и утврђивање оних елемената у систему на којима је неопходна примена мера. Процедуре и поступци везани за утврђивање постојећег стања, као и даљих карика у процесу управљања се успешно регулишу стандардима. Примера ради, стандард ISO 14001 је дефинисао захтеве за управљањем заштитом животне средине, ISO 27000 има за циљ унапређења у заштити и безбедности информација, а ISO 22000 је након стандарда HACCP преузео безбедност прехрамбених производа.

Слика 1. Приказ нивоа управљања стањем безбедности саобраћаја

Узимајући у обзир значајне последице страдања у саобраћају, Светска здравствена организација (World Health Organisation - WHO), Светска банка (World Bank - WB), Организација за економску кооперацију и развој (Organisation for Economic Cooperation and Development - OECD), Европски савет за безбедност транспорта (European Transport Safety Council - ETSC), Глобално партнерство за безбедност саобраћаја (Global Road Safety Partnership - GRSP), Економска комисија Уједињених Нација за Европу (United Nations European Commission for Europe - UNECE), иницирале су креирање стандарда ISO 39001 са циљем дефинисања захтева везано за управљање стањем безбедности друмског саобраћаја.

Хронологија је текла тако што је пре нешто више од десет година основан ISO технички комитет 241 (ISO/TC 241), а већ 2012. године се појавила прва верзија стандарда ISO 39001 (ISO/FDIS 39001:2012, www.iso.org), при чему је у том периоду одржан низ конференција са циљем усаглашавања ставова у погледу дефинисања циљева овог стандарда, а сличне активности је спроводила и спроводи и радна група за имплементацију стандарда ISO 39001 (СРП 39001) у Србији.

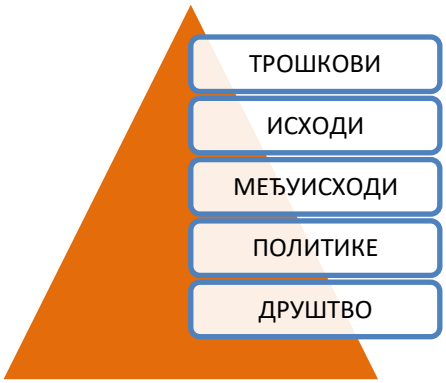
Циљ стандарда ISO 39001 је смањење броја професионалаца, односно радника који смртно страдају у саобраћају (Work Related Road Deaths – WRRD), тако што би се до 2020. године стање у безбедности саобраћаја требало да стабилизује и одржи на нивоу из 2010. године.

Наредни кораци подразумевају да се 2030. године број погинулих на раду у саобраћају смањи за 50% у односу на 2020. годину, а 2040. такође смањи за 50% у односу на 2030. годину и коначно да 2050. године не буде оних који су на раду смртно страдали у саобраћајним незгодама. Оно што је посебно важно истаћи, да после низа националних докумената у којима су дефинисани циљеви сагласно "Визији Нула", стандард ИСО 39001 представља први међународни документ са циљем нула погинулих у саобраћајним незгодама, а ефекти примене су потврђени и истраживањима (Johansson, 2012).

Са друге стране, када се говори о управљању стањем безбедности саобраћаја, незаобилазну технику представља бенчмаркинг, који се огледа у промовисању принципа преношења знања и искустава, као и примени добре праксе. Иако је већина бенчмаркинг студија у области безбедности саобраћаја глобалног карактера (јер се бенчмаркинг јединице не налазе у оквиру исте државе), бенчмаркинг безбедности саобраћаја се може дефинисати као „процес у коме субјекти евалуирају различите аспекте свог учинка/постигнућа у односу на друге субјекте, узимајући у обзир и примере "најбоље праксе".

Бројни су аутори који су се бавили оценом стања/нивоа безбедности саобраћаја, односно директно или посредно дефинисали технике које се успешно користе за потребе бенчмаркинга. Примера ради, Ал Хаџи је развио међународни индекс за оцену перформанси у безбедности саобраћаја (Al Haji, 2005, Al Haji, 2007), док су Вегман и Опе креирали основу за развој свеобухватног сета индикатора безбедности саобраћаја (Wegman and Oppe, 2010). Принципи бенчмаркинга у безбедности саобраћаја за одређену територију су такође били предмет истраживања (Пешић и др, 2013; КПА, 2014; АБС, 2016), а Агенција за безбедност саобраћаја Републике Србије је са Саобраћајним факултетом у Београду, током 2017. године реализовала Стуидију "Бенч маркинг система безбедности саобрћаја на националном нивоу, бенч маркинг институција и организација укључених у систем безбедности саобрћаја на националном нивоу".

Сигурно најважније референце у овој области представљају пројекти SUNflower (Koornstra и др, 2002) и SafetyNet (Hakkert и др, 2007; Thomas и др, 2009), засновани на пирамиди циљне хијерархије у безбедности друмског саобраћаја. На врху пирамиде се налазе укупни друштвено економски трошкови саобраћајних незгода. На другом нивоу су исходи саобраћајних незгода, исказани кроз број погинулих и повређених у саобраћајним незгодама. Трећи ниво представљају међуисходи, који се квантификују кроз индикаторе квалитета кључних компонената система безбедности (индикатори перформанси система безбедности саобраћаја). Ту спада безбедност путева, возила, безбедно понашање учесника у саобраћају и медицинско збрињавање. Претходни нивои формирају индикаторе исхода - стања безбедности, док програми и мере безбедности који су последица опште политике и стратегије безбедности саобраћаја представљају четврти ниво (извршење), а структура и култура (пети ниво) (Hermans и др, 2009).



Слика 2. Приказ нивоа у пирамиди безбедности саобраћаја

2. СТАНДАРД ISO 39001

Предмет рада стандарда ISO 39001 представљају услови за успостављање система управљања безбедношћу друмског саобраћаја који субјекту који га примењује омогућавају да утиче на смањење броја погинулих и повређених, тако што без обзира на врсту и величину организације, као и производе или услуге које дистрибуира:

- Побољшава перформансе у области безбедности саобраћаја;
- Успоставља, примењује, одржава и унапређује систем управљања безбедношћу саобраћаја;
- Обезбеђује сагласност и прилагођава утврђену политику пословања систему управљања безбедношћу саобраћаја, како би се остварила перманентна усаглашеност са стандардом ISO 39001.

Циљ примене стандарда ISO 39001 није да се дефинишу услови квалитета и техничких захтева у области саобраћаја (путева, саобраћајних знакова, возила, услуга служби за превоз путника и робе итд.), нити увођење једнобразности у структури система управљања безбедношћу саобраћаја, већ да се заједничком одговорношћу која је подељена између одговорних структура обезбеди испуњење претходно наведених циљева. Важно је напоменути да је неопходно поштовање концепта подељене одговорности када је реч о оцени и поређењу остварених резултата, како екстерно - међу организацијама и субјектима који буду спроводили овај стандард, тако и интерно – међу сегментима унутар организације који доприносе унапређењу у управљању стањем и системом безбедности саобраћаја.

Сектори и под-сектори стандарда ISO 39001

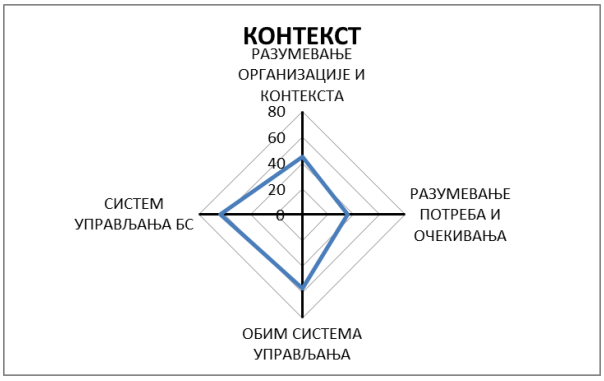
СЕКТОР	ПОД-СЕКТОР
КОНТЕКСТ	Разумевање организације и њеног контекста
	Разумевање потреба и очекивања
	Обим система управљања
	Систем управљања БС
РУКОВОЂЕЊЕ	Руковођење и посвећеност
	Политика
	Улоге/одговорности/овлашћења
ПЛАНИРАЊЕ	Општи део
	Акције за решавање ризика и могућности
	Фактори перформанси БС
	Циљеви БС и планирање њиховог постизања
ПОДРШКА	Координација
	Ресурси
	Компетентност
	Свест
	Комуникација
	Документоване информације
ОПЕРАТИВНОСТ	Планирање и контрола операција
	Спремност на хитно реаговање
УПРАВЉАЊЕ УЧИНКОМ	Праћење, мерење, анализа и процене
	Анализа саобраћајних незгода и саобраћајних инцидената
	Интерна ревизија
	Садржај извештаја-прегледа о управљању
ПОБОЉШАЊЕ	Контрола/корекција неусаглашености
	Остваривање сталног побољшавања

Поступак бенчмаркинга применом стандрада ISO 39001 представља оцену 150 припадајућих елемената, груписаних у 25 подсектора, како би се добиле оцене 7 основних сектора. Први сектор је контекст организације и улога безбедности саобраћаја у делатности субјекта.

Други сектор је лидерство тј. улога менаџмента у успостављању система безбедности саобраћаја и политике коју води на овом пољу. Трећи сектор се односи на планирање и постављање циљева у погледу управљања безбедношћу саобраћаја, док четврти сектор представља анализа и оцена подршке систему управљања безбедношћу саобраћаја у смислу ресурса, компентенција и других пратећих елемената. Пети сектор је везан за конкретне операције на пољу повећања безбедности саобраћаја, при чему се у шестом сектору спроводи евалуација перформанси и постигнутих резултата. Коначно, анализа последњег седмог сектора, указује на могућности унапређења система управљања безбедношћу саобраћаја. Сваки под-сектор у оквиру сектора се састоји од одређеног броја елемената (од 2 до 13), тако да је за сваки од тих елемената неопходно спровести оцењивање у којој је мери дати елемент комплеметаран захтеву ISO 39001 стандарда, односно у којој мери је испуњен у постојећем систему управљања безбедношћу саобраћаја. Оцене се дају у виду процената (од 0 до 100). Аритметичка средина оцена свих елемената једног под-сектора (E) даје оцену под-сектора (%E):

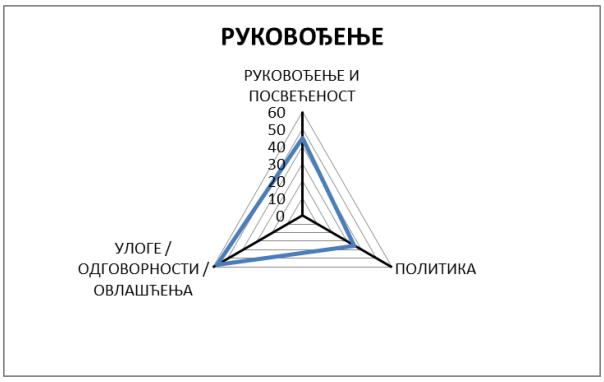
$$\%\mathrm{E} = \frac{\sum_1^n \mathrm{E}}{n},\ n = 1, 2, 3 \ldots \qquad (1)$$

У оквиру сектора КОНТЕКСТ, под-сектор "Разумевање организације и њеног контекста се анализира оценом три елемента: Идентификовање сопствене улоге организације у систему друмског саобраћаја, Идентификовање сопствених процеса/активности/функција са потенцијалним утицајем на БДС и Одређивањем редоследа и интеракције. Под-сектор "Разумевање потреба и очекивања" оцењује се кроз то да ли су идентификоване заинтересоване стране, да ли су захтеви тих страна испуњени и да ли се примењују захтеви стандарда ISO 39001. Трећи под-сектор у оквиру контекста организације " Обим система управљања" се анализира на основу размотрених интерних и екстерних проблема, захтева заинтересованих страна и проблема у вези планирања. Финални део, везан за систем управљања безбедношћу саобраћаја оцењује се анализом да ли је систем успостављен, одржаван и унапређиван, те да ли су процеси унутар система успостављени и побољшавани и да ли су испуњени захтеви стандарда ISO 39001.



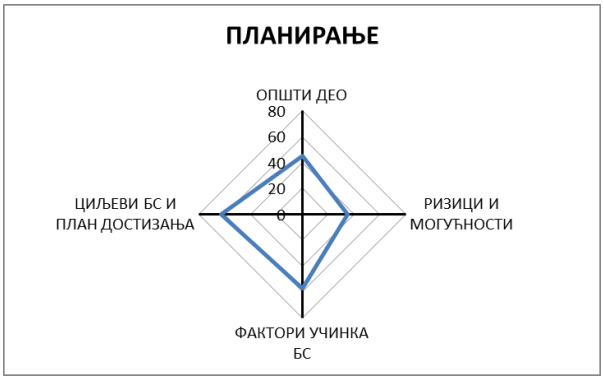
Дијаграм 1. Приказ примера оцена по под-секторима за сектор "Контекст"

У сектору РУКОВОЂЕЊЕ, први под-сектор је везан за руковођење и посвећеност и оцењује се тако што је потребно анализирати: политику и циљеве, интеграцију БС у пословни процес, доступност ресурса за БС, постављање циљева, сарадња (партнерство) са заинтересованим странама, примена процесног приступа, давање приоритета стратешким циљевима како би се утицало на исходе, комуникациони значај БС, фокусирање на резултате, усаглашеност законских норми, обезбеђивање ефективности система БС, континуално побољшавање и подржавање менаџера да покажу лидерску улогу. Политика организације, као други под-сектор, оцењује се кроз сврсисходност, кроз оквир за постављање циљева БС, кроз посвећеност испуњавању захтева и напретку у континуитету, као и кроз доступност свим заинтересованим странама. Коначно, улоге одговорних и овлашћених се посматрају кроз анализу да ли је осигурана прилагођеност стандарду ISO 39001 и да ли се о остваренoм учинку извештава топ-менаџмент.



Дијаграм 2. Приказ примера оцена по под-секторима за сектор "Руковођење"

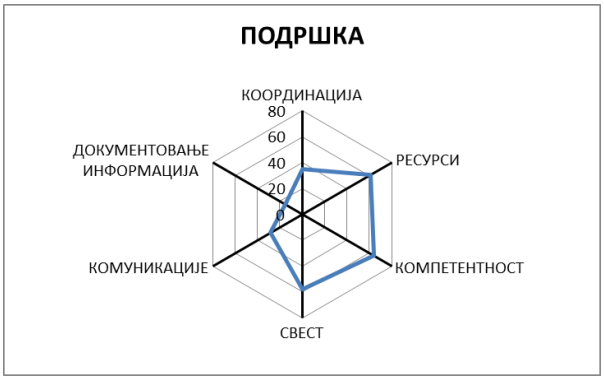
ПЛАНИРАЊЕ као трећи сектор се састоји од четири под-сектора. Први – општи под-сектор оцењује се на основу анализе колико се процеси одражавају на контекст субјекта, колики је тренутни учинак и какви су процењени утицаји у будућности. Ризици и шансе односно могућности процењују се на основу оцене да ли је обезбеђено да систем БДС постиже жељене резултате, да ли постоји превенција/смањење нежељених ефеката, да ли је остварено стално побољшање, да ли су активности интегрисане у систем БДС и да ли је извршена процена ефективности тј. успешности спроведених активности. Трећи под-сектор – "Фактори учинка система БС" захтева детаљнију анализу па је потребно размотрити чак тринаест елемената, и то: изложеност ризику - пређени пут и обим саобраћај, изложеност ризику - обим производње/услуга, коначни исходи о безбедности саобраћаја изражени у броју погинулих и повређених, пројектовање пута и безбедне брзине, да ли се користе одговарајући путеви, да ли се користи опрема за личну безбедност, вожња безбедном брзином, оспособљеност возача, планирање безбедног путовања, безбедност возила, одговарајућа дозвола за вожњу одговарајуће категорије возила, уклањање – искључивање возача/возила који се не уклапају у систем безбедности саобраћаја и време реаговања након саобраћајне незгоде. Последњи под-сектор у оквиру планирања односи се на ниво испоручивања циљева система БДС који се утврђује на основу доследности спровођења политике БДС, мерљивости циљева БДС, могућности праћења циљева БДС, успостављене комуникације према свима, ажурираности по потреби, документовања, јасноће будућих корака (активности), анализе потребних ресурса, дефинисања одговорности, дефинисања рока за испуњење циљева и оцене начина како ће резултати бити процењивани.



Дијаграм 3. Приказ примера оцена по под-секторима за сектор "Планирање"

За оцену четвртог сектора - "ПОДРШКА" неопходна је евалуација шест под-сектора. Координација се оцењује тако што се посматра ниво координације са свим нивоима запослених, са заинтересованим странама, али и нивои консултација унутар и изван анализираног субјекта.

Ресурси се оцењују тако што се посматра да ли је познато да ли су ресурси расподељени, као и да ли постоји план расподеле ресурса конкретног субјекта. Компетентност је од посебног значаја па је потребно проценити да ли су дефинисане компетенције захтеване системом управљања БС.Следећи корак у погледу компетентности је анализа да ли контролори БС имају потребну компетентност, да ли се компетентности унапређују тамо где је то потребно и где је уочено и да ли су те компетенције документоване (сертификатима, дипломама и сл.). Свесност о значају система управљања БС прати се кроз постојање свести релевантног особља о политици БС, о користима од побољшања БС, о последицама неусаглашености, као и лекцијама које су научене из саобраћајних незгода.



Дијаграм 4. Приказ примера оцена по под-секторима за сектор "Подршка"

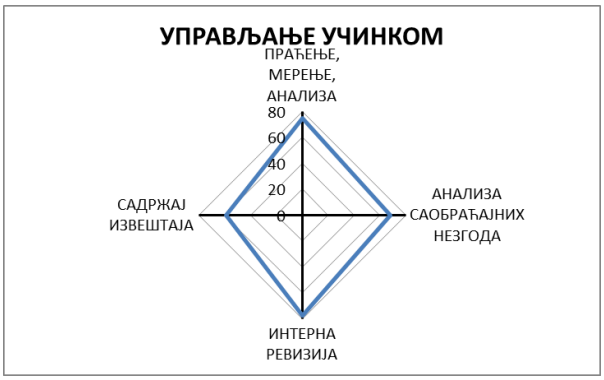
Комуникације су један од суштинских елемената стратешког менаџмента, па је потребно оценити о чему, када и са ким је потребно комуницирати, као и који су то процеси на свим нивоима и за заинтересоване стране, а посебно промоција усредсређености на унутрашњем и спољашњем нивоу према резултатима. Све информације морају бити документоване, те је потребно оценити да ли су документоване: информације захтеване стандардом ISO 39001 и информације неопходне за ефективно управљање БДС.

Посебно је важно истражити да ли све документоване информације имају одговарајућу идентификацију и опис, да ли су у одговарајућем формату и да ли имају рецензију и сагласност по питању одрживости и адекватности. Осим наведеног прате се и следећи елементи: Да ли су документоване информације БДС доступне и погодне за употребу, да ли су информације адекватно заштићене, да ли су подаци доступни и употребљиви, да ли се информације складиште и чувају на адекватан начин, да ли постоји добра контрола верзија (контрола измена и допуна), Задржавање и одлагање информације и да ли су спољашње информације препознате и контролисане.

Пети сектор "ОПЕРАТИВНОСТ" се оцењује кроз два под-сектора, планирање и контролу операција и кроз спремност на хитно реаговање. Планирање и контрола операција подразумева процену да ли су успостављени критеријуми за реализацију процеса, да ли су имплеметирани критеријуми за контролу процеса, да ли је примљена информација о коректно примењеним критеријумима, да ли се планиране промене контролишу и прате, да ли се спроводи контрола процеса у којима су ангажовани спољни извођачи. Други под-сектор – "Спремност на хитно реаговање" подразумева анализу одзива у

циљу избегавања или ублажавања последица код страдалих и преглед процедура везаних за бригу о жртвама.

Претпоследњи, шести сектор анализира на који начин се управља перформансама и врши евалуацију. Први под-сектор се бави праћењем, мерењем, анализама и евалуацијом и подразумева добијање одговора на следећа питања: шта пратити/мерити, које методе користити, када би требало обављати праћење/мерење, када би требало анализирати и процењивати резултате, да ли се документација чува као доказ, процена учинка и ефективности БС и да ли постоји периодично оцењивање усаглашености захтева.



Дијаграм 5. Приказ примера оцена по под-секторима за сектор "Управљање учинком"

Анализа саобраћајних незгода и инцидената, као други под-сектор, се односи на процедуре праћења и анализе саобраћајних незгода, идентификовање основних фактора који се контролишу, уочавање потребе за корективним мерама, идентификовање могућности за примену превентивних активности, правовремене анализе и примену процедура за спровођење корективних активности намењених унапређењу БС. "Интерне ревизије" као други под-сектор оцењују се на основу одговора на питања о примени ових ревизија у планираним интервалима, прилагођавања система управљања БС захтевима самог субјекта и захтевима ISO 39001, као и оцени да ли је систем БС ефективно реализован /одржаван, да ли су успостављени програми ревизије, да ли су за сваку ревизију дефинисани критеријуми и обим рада, да ли су ангажовани независни ревизори, да ли су резултати ревизије предочени релевантном менаџменту и да ли се чувају документи о ревизији као доказ.

Анализа садржаја извештаја, односно прегледа управљања према стандарду ISO 39001 оцењује се на основу тога да ли топ-менаџмент разматра систем БС, да ли су познати статуси претходних разматрања, да ли се унутрашње и спољашње промене одражавају на БС, да ли су предузете активности по добијању информације о неусклађености, да ли се прати ефективност резултата, да ли су проверени резултати претходних ревизија и усалгашености, да ли су размотрене могућности за континуалан напредак, да ли постоји комуникација са заинтересованим странама, укључујући и притужбе да ли се спроводи анализа саобраћајних незгода и других инцидената/конфликата.

Оцена сектора ПОБОЉШАЊЕ захтева анализу два под-сектора. "Контрола/корекција неусаглашености" се оцењује на основу контроле и отклањања неусаглашености, свесности и ангажовања у вези последица неусаглашености, извештавања тела за БС у циљу процене потребе за предузимањем активности, утврђивања узрока неусаглашености и могућности настанка будућих неусаглашености, примене активности по потреби, подношења извештаја о ефективности спроведених активности, промена у систему управљања БС по потреби, праћења и чувања докумената о активностима и остварeним ефектима тела за безбедност саобраћаја, разматрању и унапређењу политике БС. "Остваривање сталног побољшавања", као други под-сектор у оквиру сектора "Управљање учинком" може се проценити на основу анализа и унапређења постојећих политика БС, анализа и модификовања циљева, разматрања и ажурирање крајњих циљева, разматрања резултата ревизије, анализа праћених догађаја, анализе корективних или превентивних мера и периодичних анализа о управљању БС.

3. ДИСКУСИЈА

Применом стандарда ISO 39001, се на релативно једноставан начин могу утврдити остварени нивои у погледу управљања стањем безбедности саобраћаја, при чему је једна од најважнијих одлика та што се не утврђује само оцена стања, већ се указује и на конкретне сегменте у виду под-сектора, који услед слабијих резултата захтевају примену корективних мера.

Дијаграм 6. Приказ примера оцена по секторима субјекта "А"

Дијаграм 7. Приказ примера оцена по секторима субјекта "Б"

Поред тога, када се претходно описани поступак периодично понавља, могуће је пратити ефекте примењених мера, како свеобухватно за посматрани субјект, тако и по под-секторима. Наравно, сличну анализу је могуће спроводити и по сваком од 150 елемената из којих се састоји процедура за утврђивање стања у вези управљања безбедношћу саобраћаја, те спроводити даље анализе које доносиоцима одлука могу помоћи како би био остварен најбољи однос улагања и користи.

Применом одговарајућих графичких приказа (Дијаграм 1 и Дијаграм 2), на једноставан начин је омогућена анализа и праћење успешности у погледу управљања безбедношћу саобраћаја, без обзира да ли се ради о бенчмаркингу међу различитим субјектима или се посматра интерни бенчмаркинг истог субјекта кроз различите временске периоде.

4. ЗАКЉУЧАК

Резултати које на пољу управљања безбедношћу саобраћаја остварују најразвијене земље, а посебно тренд смањења броја погинулих у саобраћају, без обзира на све већу мобилност становништва и већи број возила, показују да примена одговарајућих техника, уз свеобухватан и системски приступ, доприноси унапређењу нивоа безбедности саобраћаја. Бенчмаркинг у безбедности саобраћаја подразумева стално, односно периодично мерење, праћење, анализу и компарацију релевантних показатеља како би се промене у тренутним пресецима стања могле анализирати, те извлачити одговарајући закључци у погледу ефеката мера које су примењене.

Стандард ISO 39001 се може веома успешно применити у бенчмаркингу безбедности саобраћаја, јер се на једноставан начин идентификују снаге и слабости посматраног система, како по секторима, тако и под-секторима. Поред тога, на основу оцене перформанси система и њиховог упоређивања могу се дефинисати реперне тачке како би се пратило и унапређивало стање безбедности саобраћаја, што указује на практичност овог стандарда јер представља очигледну помоћ доносиоцима одлука у процесу управљања.

У будућности се може очекивати да овај стандард постане незаобилазан услов који мора бити испуњен уколико се жели бити конкурентан на тржишту, што обухвата и учешће на међународним пројектима и конкурсима за унапређење безбедности саобраћаја.

5. ЛИТЕРАТУРА

Агенција за безбедност саобраћаја (2016). Бенчмаркинг безбедности саобраћаја на локалном нивоу и успостављање система безбдности саобраћаја у локалним самоуправама.

Al Haji, G. (2005) Development of an International Index to Measure Road Safety Performance, Linköping Studies in Science and Technology, Norrköping, Sweden.

Al-Haji, G. (2007). Road Safety Development Index (RSDI) Theory, Philosophy and Practice. Dissertation No. 1100, Department of Science and Technology, Linköping University, Sweden.

Antić, B., A. Ross, M. Vujanić (2014) Implementation of the ISO39001 for benchmarking in traffic safety, IX International Conference ROAD SAFETY IN LOCAL COMMUNITY, Proceedings pp. 67-72, ISBN 978-86-7020-275-7, Zajecar 2014.

Antić, B., Pešić, D., Lipovac, K., Vujanić, M.: Benchmarking of the road safety system as a precondition for the strategic development in traffic, Invited paper – Symposium: Strategic Development of the Traffic in the Southeast Europe, Proceedings pp. 123-130, ISBN 978-9940-575-24-3, Budva – Montenegro

Hakkert, A.S., Gitelman, V. and Vis, M.A. (Eds.). (2007). Road Safety Performance Indicators: Theory. Deliverable D3.6 of the EU FP6 project SafetyNet.

Johansson, M. (2012) ISO 39001 road traffic safety (RTS) management systems – experiences from early adopters in the Swedish transport industry", Swedish Association of RT Companies.

Koornstra, M., Lynam, D., Nilsson, G., Noordzij, P., Petterson, H.-E., Wegman, F., and Wouters, P. (2002). SUNflower: a comparative study of the development of road safety in Sweden, the United Kingdom, and the Netherlands. SWOV Institute for Road Safety Research / Transport Research Laboratory TRL / Swedish National Road and Transport Research Institute VTI. Leidschendam / Crowthorne / Linköping.

Криминалистичко-полицијска академија (2014). Метод бенчмаркинга (Бенцхмаркинг) институција безбедности саобраћаја у локалним самоуправама у Републици Србији, стратешки значај и потенцијал.

Pesic, D., Vujanic, M., Lipovac, K., Antic, B. (2013): New method for benchmarking traffic safety level for the territory, TRANSPORT Vol. 28(1), 69-80.

Thomas, P., Yannis, G., Duchamp, G., Vis, M., Jahi, H., Vallet, G. & Dupont, E., (2009). SafetyNet Final Activity Report, the EU FP6 project SafetyNet.

Саобраћајни факултет у Београду (2103) Пројекат: Методе праћења индикатора безбедности саобраћаја у Србији и њихов значај за стратешко управљање безбедношћу саобраћаја, Агенција за безбедност саобраћаја, Београд.

Wegman, F., Oppe, S. (2010). Benchmarking road safety performances of countries. Safety Science 48 (9), 1203-1211.

Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет, Агенција за безбедност саобраћаја (2017). Бенчмаркинг система безбедности саобраћаја на националном нивоу, бенчмаркинг институција и организација укључених у систем безбедности саобраћаја на националном нивоу.

WHO (2011) Decade of Action for Road Safety 2011-2020.

WHO (2018) Global Status Report on Road Safety.

www.iso.org, ISO/FDIS 39001:2012

www.iso.org, ISO/FDIS 39001:2017.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

SEMANTIC MODELING URBAN TRANSPORT SERVICES

SEMANTIČKO MODELOVANJE URBANE TRANSPORTNE USLUGE

Milorad Banjanin[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Philosophy Pale, Alekse Šantića 1, Pale 71420, Bosnia and Herzegovina, milorad.banjanin@ff.ues.rs.ba*

Abstract: *New horizons in the areas of traffic, transport and communications inevitably illuminate the domains of services which individual designers, manufacturers and service providers offer their customers. The customer is the central entity of the service which is why the modeling of the customer type and the service itself inevitably requires a semantic component as well. Conventionally, urban transport service is a construct or composite concept that integrates customer input, their expectations and requirements that give to the transport provider, the mechanisms for access to and delivery of service, resources and roles responsible for delivery, safety requirements and other parameters. Research on semantic modeling of urban transport services involves multimodal communication between human and software agents. This points to the fact that in addition to contentual, contextual parameters of the service are also very important.*

The role of semantic modeling is to extend the traditional modeling approaches, which are mainly at the conceptual level, to the external or contextual level of information processing. The essence of semantic modeling of information resources (data, information and knowledge) is in the data models which are annotated with metadata. Thus, the semantic dimension of urban transport services modeling is important due to the fact that in addition to algorithmic structures, data representation models are used in the implementation as a form of knowledge.

In the semantic modeling of urban transport user profile concepts of customers knowledge are used as a cognitive continuum stored in long-term and working memory, and the entities are: data, information, possessing knowledge, applied knowledge, intelligence, wisdom and when receptors memoery is included, the capacity to share knowledge in network contexts is copleted. Their attributes are: type of learning, performance focuses, time perspective of learning and awareness.

The extension of the mechanism for access and delivery of urban transport services in the chain of technologies involved, also includes the Semantic Web technology that allow data linking and use of commom formats to integrate and combine data from different sources. In addition metadata enables software agents to interpret, i.e. to understand the linked data by using a common language to describe them, which is a prerequisite for effective and efficient multidimenzional urban transport service.

Key words: *urban transport services, customer profile, continuum of human knowledge forms and their parameters, data representation models, models of knowledge representation, semantic modeling, multiagent communication, technologies of the Semantic Web*

Apstrakt: *Novi horizonti u oblastima saobraćaja, tansporta i komunikacija neminovno osvetljavaju domene usluga koje pojedini dizajneri, proizvođači i provajderi pružaju njihovim korisnicima. Korisnik je centralni entitet usluge zbog čega modelovanje tipa korisnika i same usluge neizbežno zahteva i semantičku komponentu. Konvencionalno je urbana transportna usluga konstrukt ili kompozitni koncept koji integriše ulazne podatke o korisnicima, njihovim očekivanjima i zahtevima koje daju transportnom provajderu, mehanizme za pristup i isporuku usluge, resurse i uloge odgovorne za isporuku, sigurnosne zahteve i druge parametre. Istraživanje semantičkog modelovanja urbane trnsportne usluge uključuje multimodalnu komunikaciju ljudskih i softverskih agenata. To ukazuje na činjenicu da su pored kontentnih-sadržajnih veoma bitni i kontekstualni parametri usluge.*

Uloga semantičkog modelovanja je da tradicionalne pristupe modelovanju, koji su pretežno na konceptualnom nivou proširi na spoljašnji ili kontekstualni nivo informacione obrade. Suština semantičkog modelovanja informacionih resursa (podataka, informacija i znanja) je u modelima podataka anotiranih sa metapodacima. Dakle, semantička dimenzija modelovanja urbane transportne usluge je važna zbog činjenice da se pored algoritamskih struktura u implementaciji koriste i modeli predstavljanja podatka kao oblika znanja.

U semantičkom modelovanju profila korisnika urbane transportne usluge koriste se koncepti korisničkog znanja kao kognitivnog kontinuuma uskladištenog u dugoročnoj i radnoj memoriji a entiteti su: podaci, informacije, posedujuće znanje, primenjeno znanje, inteligencija i mudrost a kada se uključi i receptorska memorija kompletira se kapacitet za deljenje znanja u mrežnim kontekstima. Njihovi atributi su: tipovi učenja, performansni fokus, vremenska perspektiva učenja i nivo svesti.

Proširenje mehanizma za pristup i isporuku urbane transportne usluge u lancu involviranih tehnologija čine i tehnologije semantičkog veba koje omogućuvaju povezivanje podataka i upotrebu zajedničkih formata za integraciju i kombinovanje podataka iz različitih izvora. Pored toga metapodaci omogućavaju sofverskim agentima interpretiranje tj. razumevanje povezanih podataka upotrebom zajedničkog jezika za njihov opis što je neophodan uslov za efektivnu i efikasnu višedimenzionalnu urbanu transportnu uslugu.

***Ključne reči**: urbana transportna usluga, profil korisnika, oblici kontinuuma ljudskog znanja i njihovi parametri, modeli predstavljanja podataka, modeli predstavljanja znanja, semantičko modelovanje, multiagentna komunikacija, tehnologije semantičkog veba*

1. UVOD

1.1 Polazna ideja i predmet istraživanja

Polazna ideja za ovaj rad sadržana je u poznatom citatu „Gete o sebi":„Sakupljao sam i iskorištavao sve što sam video, čuo, opazio. Moja dela su uzimala hranu od hiljada različitih osoba, od neznalica i mudraca, od duhovitih ljudi i glupaka, od detinjstva, zrelog doba i staračkih godina, sve što je nailazilo i nudilo mi svoje misli, sposobnosti, svoje nade, svoj način života; često sam žnjeo ono što su drugi posejali, moje delo je zbirna tvorevina, a ime joj je Gete." (www.znanje.org, 20.10.2019). U ovoj izjavi, Gete, kao genijalni pisac, pesnik, naučnik, političar i filozof, sklon "naučno-objektivnom pogledu na svet" i opčinjen svetlošću, (jer je pre nego što je izdahnuo, uzviknuo: "Svetlosti...Još više svetlosti!") kao da je "zbirno" ukazao na značenja ireverzibilnih procesa koji se najlakše objašnjavaju strelicama vremena. Jer, vreme kao jedna iz skupa osnovnih fizičkih veličina je i resurs života koji neprekidno teče u jednom smeru (troši se nepovratno). Prema (Moritz Helmut, 1994) pet glavih strelica vremena označavaju smerove tokova za biološke, istorijske, psihološke, kosmičke evolucijske procese i najverovatnije porast vrednosti nekih izvedenih fizičkih veličina (brzine, ubrzanja, energije, temperature, entropije, sile, snage, ..), Tako termodinamička strelica označava stalan rast entropije i zasniva se na izrazitoj nepovratnosti statističke mehanike. Biološka strelica označava povećanje biološke informacije koju sadrže geni–strelica je biološkog života, od rođenja do smrti, kao i strelica evolucije sa suprotnim karakterom od termodinamičke strelice, iako pokazuje isti smer. Istorijska strelica označava značajno povećanje informacija, rast znanja zapanjujućom brzinom a blisko je povezana sa biološkom. Nepoznata budućnost postaje sadašnjost pa zatim i prošlost, koju proučavaju istoričari, arheolozi, paleontolozi. Psihološka strelica označava subjektivni tok vremena– povezana je sa biološkom strelicom, istorijskom (povećavanje informacija i u našem mozgu), i možda čak i sa termodinamičkom strelicom ako se uzme u obzir da računari obrađuju podatke i uz utrošak energije. Subjektivni tok vremena zasnovan je na singularnim a ne univerzalnim činjenicama jer se ponekad pod činjenicama podrazumevaju „izvesno jasno razgraničeni elementi u čulnom opažanju", ili „stavovi kojima se interpretira ono što je sadržano u čulnom iskustvu". Kosmička strelica ozačava širenje svemira jer postoji i kosmička evolucija praćena hemijskom evolucijom a u novije vreme je ubrzana i teheološkom ekspanzijom.

Dinamične promene brojnih prirodnih fenomena i pojava ali i arsenal novih tehnoloških izuma i inovacija koje ubrzano menjaju život ljudi na zemlji i u celom kosmosu ukazuju da je u analizi novih horizonata, opravdano, pored pet glavih dodati i šestu- tehnološku strelicu vremena. Ona označava porast ubrzanja integracije ljudskog znanja, veština i kreativnosti sa prirodnim i kompozitnim materijalima koji se ubrzano stvaraju, sa operacijama, akcijama i aktivnostima koje se brzo uče, sa metodama, tehnikama i instrumentima transformacije procesnih inputa u oupute koji se vide, čuju i opažaju u ponašanju i zadovoljstvu ljudi. Za objašnjenje značaja poimaja tehnološke strelice vremena u razumevanju savremenih tokova ljudi, roba, podataka i usluga treba se podsetiti događaja koji u pratili višegodišnje stvaranje izuma-(pronalaska, usavršavanja i patentiranja) telefona. Pravne norme su taj izum pripisale Aleksandru Grejam Bell-u, u svetu nauke priznatom istraživaču, inovatoru, autoru referentnog naučnog dela "Mehanizam govora". Objašnjavajući patentirani izum, Bell je u svojoj ekspertizi postavio tri teze o budućoj upotrebi telefona: 1. u državnoj upravi, 2. u general-štabovima moćnih armija i 3. u stanovima pojedinaca. Ekspertna komisija koja je ocenjivala Belove teze prihvatila je prvu tezu, jer je dokazana praktičnom demonstracijom; za drugu tezu je dala probablističku prognozu- ("možda" će se koristiti u komandovanju vojnim operacijama); dok je treću tezu bezrezervno odbacila. Nije teško pretpostaviti kakva bi ocena te ekspertne komisije bila u slučaju da je Bell, u to vreme,

predvideo ne samo "ulazak telefona u stanove pojedinaca" već i u njihove džepove a tek i u bio-lokacije čovekovog tela.

Dakle, objašnjenje značenja strelica vremena u konekciji sa citiranom Geteovom izjavom, ima za cilj da se naglasi potreba novog pristupa u građenju misli, sposobnosti, načina života i semantičkog modelovanju "zbirne tvorevine" koju zovemo urbana tanspotna usluga (UTU), koja je predmet istraživanja u ovom radu. UTU se posmatra kao "zbirna tvorevina" kompleksnih interakcija čoveka, organizacije, tehnologije i okoline. Ona se vidi, čuje i opaža, ona uvezuje misli, nade, želje, očekivanja i sposobnosti hiljada različitih ljudi koji po biološkoj strelici imaju razvoj svesti tokom života od nivoa osećajne do nivoa univerzalne.

U opštem slučaju, ljudi, kao korisnici usluga ispostavljaju zahteve "okolini" za omogućavanje "načina života" uređenog po standardima totalnog kvaliteta usluga. Zbog toga atribut "urbana" ne ozačava konvencionalni "fizički transport u transportnim sredsvima" i u prostorima urbanih naselja već mnogo kompleksniju strukturu sa semantičkim dimenzijama. Te dimenzije se generišu iz razuđenog polja naučnih disciplina koje čoveka analiziraju kao biće koje govori (lingvistika, govorne tehnologije komunikacija), želi i oseća (psihoanaliza, neurologija), proizvodi i troši (tehnologija, ekonomija, kulturna antropologija), živi u grupi (sociologija, komunikacije u socijalnim mrežama), upravlja ili je u fokusu upravljanja (menadžment, organizacija, pravne i političke nauke), uči ili podučava (psihologija, pedagogija-didaktika, informaciono-komunikacione tehnologije i bioinformatika), istražuje i eksperimentiše, (nauka o podacima, statistika, metodologija, biohemija, biofizika, informacioni inženjering) kreira, dizajnira (arhitektura, urbanizam, marketing, računarski sistemi), i razvija materijalnu i nematerijalnu imovinu (inženjering, primenjene nauke), izvodeći manje ili više kompleksne socijalne, ekonomske, tehnološke, interpersonalne ili mrežne komunikacione interakcije.

Zbog toga je potrebo UTU posmatrati u višedimenzionalnom kontekstu sofisticiranog portfolia tansportnih proizvoda kao njegov imanentan deo ali čije kreiranje, stvaranje, izvršenje i korištenje nije u nadležnosti samo jedne kompanije, firme ili agencije već brojnih funkcionalnih celina sa kompleksnim interakcijama čoveka, organizacije, tehnologije i okoline u toj "zbirnoj tvorevini"

1.2 Totalna komunikacija i personalne komunikacione mreže u UTU

Čovek, koji je u centru UTU, praktično koristi multimodalnost totalne komunikacije u višedimenzionalnim kontekstima, što znači da „totalna komunikacija" ne obuhvata samo govor, razgovor, pregovor, slušanje, pisanje, čitanje, razmišljanje, zaključivanje, odlučivanje, već i svaki pogled, pokret, gest, govor tela i facijalne ekspresije, paralingvističke tonove, dodirne i vizuelne kontakte, emocionalne kodove, uzdisaje i uzbuđenja, misao, želju, osećaj, stav, prostorni položaj, situacioni kognitivni fokus i radijus kontekstualnosti, razumevanje reakcija, iskazivanje ljutnje ili mržnje, zadovoljstva ili radosti, ravnodušnosti ili zainteresovanosti, odsutnosti ili mobilnosti....(Banjanin, 1999, 2008). Zbog toga je pored Shenon-a (1948), koji je razvio Matematičku teoriju digitalne komunikacije sa fokusom na koncept signala, u semantičkom modelovanju potrebno uključiti i nalaze teoretičara komunikacije među kojima su (Banjanin, 2007):Festinger-1957; Carlsmith-1959; Aronson i Mills-1959; Kuli, -1964; Sarah Trenholm-1991; Katherine Miller-2005;i niz drugih) koji sa svojim shvatanjima posmatraju komunikaciju kao ljudski fenomen, kroz mnoštvo koncepata (simbol, značenje, proces, moć, uloga, odnosi, i dr). Mnogi autori se ograničavju na proučavanje koncepata koji koleriraju sa pet karakteristika komunikacije: sadržajnost, dinamičnost, proaktivnost, interaktivnost i ireverziblnost. Međutim, proces komunikacije je neodvojiv od konteksa pa je neizbežno na prethodnih pet karakteristika dodati i šestu a to je kontekstualnost. Dakle, multimodalnost totalne komunikacije se prostorno i vremenski ostvaruje u neprekidnom vremenskom toku sa elementarnim, prostim, složenim ili kompleksnim procesnim strukturama prenosa, predstavljanja, razmene i deljenja materijalnih, energetskih i informacionih sadržaja, između učesnika-komunikacionih agenata u višedimenzionalnim kontekstima. Pored ljudi, komunikacioni agenti su i inteligentni softverski agenti koji podržani tehnologijama veštačke ineligencije imaju karakteristike: autonomnosti (u sprovođenju akcija iz njihovog unutrašnjeg stanja i funkcionisanje bez intervencija ljudi i uz kontrolu nad sopstvenim akcijama), reaktivnosti (na promene u njihovom okruženju, npr. reaguju na informacije primljene od korisnika ili fizičkih senzora u određenom vremenu), proaktivnosti (pored reagovanja na promene u okruženju, oni nastavljaju sa individualnim procesima i preduzimaju inicijativu u predočenim aktivnostima koje nisu direktno izazvane promenama u okruženju), i socijalne sposobnosti (sposobnost komunikacije sa drugim agentima (ili ljudima) je fundamentalna u softverskom agentu).

Proširenje vidnog polja novih horizonata u saobraćaju i komunikacijama danas posebno utiče na porast moći transporta pojedinih entiteta (ljudi, objekata/roba, proizvoda/usluga, podataka…) "lociranih" u čvorovima povezanim linkovima u transportne mreže. Njihov bitan segment su personalne mreže (PN) koje predstavljaju

"mobilan sistem međusobno povezanih heterogenih personalnih uređaja, ne samo onih u neposrednoj blizini korisnika, već i onih na udaljenim lokacijama". PN su praktičan primer integrisane strukture informacionih tehnologije (IT), (koje se ne bave samo obradom podataka i informacionim inženjeringom već i multidisciplinarnim aspektima istraživanja i analize otvorenih i povezanih otvorenih podataka, tehnologijama računarstva u oblaku (cloud computing), kontekstualnog računarstva, semantičkog veba, veštačkih neuronskih mreža) i stalno napredujućih komunikacionih tehnologija (KT), koje kao IKT doprinose širenju celog kosmosa. Ali, UTU nije samo tehnološki i tržišni proizvod transportnog portfolia nastao kao integrisana celina u interakcijama divelopera ideja, dizajnera, izvođača ili provajdera usluga sa tehnološkim mehanizmima za pristup i isporuku usluge, resursima i ulogama odgovornih za isporuku i sigurnosne zahteve već je i tvorevina semantičkog modelovanja. u kome se integrišu ulazni podaci o korisnicima sa njihovim očekivanjima i zahtevima ostvarenim u formi zadovoljstva i porasta nivoa svesti.

2. MATERIJALI I METODE MODELOVANJA

2.1 Mentalni, konceptualni i modeli znanja

Većina istraživača modela i modelovanja ističe da se "modeli sastoje od kolekcije elemenata koji opisuju stvarnu ili fizičku, apstraktnu ili hipotetičku realnost". Modeli se posmatraju kao materijalni (opisuju fizičke entitete) i formalni (izražavaju formu ili strukturu fizičkih entiteta i procesa bez referiranja na specifične objekte ili svojstva, tj. neutralni su u pogledu svoje specifične primene). Dok su formali modeli sintaksičke strukture (na primer računarski program za analitičko istraživanje strukture mozga) materijalni modeli su u suštini semantički, jer fokusiraju i realne i apstrakte entitete. Samo modelovanje se može posmatrati kao mehanizam za savladavanje kompleksnosti nekog sistema iz realnog sveta a određivaje polazog nivoa apstrakcije definiše stepen opštosti modela i potencijal kreiranja konkretnih primeraka (uzoraka). Konkretni primerci, generisani na osnovu modela, moraju dovoljno dobro odslikavati karakteristike sistema realnog sveta iz kojih je model, procesom apstrahovanja, izveden. Sa filozofskog aspekta, sam proces mišljenja predstavlja modelovanje pa je razmena usaglašenih modela između ljudi, između udaljenih računara u računarskim mrežama ili između ljudi i računara, ključni element savremene komunikacije.

Razumevanje elemenata realnog sveta predstavlja osnovni izazov istraživača čiji je cilj „spoznavanje odnosa koje realni svet i ljudsko poimanje istog imaju na formiranje mentalnog sklopa-modela pogodnog za problemski način razmišljanja". Mentalni model je kognitivna struktura koja nastaje, evoluira i funkcioniše saznavanjem kroz opažanje, percepciju, pažnju, razmišljanje, učenje, pamćenje, zaključivanje, donošenje odluka za akciono delovanje i omogućava predstavljanje znanja u svesti o stvarnom svetu i predviđanje ponašanja u njemu. Mrežna struktura koncepata, pojmova, termina, koji se formira pri kreiranju pojedinih entiteta domenskog znanja-definicija, aksioma, teorema, naučnih principa i zakona, teorija i dubokih teorija koje se odnose na određenu temu, oblast problema ili predmet istraživanja predstavlja konceptualni model. Kada se u mreži koncepata/pojmova fokusira njihovo razumevanje i relacije između njih dobija se semantički model.

U nauci, suština semantičkog tumačenja ili razumevanja pojmova i njihovih relacija je „doslovna interpretacija naučnih tvrdnji o realnim i apstraktnim entitetima, procesima, svojstvima i relacijama koje predstavljaju znanje o svetu u kome su oni opažljivi ili neopažljivi". Sa terminološkog aspekta "o definiciji znanja nema konsenzusa" pa su mnoge interpretacije pojma znanje individualne prirode. Među njima najširu primenu ima Platonova kojom se ističe da se "znanje može smatrati kao opravdano istinito verovanje". U istraživanju znanja nastali su brojni modeli znanja koji su u suštini semantički modeli jer "semantika interpretira aspekte značenja koji su izraženi u jeziku, kodu ili u nekom drugom obliku predstavljanja u modelima znanja koji zadovoljavaju kriterijume lingvističke tačnosti, empirijske tumačljivosti, reprezentativnosti ili potpunosti obuhvata činjeničnog polja i semantičke jednostavnosti".

Hillpinen R. (1980) modeluje znanje kao matematički koherentan naučni sistem u kome su bitni kodni elementi:

- subjekat saznavanja a koji nešto zna ili ne zna, koji zadovoljava ili nezadovoljava datu definiciju;
- predmet sazavanja ili sadržaj p odnosno bilo koja propozicija, tj. izjavna rečenica kojom se nešto tvrdi ili poriče;
- relacija r koja se pripisuje sadžaju p u obliku formule

$$K_a p = p \ \& \ B_a p \ \& \ E_a p,$$

čija je semantička intepretacija: subjekat saznanja a zna neko p (Kap) ako i samo ako je p istinito i a vjeruje u p (Bap) i a ima adekvatne dokaze za p (Eap).

Dokazi predstavljaju razlog zbog koga a prihvata p. To su propozicije iz baze znanja saznajnog subjekta a iz kojih se primenom pravila zaključivanja izvodi zaključak da se p može priključiti pomenutoj bazi. Istinito prihvatanje još uvek nije znanje, jer ono može biti slučajno istinito. Ako a prihvata p koje je slučajno istinito to ne znači da a zna p.

Polanyi (1962) "modeluje" tacit (implicito) znanje koje je u glavama ljudi, karakterišući ga teškim za interpretiranje i kodiranje. Na sličan način, Davenport i Prusak (1998,) ističu: „Znanje je fluidna mešavina uokvirenog iskustva, vrednosti, kontekstualnih informacija i ekspertskog uvida, koja obezbeđuje okvir za procenu i uključivanje novih iskustava i informacija. Izvorno nastaje i koristi se u glavama ljudi znalaca".

Razumevanju suštine tacit-nog znanja, koje je u glavama ljudi i kreiranju modela eksplicitnog znanja sa kodovima koji omogućavaju fluentnu komunikaciju doprinosi pregled vidova znanja u kognitivnom kontinuumu koga poseduje svaki čovek. Prema Verna Allee, (2003), u modifikovanoj Tabeli 1. pored kolone sa vidovima-aspektima znanja (*podatak, informacija, stečeno-posedujuće znanje, primenjeno znanje, inteligencija, mudrost* i *kapacitet za deljenje znanja* i učenje u zajednicama i mrežama) sadržane su i četiri kolone sa njihovim korespodentnim atributima učenja i to: tipovi učenja (*instiktivno, proceduralno, refleksivno, sistemsko-strukturalno, integrativno, generativno-otvoreno interakcijsko i sinergijsko*); performansni fokus učenja (*sakupljanje podataka-feedback, proceduralnost-efikasnost, produktivnost-pouzdanost upravljanja, optimalna integracija-repertoar znanja, obnova-inegritet veza i saradnja 3K-kooperacija, koordinacija, kolaboracija*); vremenska perspektiva učenja (*trenutačna, vrlo kratkoročna, kratkoročna, srednjeročna, dugoročna, veoma dugoročna i vanvremenska*) i nivo svesti subjekta koji uči (*osećajna, receptorska-čulna, svesno-refleksivna, komunlna-kontekstualna, strukturalna, etična i univerzalna*) na određenom nivou vida znanja.

Tabela 1. Vidovi-aspekti znanja u kognitivnom kontinuumu sa atributima učenja

Vid – ASPEKT znanja	Tip učenja	Performansni fokus	Vremenska perspektiva	Svest - nivo
PODATAK	Instiktivno	Sakupljanje podataka-feedback	Trenutačna	Osećajna svest
INFORMACIJA	Proceduralno	Proceduralnost - efikasnost	Vrlo kratkoročna	Receptorska - čulna
ZNANJE	Refleksivno	Funkcionalnost - efektivnost	Kratkoročna	Svesno - refleksivna
PRIMENJENO ZNANJE	Sistemsko-strukturalno	Produktivnost – pouzdnost upravljanja	Srednjeročna	Komunalna - kontekstualna
INTELIGENCIJA	Integrativno	Optimalna integracija- Repertoar znanja	Dugoročna	Strukturalna
MUDROST	Generativno – otvoreno interakcijsko	Obnova – integritet veza	Veoma dugoročna	Etična
KAPACITET za deljenje znanja-ZAJEDNICE znanja i učenja	Sinergijsko	Saradnja-3K kooperacija, koordinacija kolaboracija	Vanvremenska	Univerzalna

Prvih šest vidova znanja se skladište u dugoročnoj i radnoj memoriji u mozgu ljudi i formiraju implicitni kapacitet znanja pojedinca a kada se integrišu i znanja uskladištena u čulnoj memoriji čovek funkcioniše sa punim kapacitetom za deljenje znanja sa drugim ljudima i zajednicama znanja i učenja. Mudrost tada korespondira sa kulturno-specifičnim, praktičnim aspektima života, odnosno "mudrost je fundamentalno proizvod kulture i zajednice u kojoj određena individua učestvuje".

Nasuprot tacit-nom je eksplicitno znanje koje je kodirano u knjigama, brošurama, grafičkim displejima, mapama znanja, tabelama odlučivanja, stablima odlučivanja, frejmovima, pravilima za rezonovanje na bazi slučaja, inteligentnim softverskim agentima, na diskovima, predstavama znanja i različitim vrstama medija pogodnim za off line, on-line i in-line komunikaciju. Interesatan model znanja (McAdam & McCreedy, 1999) kategoriše kodirano (Vlasničko znanje i Javno znanje) i nekodirano (Lično znanje i Zdrav razum) Pri tome se Javno i Lično znanje kategorišu kao rasprostanjeno a Vlasničko i Zdravorazumsko kao nerasprostranjeno znanje.

Razumevanje činjenica o vidovima kognitivnog kontiuuma znanja, koje je u glavama ljudi, i prema Polanyi (1962) se zove tacit-no znanje sa atributima učenja, omogućava uspešnije modeliranje profila korisnika usluga, jer u principu svaka usluga pa i UTU sadrži fizičke, biološke, psihološke ali i kulturne objekte koje je potrebno semantizovati. Pored ranije navedenog, atribut "urbana" ukazuje i na značaj kulture u semantičkom modelovanju. Jer kultura, kao javno znanje koje se neprekidno umnožava, uči i deli, "nije orijentisano na izolovanog pojedinca" koji komunicira po modelu poruka već "pripada svim pojedincima kao članovima nekog holonskog organizma, obuhvatnog društvenog, funkcionalnog ili organizacionog entiteta čija je komunikacija orijentisana prema kanalu. Zbog toga je, pored individualnog učenja, za semantičko modelovanje bitno i organizaciono učenje.

Koristeći objašnjenje (Williams, 2007) o prelasku sa pojedinačng nivoa na organizacioni tj. sa individualnog na organizaciono učenje "da nije jednostavno, jer ga prate različiti rizici naročito u eksperimentalnim procesima", u organizacionom učenju se uključuju dve važne kategorije-organizaciona kultura i struktura. Kulturne vrednosti tipa transparentnost, integritet, tematske orijentacije, istraživanja i odgovornosti promovišu produktivno učenje, dok organizacioa struktura, sa definisanim funkcijama, procedurama, organizacionim rutinama, procesima, praksama, normama i ulogama u učenju omogućava članovima organizacije (dizajnera, izvođača, provajdera ili korisnika usluga) da sistematski prikupljaju, analiziraju, šire i koriste informacije koje su relevantne kako za performanse svoje organizacije tako i drugih organizacija (Williams, 2007), koje učestvuju u građenju I upotrebi "zbirne tvorevine"- semantički modelovane UTU.

Posebnu vrstu modela znanja čine Sistemi za organizaciju znanja (Knowledge Organisation System - KOS) kao resursi koji omogućavaju lakše organizovanje kolekcija i dokumenata u različitim oblastima ljudskog znanja i pronalaženja informacija u njima. Posebna svrha KOS je definisanje unificiranih oblika pojmova ili termina koji se koriste u različitim oblastima ljudskog znanja ili detaljnog opisa pojmova i termina koji mogu biti organizovani u kompleksne hijerarhijske strukture. U zavisnosti od sadržaja, strukture i načina organizacije ljudskog znanja u KOS-u (Andonovski, 2019) su: 1. terminološke liste (normativne datoteke kao što su, na primer, VIAF, GND, LCNAF, rečnici i slično; 2. klasifikacije i kategorije (sistem predmetnih odrednica, šeme za klasifikaciju i kategorizaciju i taksonomije), i 3. relacione liste (tezaurusi, semantičke mreže i ontologije). U tim strukturama KOS postoje uputnice na varijante ili srodne oblike nrkog pojma, što je za semantičko modelovanje veoma značajno jer, na primer, "srpski jezik ima bogatu morfološku strukturu i visok stepen inflektivnosti". Osnovne morfološke kategorije su vrste reči, padeži, gramatički brojevi i gramatički rodovi dok visok stepen inflektivnosti podrazumeva da se ista reč može naći u različitim padežima, gramatičkim brojevima, gramatičkim rodovima, licima, i tako dalje. Koje sve izvedene oblike (podvrsta reči kod imenica, zamenica ili brojeva, stepen komparacije kod prideva, glagolski oblik i glagolski rod kod glagola) može da poprimi jedan osnovni oblik reči zavisi prvenstveno od vrste reči (Paskoći, 2019).

2.2 Meta-podaci i interoperabilnost povezanih podataka u semantičkom modelovanju

Halper F. (2007), navodi da modeli znanja omogućavaju prikupljanje podataka i informacija iz različitih izvora i opisivanje značenja podataka preko meta-podataka. Meta-podaci su "strukturirani podaci o podacima" koji omogućavaju da se razume prikupljeno znanje i tipovi relacija između informacija. Reprezentativni primer strukturiranih podataka o podacima je Dablinsko jezgro (*Dublin Core* -**DC**) kao *sistem za opisivanje informacioih objekata koji imaju izgled dokumenta* (startovao je u upotrebi 2000. godine) a sastoji se od sledećih elemenata metapodataka: naslov, tvorac, predmet, opis predmetnih ključnih reči, izdavač, kontributor, datum, tip izvora, format, identifikator izvora, izvor, relacija, obim pokrivenosti građe i upravljanje pravima intelektualne svojine. Zajednička svojstva metapodataka su *struktura, sintaksa* i *semantika* pomoću kojih se postiže efektivno i delotvorno pronalaženje digitalnih izvora na Web-u. Treba podsetiti da je, za razliku od Internet-a koji je realna, fizička mreža svih umreženih računara, Web je virtuelna mrežna struktura povezanih informacionih entiteta u čvorovima mreže i funkcioniše na logičkim i fizičkim osnovama Interneta. Entiteti u virtuelnoj mrežnoj stukturi su dostupni multimilionskom broju korisnika koji ih dele i/ili razmenjuju u istom vremenskom trenutku na geo-lokacijama širom globusa i njegove okoline. Pridev "virtuelan" pripisuje se različitim pojmovnim kategorijama i može da označava mogućnost koja čoveka "oslobađa" od mnogih blokada koje prate razvijanje aplikacija. World Wide Web (WWW) je osnovni servis Interneta a usvajanjem konzistentne strukture za opis sajtova i drugih digitalnih informacionih resursa, na predlog Konzorcijuma (W3C), ustanovljen je RDF (*Resource Description Framework*) standard za modelovanje metapodataka o resursima na Web-u. RDF je namenjen za opisivanje semantičkih veza između elektronskih izvora i podršku koegstitenciji metapodataka na mreži koji postoje u brojnim varijetetima iako imaju zajednička svojstva (struktura, sintaksa i semantika). Pomoću RDF (preko RDF-rečnika i RDF-shema) olakšava se pronalaženje deskriptivnih metapodataka koji odgovaraju potrebama korisnika, a uz pomoć RDF sheme kombinuju se mogućnosti strukturnog i sintaksnog preslikavanja, sa semantičkim znanjem o dinamičkom preslikavanju između standarda metapodataka. Drugim rečima, DC i RDF omogućavaju interoperabilnost metapodataka za povezane podatke na cloud (oblak) i implementaciju semantičkog veba u modelovanju UTU. Povezani podaci su osnovna paradigma semantičkog veba a čine ih „podaci objavljeni na vebu tako da su mašinski čitljivi, a njihovo značenje je eksplicitno izraženo", „povezani su sa drugim skupovima podataka na vebu i mogu se povezivati sa novim skupovima podataka na vebu".

Komplementarno standardu RDF, sa ciljem lakšeg objavljivanja i korišćenja sistema za organizaciju znanja u konceptu „povezani podaci", kreiran je i standard SKOS (Simple Knowledge Organization System) – ili "Jednostavni sistem za organizaciju znanja" koji se intenzivno razvija od 2005. godine. Prema preporukama

W3C iz 2009. godine, SKOS je odmah primenjen na neke od kontrolisanih rečnika u bibliotekama a 2010. na 76. IFLA-inom kongresu predstavljene su Smernice za uključivanje kontrolisanih rečnika u semantički veb koje su opisane u (Vatant 2010). Jedan od kontrolisanih rečnika je schema.org (koji su 2011. godine predstavili Google, Yahoo! i Bing). Taj kontrolisani rečnik sadrži oko 300 mašinski-čitljivih definicija najfrekventnijih koncepata kao što su „osoba", „delo", događaj", „mesto", „organizacija" i mnoge druge (Sikos 2015). Pored osnovne strukture, SKOS omogućava i opis sadržaja sistema za organizaciju znanja uključujući i koncepte „nadređeni termin", „podređeni termin", kao i „povezani termin" i deo je porodice standarda na kojima se zasniva semantički veb. SKOS je zasnovan na RDF i RDFS koji mu omogućavaju da strukturu sistema za organizaciju znanja predstavi u formi grafa (Miles, and all. 2005,).

3. DIMENZIJE KONTEKSA U SEMANTIČKOM MODELOVANJU

3.1 Pregledna analiza istraživaja kocepta kontekst

Naglašavamo da je predmet istraživanja u ovom radu "semantičko modelovanje UTU" a da je "cilj semantičkog modelovanja razumevanje i povezivanje pojmova u složenije objekte i sisteme znanja za rešavanje konkretnih problema". Semantički modeli su jedna vrsta modela znanja koji omogućavaju korisnicima da: 1) postavljaju pitanja o informacijama na prirodan način, 2) identifikuju obrasce i trendove u samoj informaciji i 3) otkriju odnose između različitih informacija u nekom konkretnom slučaju.

Semantičko modelovanje UTU strukturirano je od procesno-tehnoloških i bihevioralno-kontekstualnih komponenata. Procesno-tehnološku komponentu određuju funkcionalni objekti (hardverski i softverski resursi, baze znanja, transportni uređaji, telekomunikaciona mreža, mobilni sistemi komunikacija,) organizaciono-poslovni procesi provajdera usluga sa pravnim normiranjem, mehanizmi za pristup i isporuku usluge, sigurnosni zahtevi i poslovno-procesni tehnološki resursi čiji su kapacitivni ekonomsko-tehnički parametri (na primjer brzina prevoza, cena vozne karte, efikasnost, pouzdanost i efektivnost transportnih sistema). Bihevioralno-kontekstualnu komponentu determinišu ponašanja realizatora profesionalnih uloga odgovornih operatera za pružanje usluge sa upravljanjem bezbednosnim faktorima te faktorima korisnika - ulaznim podacima koje daju, potrebama-željama, zahtevima i očekivanjima koja imaju i lojalnošću koju pokazuju kao i kontekstualnim informacijama od značaja za sinhronizaciju aktivnosti u procesnoj strukturi usluge (Pavlović, Banjanin,(2018). Sve bitne karakteristike korisnika definišu parametri želja, potreba, zahteva i zadovoljstva formiraju jedinstvenu matricu genetskih, bioloških, kognitivnih, socijalnih, psiholoških, kulturnih, intelektualnih, emocionalnih i dr. faktora i iskustava u situacionim, tehnološkim, informacionim, poslovnim kontekstima.

Iako se kolokvijalno smatra da je koncept konteksta intuitivno razumljiv ipak ga je teško eksplicitno objasniti. U filozofiji i kognitivnim naukama, Davies i Thomson (1991) istakli su značaj razumevanja i proučavanja konteksta, jer "organizmi, objekti i događaji su sastavni dio životne sredine i ne mogu se posmatrati izolovano od okruženja". U psihologiji, se istražuje kako promene konteksta utiču na razne kognitivne procese kao što su percepcija, pažnja, razmišljanje, rezonovanje, odlučivanje i učenje. U lingvistici, semantička interpretacija rečenice zavisi od konteksta kome pripada. Teorija formalnih jezika u računarstvu kontekst opisuje kao "uređen par (u,v) gdje su u i v nizovi nezavršnih simbola koji se, respektivno, nalaze sa leve i desne strane premise produkcionog pravila oblika uSv→uqv". U ovom slučaju, kontekst uslovljava da se dato pravilo može primeniti samo u slučaju da se nezavršni simbol S nalazi između u i v. Sa aspekta komunikacione teorije, kontekst se definiše kao mikro-okruženje komunikacije koje omogućava da se značenje informacije oceni kao dobro ili loše, prijatno ili neprijatno, istinito ili lažno, korisno ili nekorisno, trajno ili privremeno, individualno ili zajedničko, opšte ili posebno.

Dimenzionisanje konteksta je osnovni uslov za njegovo razumevanje, a može se izvršiti sa najmanje dva aspekta (Banjanin, 2007): U prvom slučaju kontekst određuje "promptna ili momentalna socijalna situacija - ambijent specifičnih karakteristika, kao mikrookruženje određenog događaja, aktivnosti ili procesa". Drugi način obuhvatnije konstruiše smisao konteksta, tj. "definišu ga šire društvene, ekonomske, socijalne, psihološke, fizičke, istorijske, pravne i druge okolnosti i uslovi unutar kojih se odvijaju interakcije, aktivnosti, akcije, procesi ili događaji i gde im je zadato značenje". Na osnovu toga Banjanin (2007) ističe da su tri osnovne dimenzije konteksta – fizička, mentalna i diskurzivna –neizbežne za shvatnje smisla onoga što se dešava u komunikaciji ljudi: -Fizička dimenzija konteksta obuhvata osjećanje bola, hladnoće, ishrane, radosti, dinamike doživljaja; -Oblast mentalnog konteksta pokriva procese kao što su razmišljanje, sanjanje, kreiranje ideja i doživljaji iz duhovnog iskustva. Osnovni entiteti pripadaju psihologiji čiji je duh -Diskurzivni kontekst je referentni okvir ili pojmovna pozadina u odnosu na koju se određeni iskazi mogu tumačiti.

Prema Achilleos, A. (2010), osnovne dimenzije konteksta su emocionalno stanje korisnika, entiteti koji su u fokusu pažnje, lokacija i orijentacija, datum i vreme, ljudi u korisničkom okruženju, odnosno "na kontekst utiču fizičko, društveno i emocionalno stanje korisnika". Može se reći da je najšire prihvaćena Dey-ova definicija prema kojoj: "Kontekst je svaka informacija koja se može iskoristiti za karakterisanje situacije u kojoj se nalazi određeni entitet. Entiteti su korisnici i aplikacije ali i osobe, mjesta ili objekti koji su relevantni za interakciju korisnika i aplikacije".

Pervayi (2002), za razliku od ostalih autora, kontekst ne smatra informacijom već uvodi koncept kontekstualna informacija koja, iako je u tesnoj vezi sa kontekstom, ne predstavlja njegov sinonim. Kontekst ima višedimenzionalne faktore-atribute egzistiranja entiteta u realnom svetu, dok kontekstualna informacija aplikaciji interpretira kontekst ili dio konteksta. Dakle, kontekstualne informacije omogućavaju prepoznavanje konteksta u kojima korisnik trenutno egzistira. Na osnovu toga, korisniku je moguće pružiti odgovarajuće usluge koje su prilagođene upravo situaciji u kojoj se on nalazi. Takve usluge nazivaju se kontekstualne usluge (context-aware services) a za njihovo pružanje su bitne semantičke dimenzije konteksta.

3.2 Sematičke dimenzije konteksta

Definicije konteksta u računarskim oblastima relativno su konzistentne i konvergiraju ka istom značenju. Brown (1998) definiše kontekst kao "skup elemenata iz okruženja korisnika koji su dostupni računarskom sistemu koji je u interakciji sa korisnikom" i smatra da na kontekst utiču brojni faktori: lokacija, identiteti ljudi u blizini korisnika, vreme u toku dana, godišnje doba, temperatura itd. Rayan-ova interpretacija u kontekst uključuje lokaciju korisnika, okruženje, identitete i vreme, tj. kontekst posmatra kao "podskup fizičkih i konceptualnih stanja koja su od interesa za određeni entitet". Chen i Kotz (2005) interpretiraju kontekst kao "skup stanja u okruženju kojima je determinisano ponašanje aplikacije ili na osnovu kojih aplikacija izveštava korisnika o nekom za njega interesantnom događaju".

Uključivanjem u interakciono polje korisnika računara i računarskih komunikcija došlo je do proširenja tri osnovne dimenzije konteksta na pet semantičkih dimenzija (WH), označenih sa "4WH", kojima se semantizuju pitanja o korisniku ili učesniku u slučaju multimodalne i multimedijalne komunikacije: "ko" (who), "gde" (where), "\kada" (when), "šta" (what) i "kako" (how). Proširivanjem sa novom dimenzijom "zašto" (why) u odnosu na prethodne, kontekst se definiše kao komunikacioni konstrukt sa šest semantičkih dimenzija (5WH) što podrazumeva da njegov smisao i informacioni kvalitet za korisnika i/ili učesnika određuju atributi dimenzija sledećih situacionih faktora: -dimenzija sadržaja – znanja, veštine, domena procesa i tehnologije koje ima/primenjuje korisnik ili učesnik (what?); -dimenzija prostora ili lokacije gdje se aktivni korisnik nalazi (where?); -dimenzija vremena- vremenskog trenutka ili vremenskog perioda (when?); -dimenzija uloge subjekta odnosno korisnika ili učesnika (who?); -dmenzija interakcija korisnika ili forme i načina korišćenja kodova komunikacije (how?) i -dimenzija odnosa u orijentacijama, kulturi i strategijama korisnika u slučaju korištenja (why?).

U računarskim naukama semantičke dimenzije konteksta se posebno apostrofiraju u oblasti veštačke inteligencije gde predstavljaju kriterijume na osnovu kojih se vrši particionisanje baze znanja na setove logičkih konstrukata koji olakšavaju procese zaključivanja. U skorije vreme, sa eksponencijalnim ubrzanjem upotrebe mobilnih uređaja potrošačke elektronike, kontekst se nalazi u fokusu kontekstualnog računarstva, gde se najjednostavnije interpretira kao "set uslova koji proizilaze iz okruženja u kome se nalazi određeni entitet i na osnovu kojih aplikacije prilagođavaju svoje ponašanje" Dakle, kontekst označava; vremenske informacije (dan, sat), lokaciju (geografski položaj i okruženje), plan i raspored korisnika PN-a i njegove aktivnosti, resurse mreže (npr., dostupna širina opsega), stanje mreže (npr., kvalitet veze, latentnost), dostupnost personalnih uređaja, performanse uređaja (npr., tip displeja, rezolucija, kapacitet baterije), prisustvo eksternih korisnika PN-a i njihovi dostupni uređaji i usluge, profili korisnika (npr., pretplata na Internet pristup), itd.

Neki od osnovnih principa, koji oblast kontekstualnog računarsva izdvajaju od drugih računarskih oblasti, su:1. princip brzine informacione obrade-računarski sistemi samostalno, preko senzorskih uređaja, prikupljaju informacije iz okruženja; 2. princip tačnosti /preciznosti-na osnovu samostalno prikupljenih informacija izvode se zaključci o kontekstu korisnika; 3.princip konzistentnosti-akcije se izvršavaju koje su u saglasnosti sa izvedenim zaključcima; 4. princip pouzdanosti-kompleksnost interakcija korisnik-računarski sistem svedena je na minimum.

Za predstavljanje odnosno semantičko modelovanje konteksta u praksi postoji više različitih mehanizama dok se u literaturi navodi šest najčešće korišćenih pristupa: -modelovanje posredstvom parova ključ-vrednost (key-value); -modelovanje XML("Extensible Markup Language) baziranim jezicima; -modelovanje grafičkim jezicima (uglavnom UML-Unified Markup Language); -objektno orijentisano modelovanje; modelovanje

logičkim jezicima, i -modelovanje korišćenjem ontologija. Ontologija, kao model za predstavljanje znanja, opisuje neko područje kroz zadatu terminologiju (rečnik područja), osnovne koncepte, klasifikaciju i taksonomiju tih koncepata, te povezanost koncepata i definisanje pravila među njima. Ontologije pomažu u strukturiranju i prikupljanju znanja na jedan uopšten način, te se zbog toga mogu ponovo koristiti i deliti u različitim aplikacijama i među različitim grupama ljudi.

4. SEMANTIČKI VEB U MODELOVANJU URBANE TRANSPORTNE USLUGE

4.1 Evolucija semantičkog veba

Kao što je već navedeno „semantički model sastoji se od mreže pojmova i relacija između tih pojmova koji su od interesa za određenog korisnika" čime je omogućeno korisnicima da postavljaju pitanja o podacima, informacijama i znanju na prirodan način. Drugim rečima, semantički modeli pomažu da se identifikuju obrasci i trendovi u samoj informaciji i otkriju odnosi i relacije između različitih informacija o određenom problemu ili predmetu istraživanja. Pored prethodnih informacija za semantičko modelovanje UTU veoma su značajni i pojmovi:

1) "otvoreni podaci"(Open Data-OD) – su podaci koji su javno objavljeni na vebu i dostupni svim zainteresovanim korisnicima bez ograničenja putem koja mogu biti propisana zaštitom autorskih prava ili drugih pravnih, tehnoloških ili kontekstualnih mehanizama. Uz pojam OD često se dodaje i imenica oblak- cloud (OD) a grafički se predstavlja kao dijagram međusobno povezanih skupova podataka (Gardašević 2013b, 35). Dodavanje imenice oblak uz OD ukazuje na veliku količinu podataka koja je toliko obimna i složena da se teško obrađuje uz pomoć postojećih alata i koja se nalazi na različitim mestima na vebu i poziva preko različitih servera. Računarstvo u oblaku (cloud computing) je tehnologija u kojoj se preko mreže pristupa resursima koji su smešteni na udaljenim serverima. To je sistem koji predstavlja sveobuhvatan, praktičan, deljivi izvor resursa u koje spadaju softver, baze podataka, hardver i različite usluge (proračuni, pristup podacima i drugo) pri čemu krajnji korisnici ne moraju da znaju fizičku lokaciju I konfiguraciju davaoca resursa odnosno usluga (Mell and Grance 2011, 3) (Popović I Numović 2016, 818).

2) Drugi pojam su "povezani otvoreni podaci" (Linked Open Data - LOD) koji se koristi kada su „povezani podaci" u otvorenom pristupu. LOD predstavljaju uvezivanje velikog broja skupova podataka (datasets) na vebu u globalnu bazu znanja. Razvojem mreže otvorenih podataka porastao je začaj semantičkog modelovanja a mehanizam za pronalaženje i povezivanje podataka je semantički veb u kome virtuelne aplikacije i uređaji sadrže programe koji su u potpunosti ili delimično programirani tako da izvode specifične zadatke veb-servera ili servera baza podataka te poboljšavanje sposobnosti brzog stvaranja.

Semantički veb je treća generacija u evoluciji veba a razvijen je sa ciljem da, umesto mreže dokumenata (Web 1.0) i mreže korisnika-socijalne mreže (Web 2.0), postane mreža podataka kojima je pridruženo značenje i koji su međusobno povezani. Poznato je da je viziju semantičkog veba izneo Tim Berners Li 1994. godine na prvoj W3 konferenciji kao „Veb primenljivih informacija" a te informacije su izvedene iz podataka kroz semantičku teoriju tumačenja simbola. Semantička teorija ukazuje na viđenje „značenja" u kome logičko povezivanje termina uspostavlja interoperabilnost između sistema." (Shadbolt et al. 2006). Prema (Coyle 2012) izrada semantičkog veba zasniva se na označavanju i povezivanju podataka u dokumentima, sa jedne strane, i objavljivanju skupova povezanih podataka na vebu, sa druge strane.

U prvom originalnom članku na temu semantičkog veba (Berners-Lee et al. (2001), se navodi da je autor zajedno sa saradnicima definisao semantički veb kao „proširenje postojećeg veba u kojem se informacijama daje jasno definisano značenje, što omogućava ljudima i računarima da sarađuju". Ta saradnja se realizuje u multiagentnoj komunikaciji. Pri tome je apostrofiran apstraktni nivo pojedinačnih dokumenata odnosno problem predstavljanja znanja (knowledge representation). U širem smislu se pod pojmom „semantički veb" podrazumeva skup standarda W3C koji obuhvataju platformske tehnologije za uvezivanje podataka na nivou njihovog značenja". W3C semantički veb jednostavno opisuje kao "mrežu podataka (Web of Data) koja se zasniva na dva osnovna principa: prvi princip je „upotreba zajedničkih formata za integraciju i kombinovanje podataka iz različitih izvora" i drugi princip je „upotreba zajedničkog jezika za opis podataka" (Andonovski, 2019).

4.2 Načela i principi semantičkog modelovanja UTU

W3C je kreirao šest načela, na kojima se zasniva semantički veb (Koivunen et al. 2011) pa je na osnovu tih načela u semantičkom modelovanju UTU, pored upotrebe zajedničkih formata za integraciju i kombinovanje otvorenih podataka (koje koriste dizajneri, izvođači, provajderi i korisnici usluga u multiagentnoj komunikaciji sa softverskim agentima), potrebno implementirati naročito sledeće principe:

Prvi je princip identifikatora za resurse i objekte po kome je obavezno „standardno korištenje URI (Uniform Resource Identifier) za identifikovanje svih objekata na mreži (ljudi, lokacije, fizički objekti iz realnog sveta, apstrakcije). Identifikatore mogu dodeljivati svi oni koji imaju nadzor nad prostorima imena i koji određuju na šta se oni odnose u stvarnom svetu.

Drugi je princip razumljivih koncepata koji ukazuje na „korištenje formiranih tipova za resurse podataka i veze između njih“ jer ti resusi nisu sadržavali metapodatke za opis njihovog konteksta i međusobnih odnosa i relacija. Dodeljivanjem tipova resursima i njihovim vezama, primenom tehnologija i principa semantičkog veba, oni postaju razumljivi koncepti a računarima se omogućava prepoznavanje nekih karakteristika resursa koje su do sada bile razumljive isključivo ljudima.

Treći je princip tolerantnosti bijektivnog mapiranja podataka po kome je„dozvoljeno korištenje delimičnih ili nepotpunih informacija“ jer je semantički veb neograničen u smislu količine informacija i veza između njih. To znači da “kod nekih od povezanih resursa mogu nastati određene promene” ili da “neki resursi mogu prestati da postoje a njihove adrese se mogu koristiti za označavanje drugih resursa”. Tolerancije na promene obezbeđuju se alatima semantičkog veba koje čine: ontologije, Pravila RIF/SWRL, Postavljanje upita SPARQL, Razmena podataka: RDFstandard, Taksnonomije: RDFS, XMLQuery, XMLShema, Identifikatori:URI, Prostori imena (Namespace), Skup karaaktera UNICODE), koji omogućavaju funkcionisanje i sa promenjenim kontekstualnim informacijama.

Pored prethodna tri, naredni, četvrti je princip fleksibilnosti koji podrazumeva da „nije potrebna jedinstvena baza podataka koja sadrži potpuno pouzdane podatke“ za korisnike i kreatore konceptualnog, sistemskog, fizičkog i holističkog dizajna UTU jer „svaka aplikacija zaključuje šta je pouzdanije na osnovu dostupnih podataka“.

Istovremeno bitan princip je princip otvorenosti po kome „formirani semantički model UTU nije konačan“ već je orijentisan na dalji razvoj i skalabilnost koji se podržavaju u skladu sa širenjem ljudskog znanja. Kako se navodi u (Andonovski, 2019), to dozvoljava da „različite grupe autora mogu da definišu slične koncepte modelovanja na različitim mestima ili da ista grupa autora može definisati slične koncepte u različitim vremenskim trenucima“. U istom radu se dalje naglašava da je “povezivanje sličnih koncepata iz različitih izvora rezonski ispravno” i ciljno je orijentisano na „opis izvora tako da dodavanje novih podataka ne traži izmenu već postojećih, ali je potrebno da se naznače razlike i razreši dvosmislenost i nekonzistentnost“.

U semantičkom modelovanju UTU posebno je važan princip jednostavnosti sa „minimalističkim oblikovanjem“ koji je podržan „standardizacijom najneophodnijih tehnologija koje vrši W3C za semantički veb“ sa opisnim konvencijama koje se mogu proširiti konsekventno širenju ljudskog znanja. Ovaj pristup omogućava implementaciju jednostavnih aplikacija koje se zasnivaju na već postojećim standardima kao što je, na primer DC, ali se istovremeno radi na istraživanju budućih složenijih tehnologija.

U Janik et al. (2011,) se navodi potreba korištenja „računarskog mega sistema“ za semantički veb sa sledećim karakteristikama:

1. Eksplicitno i jednostavno predstavljanje podataka, bez prikazivanja tehnologija koje su u osnovi.
2. Slobodna distribucija podataka (distribuirani sistemi) bez centralizovane kontrole o tome ko su nosioci autorskih prava, što može da olakša usvajanje i povećanje broja podataka.
3. Unakrsno povezivanje odnosno kompleksno umrežavanje komponenata- setova podataka iz različitih oblasti.
4. Slobodno povezivanje korišćenjem opštih jezika za opisivanje i strukturiranje podataka.
5. Jednostavno objavljivanje i korišćenje umreženih podataka.

Mogućnost realizovanja ovih karakteristika semantičkog veba podrazumeva korištenje raznovrsnih tehnologija i standarda za označavanje značenja podataka i ostvarivanje veza između njih.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U radu je pokazano da su tokom istraživanja uočeni glavni nedostaci klasičnog definisanja i dizajniranja UTU i problemi postojećih pristupa u profiliranju korisnika. Strukture proizvoda/usluga u transportnom portfoliu su manje otvorenog a više zatvorenog karaktera i često su ograničene na konvencionalne pristupe u kojima se ne koriste na adekvtan način semantičke tehnologije u sklopu informaciono-komunikacionih tehnologija.

Istovremeno, uočena su i određena ograničenja tokom analize predmetne literature koja proučava savremene transportne usluge na vrlo simplifikovan način a ne kao "zbirne tvorevine" misli, želja, potreba, zahteva i zadovoljstva korisnika i njihovih interkcija sa ICT a posebno sa semantičkim tehnologijama. Lociranje korisika, kao centralnog entiteta u konceptualnom, sistemskom, fizičkom i holističkom dizajnu UTU ima za cilj da se prevaziđu klasiče definicije te tvorevine kroz izradu semantički dimenzioniranog rešenja baziranog na modelskom pristupu. Takva "zbirna tvorevina" stalno evoluira iz komleksnih interakcija čoveka, organizacije, tehnologije i okoline, koja se vidi, čuje i opaža, koja uvezuje misli, nade, želje, očekivanja i sposobnosti hiljada različitih ljudi čiji se razvoj svesti dešava tokom celog života, od osećajne do univerzalne.

Može se kostatovati da naučna zajednica koja se bavi istraživanjem uticaja ICT na upravljanje transportnim sitemima čitav proces sagledava znatno više iz ugla tehnološko-procesnog a manje iz kontekstualno-relacionog ugla. Nedostaje više saznanja o vezama i uticaju kognitivne (jezik, narativ, kodifikacija) i relacione (poverenje, norme, obaveze, poistovećivanje) dimenzije u dizajnu UTU kao i samog znanja (tacitnog, eksplicitnog, formalnog, neformalnog, individualnog, kolektivnog, stručnog, mentorskog, itd.) za sve komunikacione kontekste (intrapersonalni, interpersonalni, intraorganizacioni, interorganizacioni, transcendentni).

Metodološki pristup predmetnoj temi u ovom radu omogućio je, dakle, uvid u značaj razumevanja svih vidova znanja u kognitivnom kontinuumu i njihovih atributa a posebno modela primenjenog znanja (u akcijama stvaranja, prikupljanja, deljenja i korišćenja znanja) o semantičkom modelovanju na: a) ličnom nivou, gde svaki pojedinac može da utvrdi šta ne zna i kako da sazna i primeni novo znanje o semantičkom modelovanju za unapređenje svog mentalnog i konceptualnog modela kao i bihevioralnog modela; b) organizacionom nivou koji će korištenjem novih metodoloških pristupa u stvaranju proizvoda transportnog portfolia izgrađivati poverenje i nivelisati kolektivni kapacitet za deljenje znanja što će dalje omogućiti stvaranje grupnog i institucionalnog znanja iz šire oblasti; c) društvenom nivou kroz socijalne mreže kojima je moguće otkriti značaj uticaja na upravljanje kompleksnošću transportne usluge i unapređivati kvalitet života svih a posebno korisnika; d) globalnom nivou promenom vizije, strategije i operativnog upravljanja na liniji novih horizonata u saobraćaju i komunikacijama bazirajući se na otkrivanju novih konektora mreža znanja i svih drugih preduslova kojima će se obezbeđivati efikasno i održivo korištenje relevantnih znanja u transportnom sektoru.

6. LITERATURA

Alavi, M., & Leidner, D. (2001). Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Researc Issues. MIS Quarterly, 25(1), 107-113.

Achilleos, A., Yang, K., Georgalas, N., (2010), "Context modelling and a context-aware framework for pervasive service creation: A model-driven approach," Pervasive and Mobile Computing, pp. 281-296, 2010.

Andovski, J. (S) (2019): Mreža otvorenih podataka I jezćki resursi u procesu izgradnje srpsko-nemačkog literarnog korpusa, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu -Filološki fakultet Beograd, www.ubg.ac.rs preuzeto 10.11.2019.

Banjanin,M. (2007), Komuikacioni inženjering, Saobraćajni fakultet Doboj- Univerzitet u IstočnomSarajevu, ISBN 978-99938-859-4-9

Banjanin. M. (2008) Komunikacija sa klijentima, DisPublik Beograd 2008. ISBN 978-86-86035-03-5

Berners-Lee, Tim, James Hendler and Ora Lassila. (2001), "The Semantic Web". Scientific American: Feature Article (2001), преузето 06.10.2019, https://wwwsop.

Berners-Lee, Tim, Roy Fielding, and Larry Masinter. (2004), Uniform resource identifier (URI): Generic syntax. No. RFC 3986. 2004, preuzeto 10.10.2019, https://www.ietf.org/rfc/rfc3986.txt

Berners-Lee, Tim. 2016) "Metadata Architecture", preuzeto 09.10.2019, http://www.w3.org/DesignIssues/Metadata.html

Brown, J.E. and Hendry, C. (1998) Industrial Districts and Supply Chains as ehicles for Managerial and Organizational Learning. International Studies of Management & Organization, 27, 127-157.

Chen, S. (2005). Task Partitioning in New Product Development Teams: A Knowledge and Learning Perspective. Journal of Engneering and Technology Management, 22, 291-314.

Chen i Kotz (2005) , Policy-driven data dissemination for context-aware applications, Third IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, Print ISBN:0-7695-2299-8 INSPEC Accession Number: 8477460 DOI: 10.1109/PERCOM.2005.32, Publisher: IEEE Conference Location: Kauai Island, HI, USA

Cheng, J. (1984). Paradigm Development and Communication in Scientific Settings: A Contingency Analysis. Academy of Management Journal, 27, 870-877.

Coyle, Karen (2005),: "Understanding metadata and its purpose". Journal of Academic

Librarianship vol. 31, no. 2 (2005): 160–163, http://www.kcoyle.net/jal-31-2.html, (23. 09. 2019)

Coyle, Karen (2012). "Semantic Web and Linked Data". In Library Technology Reports 48, 4(2012): http://search.proquest.com/openview/2e2d7bbf2b229725e1bea2b74a119500/1?pqorigsite=gscholar, preuzeto 15.09.2019,

Davies G. M. and Thomson D. M. (1988), Memory in Context: Context in memory, John Wiley & Sons, Chichester, 1988. No. of pages: 370 ISBN 0-471-91901-2 ..

Davenport, T., & Prusak, L. (1998). Working Knowledge: How Organisations Manage What They Know. Boston: Harvard Business School Press.

Dyer, J., & Nobeoka, K. (2000). Creating and Managing a High Performance Knowledge-Sharing Network: The Toyota Case. Strategic Management Journal, 21(3), 345-367.

W3C (XML), Information and knowledge domain, preuzeto 24.09.2019, https://www.w3.org/XML/

Halper F. (2007), What's a semantic model and why should we care?, URL: https://datamakesworld.com/2007/11/29/whats-a-semantic-model-and-why-should-we-care/,

Harper L. (2013), A Citizen's Guide to Open Government, E-Government, and Government 2.0, UNC School of Government blog,

Hillpinen Risto, (1980): (Ed) Rationality In Science, Studies In Foundations Of Science And Ethics, D Reidel Holland 1980.

Janik, Maciej, Ansgar Scherp, and Steffen Staab. (2011): "The semantic web: collective intelligence on the web". Informatik-Spektrum Vol. 34, No. 5 (2011): 469-483, preuzeto 24.09.2019, http://www.ansgarscherp.net/publications/pdf/J07-JanikScherpStaab-TheSemanticWeb-

Koivunen, Marja-Riitta, and Eric Miller. (2001) "W3C semantic web activity". Semantic Web Kick-Off in Finland 2: 27-44., preuzeto 19.2.2019,https://www.w3.org/2001/12/semweb-fin/w3csw

Miles, Alistair, Brian Matthews and Michael Wilson.(2005) "SKOS core: simple knowledge organisation for the web". In International Conference on Dublin Core and Metadata Applications, 3-10. 2005, http://dcpapers.dublincore.org/pubs/article/view/798/794, (28.10.2019),

Miković, R. (2019):Integrisani model upravljanja znanjem baziran na socijalnom kapitalu organizacije, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu Fakultet organizacionih nauka Beograd, www.ubg.ac.rs preuzeto 20.07.2019.

Moritz Helmut-(1994):Science, mind,and the universe-An Introducion to Natural Philosophy Herbert Wichmann, Heidelberg, ISBN 3-87907-274-4

Lee, H., & Choi, B. (2003). Knowledge Management Enablers, Processes and Organizational Performance: An Integrative View and Empirical Examination. Journal of Management Information Systems, 20(1), 179-228.

Levin, D., & Cross, R. (2004). The Strength of Weak Ties You Can Trust: The Mediating Role of Trust in Effective Knowledge Transfer. Management Science, 50, 1477-1490.

McAdam, R. and McCreedy, S. (1999), "A critical review of knowledge management models", The Learning rganization, Vol. 6 No. 3, pp.

N Shadbbolt, T Berners-Lee, W Halll (2006) – The semantic web revisited, IEEE intelligent systems, - ieeexplore.ieee.org

N Shadbbolt (2013) – Knowledge acquisition and the rise of social machines, International Journal of Human-Computer Studies, - Elsevier

Paskoći E. (2019), Uticaj morfoloških obeležja na modelovanje jezika primenom neuronskih mreža u sistemima za prepoznavanje govora, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu-Fakultet tehničkih nauka, www.ftn.uns. ac.rs ,datum uvida 12.10.2019;

Pavlović, Z.,Banjanin, M. and all.(2018), Contactless ICT transaction model of the urban transport service, Research journal TRANSPORT published by Vilnius Gediminas Technical University (since 1986) in partnership with the Lithuanian Academy of Sciences, Transport - Decision on ManuscriptID STRA-2018-0241.R2 (accept: "Transport" onbehalfof@manuscriptcentral.com Date: Thu, July 4, 2019 11:04 pm

Pervaiy K Ahmed, Lim Kwang Kok & Ann Z E Loh, (2002), Learning Through Knowledge Managinent, Bulterworth-Heinemann, 2002.

Phelps, C., Heidl, R., & Wadhwa, A. (2012). Knowledge, Networks and Knowledge Networks: A Review and Research Agenda. Journal of Management, 38(4), 1115-1166.

Polanyi, M. (1962). Personal Knowledge-The Tacit Dimension. New York: Doubleday

Radmila Miković, Branko Arsić, Đorđe Gligorijević, Marija Gačić, Dejan Petrović, Nenad Filipović (2019): The influence of social capital on knowledge management maturity of nonprofit organizations - predictive modelling based on a multilevel analysis, Journal: IEEE Access, April 2019, p.1-15, ISSN 2169-3536, DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2909812 (IF 3,557; M21).

Sikos, Leslie.(2015), Mastering structured data on the Semantic Web: From HTML5 microdata to linked open data. Apress, 2015

T Berners-Lee, W Hall, J. Hendler, N Shadbolt, (2006) Creating a Science of the Web, the Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts Institute of Tchnology.

Tang, F., Mu, J. and MacLachlan, D. L. (2010). Disseminative capacity, organizational structure and knowledge transfer. Expert Systems with Applications, 37, 1586-1593.

Vatant, Bernard. (2010), "Porting library vocabularies to the Semantic Web, and back: A win-win round trip". In Proceedings of the IFLA World Library and Information Congress (IFLA'10), Gothenborg. preuzeto 05.11.2019, https://www.ifla.org/pastwlic/ 2010/149-vatant-en.pdf

Verna Allee, (2003), The Future of Knowledge-Increasing Prosperity through Value Networks, Elsevier Science (USA), 2003

Williams, C. (2007). Transfer in Context: Replication and Adaptation in Knowedge Transfer Relationships. Strategic Management Journal, 28, 867-889.

PAPERS/RADOVI

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

IMPORTANCE AND POSSIBILITIES OF MONITORING SAFETY PERFORMANCE INDICATORS AT THE LOCAL LEVEL, THE CASE STUDY CITY OF BELGRADE

ЗНАЧАЈ И МОГУЋНОСТИ ПРАЋЕЊА ИНДИКАТОРА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА НА ЛОКАЛНОМ НИВОУ, СТУДИЈА ПРИМЕРА ГРАДА БЕОГРАДА

Krsto Lipovac[a], Jelica Davidović[a], Slaviša Gajić[b], Milena Simić[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, k.lipovac@gmail.com, jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs, milenasimic94@gmail.com*

[b] *Secretariat for Public Transport, 27. marta 43-45, Belgrade 11000, Serbia, slavisa.gajic@beograd.gov.rs*

Abstract: *Safety Performance Indicators of the traffic safety system are numerical values that describe and "measure" the performance of the traffic safety system. The values of the traffic safety indicators well describe (measures) the performance of the traffic safety systems and have a strong correlation with the number of injured and killed in traffic. The paper presents the most important results of recording safety performance indicators in Belgrade and recommendations for improving the situation in Belgrade and establishing the practice of recording indicators in other local communities.*

After establishing a national methodology for monitoring safety performance indicators in Serbia, Belgrade is the first city in the region to carry out research on safety performance indicators at the local level. Establishing a regular recording and analysis of the basic safety performance indicators in Belgrade will have great importance both for understanding the problems of traffic safety in Belgrade, as well as for understanding the significance and possibilities of tracking indicators at the local level.

The paper presents the results of measuring the value of the safety performance indicators in the city of Belgrade in 2018, for 17 city municipalities, and according to the methodology that has been improved and harmonized with the national methodology and the best world practice. Measurements of the indicators related to the use of daylight, the use of safety belts by drivers and passengers, use of child seats, use of protective helmets by power-two wheelers, pedestrian and driver behavior at pedestrian crossings with traffic lights, exceeded the vehicle speed by at least 10 km/h. Recordings were made in the settlement and outside the settlement. Finally, a discussion of the results of the research with the proposed measure was given.

Key words: *Safety Performance Indicators, City of Belgrade, Case Study, Traffic Safety*

Апстракт: *Индикатори перформанси система безбедности саобраћаја су бројчане вредности којима се описују и "мере" перформансе система безбедности саобраћаја. Вредности индикатора безбедности саобраћаја добро описују (мере) перформансе систеама безбедности саобраћаја и имају јаку корелацију са бројем повређених и погинулих у саобраћају. У раду су приказани најважнији резултати снимања индикатора перформанси безбедности саобраћаја у Београду и дате препоруке за унапређење стања у Београду и успостављање праксе снимања индикатора у другим локалним заједницама.*

После успостављања националне методологије праћења индикатора безбедности саобраћаја у Србији, Београд је први град у региону који је спровео истраживање индикатора безбедности саобраћаја на локалном нивоу. Успостављање редовног снимања и анализе основних индикатора безбедности саобраћаја у Београду имаће велики значај како за разумевање проблема безбедности саобраћаја у Београду, тако и за сагледавање значаја и могућности праћења индикатора на локалном нивоу.

У раду су приказани резултати мерења вредности индикатора перформанси безбедности саобраћаја у граду Београду 2018. године, и то за 17 градских општина, а према методологији која је унапређена и усаглашена са националном методологијом и најбољом светском праксом. Извршена су мерења индикатора који се односе на употребу дневних

светала, употребу сигурносног појаса од стране возача и путника, употребу дечијих седишта, употребу заштитних кацига од стране двоточкаша, понашање пешака и возача на семафорисаним пешачким прелазима, прекорачење брзине возила за најмање 10 km/h. Снимања су вршена у насељу и ван насеља. На крају, дата је дискусија резултата истраживања са предлогом мера.

Кључне речи: *Индикатори безбедности саобраћаја, град Београд, студија примера, безбедност саобраћаја*

1. УВОД

Да би се неки проблем решио мора се назвати правим именом! Први предуслов за унапређења у свакој области, па и у безбедности саобраћаја, је што прецизније дефинисање постојећег стања, односно дефинисање и разумевање проблема безбедности саобраћаја. У циљу што бољег разумевања постојећег стања, оптимално је дефинисати како ће се мерити најважније перформансе система. Бројчане вредности које описују перформансе система безбедности саобраћаја су индикатори перформанси система безбедности саобраћаја, односно индикатори безбедности саобраћаја.

Најважније перформансе система безбедности саобраћаја се односе на факторе човек, возило, пут и окружење. На одређеном подручју није могуће разумети недостатаке постојећег стања система уколико се не анализирају различити индикатори безбедности саобраћаја. За оцену и праћење стања безбедности саобраћаја треба користити индикаторе који добро описују перформансе система безбедности саобраћаја и имају јаку корелативну везу са бројем и последицама саобраћајних незгода (Пешић, 2012). Индикатори безбедности саобраћаја указују на одређене недостатке у контури човек-возило-пут-окружење, односно на могућности унапређења ових фактора у систему безбедности саобраћаја. Традиционални начин праћења и оцењивања стања безбедности саобраћаја темељи се искључиво на подацима о саобраћајним незгодама и последицама саобраћајних незгода. Овакав, ретроактивни приступ има значајне недостатке (Липовац, 2008, Липовац и др. 2014).

Праћење индикатора безбедности саобраћаја (као додатак праћењу саобраћајних незгода, повреда, погинулих и саобраћајних конфликата) је један од савремених, проактивних и превентивних приступа који отклања недостатке традиционалног приступа (ETSC, 2001). Овај, савремени приступ омогућава оцену стања безбедности саобраћаја и пре догађања прве саобраћајне незгоде и страдања људи. Овај приступ је широко прихваћен у последње време у безбедности саобраћаја и представља тзв. „хумани приступ“ унапређења безбедности саобраћаја (Пешић, 2012).

У Републици Србији је 2013. године успостављена методологија снимања основних индикатора безбедности саобраћаја. У периоду од 2013. до 2018. године реализовано је шест истраживања индикатора безбедности саобраћаја. Снимање индикатора је вршено у свакој од 27 полицијских управа. У Републици Српској је дефинисана методологија снимања и реализовано једно истраживање индикатора безбедности саобраћаја. Схватајући значај праћења стања безбедности саобраћаја на основу индикатора безбедности саобраћаја, Секретаријат за саобраћај и Градска управа Града Београда покренули су истраживање индикатора безбедности саобраћаја по општинама. На територији града Београда истраживање је први пут реализовано 2015. године. У 2018. години дефинисана је нова методологија истраживања индикатора безбедности саобраћаја по општинама и у складу са њом спроведено је истраживање у 17 градских општина.

У овом раду биће приказани најважнији резултати истраживања индикатора безбедности саобраћаја у Београду. На овом примеру ће бити приказано како се, на основу података о индикаторима безбедности саобраћаја, могу дефинисати најважнији проблеми, а све у циљу што бољег дефинисања управљачких мера за унапређње безбедности саобраћаја и достизања циљева дефинисаних локалном стратегијом безбедности саобраћаја.

2. МЕТОДОЛОГИЈА

Снимање индикатора безбедности саобраћаја је реализовано на територији 17 градских општина на територији Града Београда у периоду од септембра до октобра 2018. године. У 13 градских општина истраживање је вршено у насељу и ван насеља, а у 4 градске општине истраживање је вршено само у насељу. Истраживање је обухватило снимање и анализу:

- прекорачења брзина,
- употребе заштитних система (% употребе сигурносног појаса, % употребе заштитних кацига, % употребе Система заштите за децу),
- употреба дневних светала,
- понашање пешака и
- понашања возача на семафорисаним раскрсницама и уступање првенства пролаза пешацима на пешачком прелазу.

Понашање пешака и возача на семафорисаним пешачким прелазима и у раскрсницама је истраживано у свим градским општинама, на по две локације у насељу, изузев градске општине Барајево. У свим градским општинама брзине су мерене на по три локације у насељу и ван насеља, осим у општинамакоје нису имале локације ван насеља. Употреба заштитних система и употреба дневних светала су мерени на по две локације у насељу и ван насеља, осим у општинама које нису имале локације ван насеља. Снимање индикатора је вршено према категоријама возила у дневним условима видљивости, док су брзине снимане и ноћу.

3. РЕЗУЛТАТИ

3.1 Употреба дневних светала

Наведено истраживање је омогућило:

- да се одреде апсолутне вредности индикатора, у насељу и ван насеља, како по општинама, тако и за град у целини,
- да се пореде вредности у граду са вредностима у другим градовима,
- да се пореде вредности између градских општина итд.

Табела 1. Вредности индикатора "% употребе дневних светала" у насељу и ван насеља, према градским општинама и категорији возила (Београд, 2018)

Градска општина	ПА+доставна		ТТВ		БУС		МОП		МОТ	
	Насеље	Ван насеља	Насеље	Ван насеља	Насеље	Ван насеља	Насеље	Ван насеља	Насеље	Ван насеља
Барајево	98,6	99,4	100,0	100,0	100,0	100,0	-	-	100,0	100,0
Вождовац	94,5	93,3	96,8	95,3	97,0	93,0	100,0	-	100,0	100,0
Врачар	92,6	-	93,5	-	100,0	-	96,5	-	96,3	-
Гроцка	94,2	96,8	95,0	88,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,6
Звездара	97,8	97,3	100,0	92,0	96,2	91,9	100,0	100,0	100,0	100,0
Земун	97,6	97,8	88,9	79,5	100,0	93,5	100,0	-	97,1	100,0
Лазаревац	97,2	96,2	100,0	93,0	100,0	96,6	85,7	100,0	93,8	100,0
Младеновац	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Нови Београд	96,0	-	73,9	-	100,0	-	83,3	-	82,4	-
Обреновац	94,8	96,2	100,0	96,0	100,0	96,3	100,0	100,0	94,7	91,7
Палилула	97,5	97,0	98,2	95,6	98,3	100,0	95,8	100,0	100,0	98,0
Раковица	97,6	97,0	93,0	97,1	92,9	100,0	100,0	66,7	100,0	100,0
Савски венац	97,6	-	85,5	-	88,0	-	92,9	-	84,6	-
Сопот	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-
Стари град	98,6	-	100,0	-	96,0	-	95,2	-	96,6	-
Сурчин	97,0	97,0	100,0	94,4	96,9	100,0	100,0	-	100,0	100,0
Чукарица	99,8	100,0	96,1	100,0	95,0	100,0	100,0	-	100,0	100,0
Београд	97,1	97,5	93,3	94,7	96,8	85,1	96,4	95,8	96,7	98,4

Анализом вредности индикатора % употребе дневних светала, према категоријама возила, уочено је да је најмања употреба код путничких аутомобиле у насељу у општини Врачар (92,6%), а ван насеља на Вождовцу. Када је реч о тешким теретним возилима употреба дневних светала је на веома лошем нивоу у насељу на Новом Београду (73,9%) и у Земуну (88,9%). Најмања вредност посматраног индикатора код мопеда уочена је у Раковици на саобраћајницама ван насеља (66,7%) (Табела 1.). У тебели 1 су вредности подељене у 5 класа којима су придружене различите боје, ради прегледнијег

приказа и лакшег разумевања. На основу резултата, може се закључити да је по питању овог индикатора најлошије стање код теретних возила.

3.2 Употреба заштитних система

Употреба сигурносних појасева код возача путничких аутомобила и доставних возила у насељу, у општинама Барајево, Младеновац, Обреновац и Сопот је мања од 70%. У већини општина, сигурносни појас се чешће користи ван насеља, него у насељу. Највећа употреба сигурносног појаса на задњем седишту путничког аутомобиле, у насељу, била је у Младеновцу (43,1%), а најмања на Вождовцу (13,8%). Највећа употреба сигурносног појаса на задњем седишту ван насеља била је у Обреновцу (38,9%), а најмања у Раковици (11,0%) (Табела 2.).

Табела 2. Вредности индикатора "% употребе сигурносног појаса" у путничким аутомобилима, у насељу и ван насеља, према градској општини и према категорији путника (Београд, 2018.)

Градска општина	Возач		Сувозач		Задње седиште	
	Насеље	Ван насеља	Насеље	Ван насеља	Насеље	Ван насеља
Барајево	65,0	90,0	65,2	82,6	34,3	25,4
Вождовац	85,6	78,0	75,9	69,4	13,8	30,5
Врачар	79,8	-	66,5	-	15,9	-
Гроцка	70,2	72,4	63,0	73,1	26,7	34,3
Звездара	82,6	82,0	74,0	73,3	21,5	29,1
Земун	91,4	90,0	80,5	78,9	27,7	24,2
Лазаревац	74,8	79,0	67,4	64,3	23,6	34,6
Младеновац	69,2	76,6	49,0	77,7	43,1	36,0
Нови Београд	94,6	-	85,2	-	34,3	-
Обреновац	61,8	80,0	56,0	65,6	20,2	38,9
Палилула	81,6	91,6	67,2	81,1	21,4	36,1
Раковица	87,5	79,6	84,1	83,4	28,8	11,0
Савски венац	94,6	-	84,5	-	42,1	-
Сопот	53,0	72,2	43,1	83,1	20,5	18,8
Стари град	89,1	-	80,3	-	23,8	-
Сурчин	73,0	75,7	59,5	64,8	30,6	45,5
Чукарица	88,9	89,3	81,9	86,1	40,3	33,3
Београд	79,1	81,5	71,5	76,2	27,2	29,5

Табела 3. Вредности индикатора "% употребе заштитних система за децу" (Београд, 2018.)

Градска општина	До 3 године		Од 4 до 12 година	
	Насеље	Ван насеља	Насеље	Ван насеља
Барајево	73,3	63,0	33,9	13,6
Вождовац	60,0	63,0	33,3	31,4
Врачар	71,7	-	40,7	-
Гроцка	61,2	64,8	76,4	23,4
Звездара	63,0	64,0	33,8	27,3
Земун	81,4	91,3	13,8	29,5
Лазаревац	51,1	71,3	7,0	32,7
Младеновац	68,8	66,7	68,4	66,7
Нови Београд	90,9	-	10,0	-
Обреновац	58,3	72,7	13,8	15,2
Палилула	66,7	65,4	39,7	35,6
Раковица	73,9	80,0	36,0	15,1
Савски венац	63,3	-	46,2	-
Сопот	28,9	66,7	16,7	16,7
Стари град	76,7	-	17,5	-
Сурчин	53,7	77,8	36,4	27,3
Чукарица	86,5	79,2	39,0	42,9
Београд	67,3	71,1	33,6	27,8

Возачи и сувозачи тешких теретних возила и аутобуса, веома ретко користе сигурносне појасеве, како у насељу, тако и ван насеља (налазе се у "црној зони").

Употреба система заштите за децу је истраживана у две категорије деце, и то за децу до 3 године и децу од 4-12 година, у насељу и ван насеља (Табела 3.). Употреба система заштите за децу је нешто већа када су у питању деца до 3 године и креће се од 28,9% у Сопоту до 90,9% на Новом Београду у насељу и од 63% у Барајеву ин а Вождовцу до 91,32% у Земуну ван насеља. Анализом употребе система заштите за децу од 4 до 12 година уочава се веома лосе стање, које је далеко испод циљева дефинисаних стратегијом безбедности саобраћаја Београда.

Најмања употреба заштитних кацига ког мопедиста је забележена у насељу Сопота (0%). Што се тиче употребе заштитне кациге од стране мотоциклиста, 8 општина се налазе у зеленој зони (најбоља вредност индикатора).

На путевима ван насеља све општине су имале употребу заштитне кациге за мотоциклисте најмање 80%. Употреба заштитне кациге код путника на мотоциклу је значајно боља на путевима ван насеља, него на улицама у насељу.

3.3 Понашање пешака и возача

Највећи проценат пешака који су прешли коловоз ван пешачког прелаза је забележен у Барајеву (61,8%) и на Палилули (53,8%). Најбоље понашање пешака, по питању преласка на обележеном пешачком прелазу, су показали пешаци на Врачару (6,8% је прешло ван пешачког прелаза). У свим истаживаним општинама проценат пешака који су прешли улицу на црвено светло за пешаке је у “црној зони”, а најлошији резултат је измерен у општини Нови Београд (37,2%).

Проценат возача који не пропушта пешаке на пешачком прелазу је веома висок у свим општинама, а посебно се издвајају општине: Сурчин (70,3%), Звездара (65,5%), Палилула (62,8%) и Барајево (62,0%). У Сопоту и Младеновцу ниједно возило није прошло "на црвено светло" на семафору. Са друге стране, на Вождовцу чак 19,9% возила је прошло "на црвено" (Табела 4.).

Табела 4. Понашање пешака и возача на пешачким прелазима и семафорима у 2018. години

Градска општина	% пешака који су прешли коловоз ван пешачког прелаза	% пешака који су прешли улицу на црвено светло за пешаке	% возача који нису пропустили пешаке	% возача који су прошли на црвено светло на семафору
Барајево	61,8	-	62,0	-
Вождовац	36,7	22,2	47,0	19,9
Врачар	6,8	23,8	23,0	5,0
Гроцка	15,9	14,3	31,5	5,5
Звездара	47,3	13,9	65,5	5,6
Земун	22,2	12,7	39,4	1,2
Лазаревац	42,6	23,8	47,0	6,3
Младеновац	13,1	10,4	23,0	0,0
Нови Београд	17,6	37,2	31,1	3,7
Обреновац	20,4	10,6	31,7	8,2
Палилула	53,8	12,7	62,8	0,5
Раковица	15,4	19,1	49,0	3,4
Савски венац	21,8	16,4	23,5	1,2
Сопот	37,0	28,8	28,2	0,0
Стари град	29,8	11,7	39,0	8,4
Сурчин	37,8	34,5	70,3	3,3
Чукарица	14,2	20,8	53,5	4,3
Београд	28,3	19,0	43,2	5,5

3.4 Брзине

Снимане су брзине возила и израчунате најважније карактеристике брзина: средња брзина возила, проценат возила која прекорачују ограничење брзине, проценат возила која су прекорачила ограничену брзину за најмање 10 km/h и средња вредност прекорачења безине, У општини Сопот скоро половина (47,6%) путничких аутомобила и доставних возила прекорачује брзину за најмање 10 km/h. Најмањи

проценат прекорачења преко 10 km/h је измерен у Барајеву (0,9%). У Сопоту су такође и тешка теретна возила у 30,6% случајева прекорачавала брзину за најмање 10 km/h. Са друге стране, у 9 општина није било оваквих прекорачења брзине од стране тешких теретних возила у насељима. Половина аутобуса у Обреновцу прекорачују брзину за најмање 10 km/h у насељу. Највећи проценат прекорачења брзине за најмање 10 km/h у насељу код мотоцикала је забележен на Звездари (45,7%), док у Сурчину није било мотоцикла који су у насељу прекорачавали брзину за најмање 10 km/h. Сви мопеди у Младеновцу и Земуну су прекорачили брзину за најмање 10 km/h у насељу, као и половина у општини Чукарица (50,0%) (Табела 5.).

Када је реч о проценту прекорачења брзине за најмање 10 km/h ван насеља, највећи проценат прекорачења код путничких аутомобила и доставних возила је био у Младеновцу (50,5%), као и код тешких теретних возила (49,0%) и аутобуса (13,0%). У Сурчину су сви мотоциклисти прекокорачили брзину за најмање 10 km/h ван насеља, а у Звездари је 36,4% мопеда прекорачило брзину кретања за најмање 10 km/h.

Табела 5. "% прекорачења брзине за најмање 10 km/h", по општинама и према категорији возила у насељу (Београд, 2018)

Градска општина	ПА+дос	ТТВ	БУС	МОТ	МОП
Барајево	0,9	0,0	0,0	20,0	0,0
Вождовац	17,5	4,2	6,7	35,2	5,3
Врачар	4,6	1,8	0,0	9,2	0,0
Гроцка	5,9	1,2	0,0	28,6	-
Звездара	13,7	0,0	0,0	45,7	5,6
Земун	22,6	9,0	0,8	35,7	100,0
Лазаревац	3,8	0,0	0,0	8,1	0,0
Младеновац	13,3	10,6	23,1	0,0	100,0
Нови Београд	16,4	0,0	2,0	15,8	0,0
Обреновац	9,0	8,7	50,0	32,1	0,0
Палилула	6,0	0,0	0,0	4,8	0,0
Раковица	16,2	0,0	0,0	14,9	0,0
Савски венац	11,9	0,0	2,9	22,9	0,0
Сопот	47,6	30,6	14,3	0,0	0,0
Стари град	8,2	1,1	0,0	7,3	0,0
Сурчин	2,7	0,0	0,0	0,0	-
Чукарица	18,7	0,0	4,8	21,4	50,0
Београд	12,8	4,1	2,3	19,2	2,3

4. ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧАК

На основу упоредне анализе вредности индикатора безбедности саобраћаја у Београду, у два временска пресека (2015 и 2018), могу се разумети тренутно стање перформанси система безбедности саобраћаја и пратити промене у систему. На основу ових истраживања уочен је напредак у погледу свих перформанси, осим у погледу употребе светала на возилима. Међутим, брзина напретка је недовољна и не обезбеђује достизање циљева који су дефинисани националном и градском Стратгегијом безбедности саобраћаја. С обзиром на овакве промене перформанси система, нису достигнути ни циљеви у погледу коначних исхода: смањен је број погинулих и повређених лица у саобраћајним незгодама, али не у мери како је то било предвиђено у стратешким документима. На основу анализе сваког од индикатора (перформансе система), оцењен је обим и врста проблема, те предложене додатне мере и активности, како за град Београд, тако и за сваку градску општину појединачно.

Предлог мера је дефинисан према групама индикатора и то:

- мере које се односе на унапређење употребе дневних светала,
- мере које се односе на употребу заштитних система,
- мере које се односе на понашање пешака,
- мере које се односе на понашање возача на семафорима и пешачким прелазима
- мере које се односе на прекорачење брзине.

На пример, ниво употребе сигурносног појаса у путничким аутомобилима је порастао са 72% на 77%, на предњим седиштима, односно са 6,6 % на 28,3%, на задњим седиштима. Међутим, Стратегијом безбедности саобраћаја града Београда је предвиђено повећање да у 2018. години ниво употребе сигурносног појаса буде 85,0% на предњем седишту и 47% на задњем седишту. Да би се достигли циљеви из стратегије, неопходно је интензивирати и унапредити мере и активности које су предвиђене стратегијом, односно предузети додатне мере. Предложене су следеће кључне области рада у вези овог индикатора:

- превентивно-промотивне мере и активности чији циљ је унапређења знања, ставова и понашања учесника у саобраћају (додатно унапређење саобраћајног образовања и васпитања у предшколским установама, основним и средњим школама, подршка ауто-школама у виду додатног усавршавања предавача и инструктора, припреме и поделе видео и других материјала који би се користили у ауто-школама, јавни часови са употребом стрме равни и других средстава очигледне наставе, добро организоване кампање у којима координирано учествује већи број субјеката, радио и ТВ емисије итд.);
- редовна контрола исправности сигурносних појасева на техничким прегледима возила;
- периодична истраживања знања, ставова и понашања учесника у саобраћају у вези употребе система заштите;
- редовна полицијска контрола употребе сигурносног појаса на свим позицијама у возилу итд.

Слична анализа и предлог додатних мера урађени су и за друге индикаторе који су истраживани.

Истраживање је показало да су вредности неких индикатора уједначене у свим градским општинама у Београду. Међутим, код појединих индикатора су уочене значајне разлике између градских општина. Поједине градске општине имају изражене неке проблеме који нису изражени у другим општинама. Зато је оправдано да се, осим збирних резултата за град Београд, анализирају и резултати по општинама и да се осим мера за Београд, предложе и посебне мере за поједине општине. Ово се посебно односи на индикаторе који су у вези са инфраструктуром.

На пример, велике су разлике у поштовању ограничења брзина, а посебно у проценту великих прекорачења (преко 10 km/h). Зато су предложене нешто другачије мере за различите општине:

- у општинама: Вождовац, Земун, Нови Београд, Раковица, Сопот и Чукарица предузимати мере у циљу смањења екстремних прекорачења брзине путничких аутомобила,
- у општинама: Вождовац, Врачар, Гроцка, Земун, Обреновац, Сопот и Стари град предузимати мере у циљу смањења екстремних прекорачења брзине тешких теретних возила и
- у општинама Вождовац, Земун, Младеновац, Нови Београд, Обреновац и Савски венац преиспитати постојеће ограничења брзине и границе насеља, а затим преузимати мере у циљу смањења екстремних прекорачења брзине аутобуса

Успостављање праћења индикатора је од виталног значаја за лако и брзо, проактивно разумевање проблема и дефинисање оптималних контрамера. Редовним праћењем вредности индикатора могу се мерити резултати примењених мера. Развој оваквог концепта унапређења безбедности саобраћаја омогућава хуманији приступ анализи постојећег стања како на локалном, тако и на националном нивоу.

У наредном периоду би било значајно да и остале локалне самоуправе (градови и општине) успоставе сличен методологије, како би се могла вршити поређења и олакшао процес учења и трансфера најбољих пракси између локалних заједница.

5. ЛИТЕРАТУРА

Липовац, К., (2008). Безбедност саобраћаја, Службени лист СРЈ, Београд.

Липовац, К., Д. Јовановић и М. Вујанић, (2014). Основе безбедности саобраћаја, Криминалистичко-полицијска академија, Београд.

Пешић, Д., (2012). Развој и унапређење метода за мерење нивоа безбедности саобраћаја на подручју, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет .

Пешић, Д. и др. (2014). Значај ИБС за управљање безбедношћу саобраћаја, 9. међународна конференција "Безбедност саобраћаја у локалној заједници", Србија, Зајечар, Хотел Србија, 9-11 април.Simić, M., (2018). Istraživanje mogućnosti za ugradnju led markera za obeležavanje pešačkog prelaza, Univerzitet u Beogradu, Soabraćajni fakultet.

Стратегија безбедности саобраћаја за град Београд 2017. - 2020. године, Београд, 2017.

Стратегија безбедности саобраћаја на путевима Републике Србије, за период од 2015. до 2020. године, http://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/strategija/strategija_bezbednosti_saobracaja_2015-2020.pdf (преузето, 20.07.2019)

СЗС, СФ (2018). Пројекат: „Истраживање индикатора безбедности саобраћаја у Београду“, наручилац: Град Београд, Градска управа, Секретаријат за саобраћај, извршилац: Универзитет у Београду Саобраћајни факултет

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

IMPORTANCE OF MEASURING POPULATION EXPOSURE IN ROAD TRAFFIC

ЗНАЧАЈ МЕРЕЊА ИЗЛОЖЕНОСТИ СТАНОВНИШТВА У ДРУМСКОМ САОБРАЋАЈУ

Dalibor Pešić[a], Bojana Todosijević[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, d.pesic@sf.bg.ac.rs, bojana.todosijevic@gmail.com*

Abstract: *Using traffic accidents data provides an opportunity for a large number of complex analysis in the field of road safety. The reasons for using these data, as well as the objectives of the conducted research and analysis, are numerous. Comparison of the state of road safety, whether it be on different areas or different time periods in one field, can not be achieved through the use of absolute safety in traffic indicators that indicate the number of traffic accidents and their effects. Traffic accidents and consequences data are largely depend on the number of inhabitants in the observed area, the number of registered vehicles, the length of the road network, the number of realized movements and other factors. Bearing this in mind, analyzes that aim at a comparison require the use of relative indicators of road safety, or risk. It is precisely in this segment of road safety that the significance of measurements of population exposure in traffic is most evident. Exposure indicators are extremely important for precisely and clearly defining the state of road safety in an area, as well as the comparison of the state of road safety of different entities. The need for measuring and quantifying the exposure of the population was recognized as early as the sixties of the last century. However, in recent years, activities have been intensively pursued to develop this area. The aim of this paper is to point out the importance of measuring traffic exposure for the needs of road safety management, as well as the need to establish a single methodology for assessing exposure.*

Key words: *exposure, risk, comparability, measurement, road safety*

Апстракт: *Употреба података о саобраћајним незгодама пружа могућност великог броја сложених анализа у области безбедности саобраћаја. Разлози њихове употребе, као и циљеви спроведених истраживања и анализа, могу бити многобројни. У зависности од циља истраживања разликује се и могућност употребе различитих показатеља безбедности саобраћаја. Поређење стања безбедности саобраћаја, било да је реч о различитим подручјима или различитим временским периодима на једном подручју, није могуће реализовати применом апсолутних показатеља безбедности саобраћаја који указују на број саобраћајних незгода и њихових последица. Подаци о незгодама и њиховим последицама у великој мери зависе од броја становника на посматраном подручју, броја регистрованих возила, дужине путне мреже, броја реализованих кретања и других фактора. Имајући то у виду, анализе чији је циљ неко поређење захтевају употребу релативних показатеља безбедности саобраћаја, односно ризика. Релативни показатељи безбедности саобраћаја представљају однос података који указују на број саобраћајних незгода и њихових последица и неке од мера изложености. Управо у овом сегменту безбедности саобраћаја се најлакше уочава значај мерења изложености становништва у саобраћају. Показатељи изложености су изузетно значајни за прецизно и јасно дефинисање стања безбедности саобраћаја на неком подручју, али и поређење стања безбедности саобраћаја различитих ентитета. Потреба за мерењем и квантификованим исказивањем изложености становништва је препозната још шездесетих година прошлог века. Међутим, последњих година су интензивиране активности чији је циљ развој ове области. Циљ овог рада јесте да укаже на значај мерења изложености у саобраћају за потребе управљања безбедношћу саобраћаја, као и потребу за успостављањем јединствене методологије за процену изложености.*

Кључне речи: *изложеност, ризик, упоредивост, мерење, безбедност саобраћаја*

1. УВОД

У зависности од захтева и циљева конкретних истраживања, изложеност становништва у саобраћају се дефинише на различите начине. Према једној од многобројних дефиниција, изложеност представља количину реализованих путовања, без обзира на начин путовања (Hakkert and Braimaister, 2002). Иако не постоји јединствена и широко прихваћена дефиниција изложености у саобраћају, значај и сврха прикупљања ових података у области безбедности саобраћаја упућују на то да је реч о показатељу степена мобилности становништва. Како је мобилност становништва на неком подручју могуће исказати на различите начине, у истраживањима се користе различити начини квантификовања изложености. Многобројни и нестандардизовани начини прикупљања и представљања података о изложености становништва су препознати као један од проблема. Тачније, разноликост дефиниција изложености, показатеља којима се исказује, као и метода прикупљања података, за последицу има отежано поређење података о изложености, али и ризика дефинисаних на основу показатеља изложености. На овај начин је обезвређен значај мерења и праћења изложености становништва у саобраћају.

На међународном нивоу је препозната улога мерења и праћења изложености у процесу управљања безбедношћу саобраћаја. Као последица тога, водеће државе у овој области предузимају значајне кораке у истраживању ове области. Циљ ових истраживања, пре свега, је анализа до сада примењених поступака за процену изложености становништва и препознавање тренутних могућности за то, дефинисање проблема и ограничења препознатих у претходним истраживањима изложености, као и креирање прецизних инструкција за њихово превазилажење.

Осим најуспешнијих држава у области безбедности саобраћаја које својим активностима теже да унапреде постојеће националне процедуре за мерење изложености у саобраћају, значајне напоре у овој области чине и међународне организације. На ту тему се неколико пута годишње састају радне групе у оквиру Европског Савета за безбедност саобраћаја (European Transport Safety Council – ETSC), као и у оквиру међународне базе IRTAD (International Road Traffic and Accident Database). Последњих година је, од стране Европске Комисије (European Commission), финансиран велики број пројеката који се баве управо проблематиком мерења изложености становништва у саобраћају и коришћења ових података са циљем унапређења безбедности саобраћаја. Очекивани крајњи излаз из свих наведених активности јесте усвајање јединствене дефиниције изложености становништва у саобраћају, као и дефинисање јединственог начина изражавања и мерења изложености становништва, односно успостављање јединствене и на међународном нивоу прихваћене методологије за мерење и праћење изложености у саобраћају.

Мерење изложености на нивоу региона, а нарочито локалних самоуправа, карактеришу одређене специфичности за које се не може рећи да важе и на националном нивоу. Због тога је, у оквиру јединствене методологије мерења изложености у саобраћају, важно предвидети и начин реализације оваквих истраживања на мањим територијалним подручјима, као што су региони и локалне самоуправе.

Анализа показатеља изложености и показатеља безбедности саобраћаја на нивоу локалних самоуправа је веома значајна уколико се има у виду да у Републици Србији локалне самоуправе представљају најмањи територијални ниво на коме је законом предвиђено постојање Тела за координацију послова безбедности саобраћаја. Као последица тога, велики број локалних самоуправа има усвојене сопствене стратегије за управљање безбедношћу саобраћаја на својим територијама.

У овом раду је указано на конкретан значај мерења и праћења изложености становништва у саобраћају, а самим тим и одговарајућих ризика, дат је преглед показатеља изложености који су до сада развијени на међународном нивоу и појединачни значај и могућности свакога од њих у систему управљања безбедношћу саобраћаја.

2. ЗНАЧАЈ РИЗИКА И ПОТРЕБА ЗА КВАНТИФИКОВАЊЕМ ИЗЛОЖЕНОСТИ У САОБРАЋАЈУ

Ризици у саобраћају представљају признати и често коришћени начин за анализу и праћење стања безбедности саобраћаја на подручју. У зависности од начина спровођења анализа, ризик у саобраћају је могуће класификовати као (Кукић, 2014):

- Субјективни ризик
- Објективни ризик
- Ризик заснован на проактивном приступу.

Као најстарији начин описивања ризика у саобраћају се издваја ***субјективни ризик***. Субјективни ризик представља субјективни осећај опасности и реч је о субјективној карактеристици сваког појединца.

Објективни ризик јесте ризик који је заснован на конкретним нежељеним догађајима, односно саобраћајним незгодама. Ризици објективне природе се израчунавају стављањем у однос броја и последица саобраћајних незгода и одређене мере изложености. Најчешће коришћени ризици из ове групе ризика су јавни, саобраћајни, динамички, индивидуални, колективни ризик и слично. У овом раду ће акценат бити управо на овој групи ризика у саобраћају.

Употреба ***ризика заснованих на проактивном приступу*** у управљању безбедношћу саобраћаја не захтева познавање података о саобраћајним незгодама и њиховим последицама. Процена ризика, применом проактивног приступа, је заснована на мерењу различитих индикатора перформанси безбедности саобраћаја.

Имајући у виду генералну поделу ризика на поменуте три групе, у контексту мерења изложености у саобраћају су најзначајнији објективни ризици у саобраћају.

Објективни ризици страдања у саобраћају су математичке величине и „прерушене вероватноће“ које описују величину (ниво) опасности страдања у саобраћају на посматраном подручју, путу или деоници пута (Кукић, 2014).

Ризици представљају однос броја саобраћајних незгода или њихових последица и различитих мера изложености, и на тај начин врше квантификацију нивоа безбедности саобраћаја (Hakkert and Braimaister, 2002). Анализа ризика од учешћа у саобраћајним незгодама и страдања различитих група учесника у саобраћају на основу процене изложености је препозната као веома значајан алат за управљање безбедношћу саобраћаја. Као најчешће коришћене мере изложености за израчунавање ризика се издвајају број становника, број регистрованих возила и број пређених километара (Al-Haji, 2007).

Постоји низ различитих дефиниција ризика које се користе у зависности од ситуације (Hakkert and Braimaister, 2002). Општа дефиниција ризика у саобраћају јесте да је то очекиван исход безбедности на путевима узимајући у обзир изложеност у саобраћају, где се под исходом најчешће подразумева број саобраћајних незгода и њихових последица. Наведена општа дефиниција ризик дефинише као функцију броја незгода или њихових последица и изложености. Ова функција се назива функцијом безбедности (Hauer, 1995).

$$\text{ризик} = \frac{\text{број саобраћајних незгода (величина последица)}}{\text{количина изложености}}$$

Важно је напоменути да веза између ризика и коначних исхода (саобраћајних незгода и њихових последица) није линеарна. Тачније, на основу познатих података о коначним исходима и процењене изложености могуће је проценити ризик. Међутим, уколико би циљ био да се врши предвиђање коначних исхода за неку другу вредност изложености, важно је имати на уму да се не може користити иста вредност ризика, јер различитим вредностима изложености одговарају и различите вредности ризика. Ово је последица чињенице да ризик и изложеност нису независни. Промена изложености доводи до промене многих фактора који утичу на вредност ризика (Hauer, 1995). Иако је ова функција нелинеарна, постоје специфични услови који омогућавају поуздану линеарну апроксимацију (Papadimitriou et al., 2013).

Такође, ризик се дефинише и као вероватноћа настанка незгоде (Hakkert and Braimaister, 2002), односно вероватноћа настанка незгоде у односу на изложеност у саобраћају (Pešić et al., 2010). Ризик се може сматрати и вероватноћом повређивања у саобраћајној незгоди, и у том случају представља однос броја жртава саобраћајних незгода и броја саобраћајних незгода, или броја лица који су учествовали у незгодама (Papadimitriou et al., 2013).

Проблем безбедности саобраћаја се дефинише као функција изложености, ризика од настанка незгоде и ризика од задобијања повреда у саобраћајној незгоди. Управљање безбедношћу саобраћаја се заснива на креирању мера чији је циљ смањење бар једне од три наведене променљиве (Rumar, 1999).

Подаци о процењеном ризику се могу користити у различите сврхе, као што су праћење проблема безбедности саобраћаја, поређење међу државама, детаљне анализе саобраћајних незгода итд. Међутим, њихов значај се посебно огледа у могућности поређења различитих јединица, популација или држава. Процена ризика се може користити, од стране истраживача и управљача безбедношћу саобраћаја, на два начина. Први начин се односи на дисагрегацију података о ризику за поређења перформанси

безбедности саобраћаја према режимима саобраћаја, категоријама путева, категоријама возила, својствима учесника итд. Други начин употребе података о процењеном ризику се може користити за детаљније анализе ризика у смислу временске еволуције, просторне расподеле, утицаја фактора ризика и слично (Papadimitriou et al., 2013).

Најчешће коришћени ризици комбинују податке о саобраћајним незгодама и њиховим последицама са бројем становника, бројем регистрованих возила, бројем пређених километара и дужини путне мреже. Ови ризици се називају јавни, саобраћајни, динамички и колективни ризик. Најчешће се користе за мапирање ризика, оцену нивоа безбедности саобраћаја, поређења и слично (Kukić et al., 2013). У великом броју истраживања су ови показатељи коришћени за поређење нивоа безбедности саобраћаја (Koornstra et al., 2002; Wegman et al., 2008, 2005). Сматра се да јавни ризик не представља добар показатељ безбедности саобраћаја због тога што не узима у обзир мобилност становништва, већ само број становника. Управо из овог разлога је динамички ризик препознат као најрепрезентативнији показатељ нивоа безбедности саобраћаја. Међутим, како су подаци о броју пређених километара у највећем броју случајева недоступни, као најчешће коришћен ризик издваја се саобраћајни ризик (Wegman and Oppe, 2010).

Поред наведених ризика, за поређење безбедности саобраћаја користе се и други ризици који у обзир узимају неке друге мере изложености, као што је нпр. бруто друштвени производ (Zhang et al., 2010).

Примена ризика у анализи нивоа безбедности саобраћаја омогућава класификовање посматраних територијалних јединица у пет стандардизованих класа које указују на степен ризика, односно ниво безбедности саобраћаја. Најнижа класа (1) је повезана са највишим нивоом ризика, односно најнеповољнијим вредностима посматраних показатеља, док највиша класа (5) указује на најмањи ризик. Оваква класификација ризика је примењена и у Србији, а заснована је на EuroRAP моделу (Kukić et al., 2013).

Као један од најчешће анализираних проблема јесте одабир одговарајућег ризика који ће на најбољи могући начин указати на ниво безбедности саобраћаја. Kukić и сарадници (2013) су анализирали корелацију сваког од посматраних јавних ризика са средњом вредношћу свих ризика у оквиру категорије јавних ризика. Анализа је извршена над подацима о саобраћајним незгодама и њиховим последицама за период од 2006. до 2008. године, према општинама у Србији (161 општина). Утврђено је да јавни ризик заснован на пондерисаном броју настрадалих лица (ЈПБН) на најбољи начин осликавају ниво безбедности саобраћаја, када је реч о нивоу општина (Kukić et al., 2013). Слична анализа је касније спроведена и над подацима за период 2010-2012. године, при чему је тада на исти начин утврђен и најбољи ризик из групе саобраћајних ризика (Kukić et al., 2016).

Савремене тенденције у управљању безбедношћу саобраћаја заговарају приступ који подразумева обједињавање више различитих показатеља безбедности саобраћаја у јединствену нумеричку вредност. Проблеми који се јављају у поступку дефинисања јединственог индекса безбедности саобраћаја јесу одабир релевантних показатеља који ће бити укључени у модел, додељивање тежинских коефицијената тим показатељима и одабир одговарајућег начина агрегације ових показатеља (Pešić et al., 2013).

До сада је развијен велики број модела чији је циљ управо дефинисање индекса који представља оцену стања безбедности саобраћаја. Wang и сарадници (2011) су предложили модел заснован на линеарној регресији и неколико модела за оцену безбедности возача и пешака који укључују податке о просечном годишњем дневном саобраћају (ПГДС), броју укрштања на мрежи и протоку возила.

Пешић (2012) је у својој докторској дисертацији дао преглед одабраних модела за оцену нивоа безбедности саобраћаја. Реч је о моделима Road safety index (RSI), Composite road safety indicator (CRSI), Road safety composite index (RSCI), Road safety development index (RSDI), Traffic safety level (TSL) и ROSA index. Поред назива и твораца модела, представљени су показатељи који су укључени у моделе, затим поступак оцене нивоа безбедности саобраћаја, могућности примене, као и основни недостаци.

Посматрани модели се разликују у зависности од тога да ли су засновани на традиционалном или савременом приступу. Када је реч о традиционалном приступу, основу за оцену нивоа безбедности саобраћаја чине директни показатељи. Код модела заснованих на савременом приступу, оцена безбедности саобраћаја је заснована на индиректним показатељима. Овакви модели промовишу проактивни приступ који омогућава уочавање проблема и сагледавање стања пре него што се саобраћајне незгоде догоде, односно без познавања података о саобраћајним незгодама.

3. ПОКАЗАТЕЉИ ИЗЛОЖЕНОСТИ У САОБРАЋАЈУ И ЊИХОВ ПОЈЕДИНАЧНИ ЗНАЧАЈ

Подаци који указују на степен изложености у саобраћају и начини њиховог прикупљања се значајно разликује међу државама. Пре свега, степен доступности података варира у различитим државама. Подаци о одређеним показатељима изложености често уопште нису доступни или је њихова доступност ограничена. За неке од показатеља изложености је карактеристично и то да су у различитим државама доступни за различите временске периоде. Показатељи изложености које су у највећој мери доступни дају најмање квалитетну процену. Поред тога, ниво детаљности ових података може бити различит, што битно одређује њихову употребну вредност. Разлике могу постојати и у погледу начина прикупљања података. Поред тога што може бити реч о различитим типовима истраживања, подаци могу потицати из различитих извора, што за последицу може имати различиту структуру и ниво детаљности података.

Не постоји опште правило који је показатељ изложености најбољи. Тачније, свака мера изложености може бити најприхватљивија у различитим околностима. На пример, када се као мера изложености примењује број становника, тада земље са ниским нивоом моторизације бележе повољније вредности процењеног ризика. Са друге стране, државама са високим степеном моторизације више погодује примена броја регистрованих возила као мере изложености (Holló et al., 2010). Примена одређене мере изложености зависи од доступности и квалитета података, као и самог циља анализе. Мере се међусобно разликују у зависности од потенцијално могућег нивоа дисагрегације и могућих ограничења у примени (Papadimitriou et al., 2013). Најпожељније мере изложености су оне које су најближе теоријском концепту изложености. Међутим, ове податке је веома тешко прикупити, због чега се чешће користе неке друге мере које могу бити једнако ефикасне и корисне за дату анализу. Алтернативне мере изложености се примењују и у ситуацијама када неке друге, пожељније, мере не пружају могућност рашчлањавања података на потребном нивоу (Yannis and Papadimitriou, 2005).

Најчешће коришћене мере изложености у пракси су број возило километара, број особа километара, број путовања, време проведено у саобраћају, потрошња горива, дужина путне мреже, број возача, број регистрованих возила и број становника (SafetyNet, 2005). Њихове дефиниције су усвојене од стране EUROSTAT-a (European Commission, 2003).

Број возило километара представља укупан број километара пређених од стране друмских возила у границама једне земље, где се под „друмским возилом“ подразумева само возило намењено учешћу у јавном друмском саобраћају (European Commission, 2003). Ово је најпожељнија мера изложености у највећем броју случајева. Значајна предност ове мере у односу на остале јесте то што у теорији може бити доступан значајан ниво дисагрегације (време, категорија возила, категорија пута, карактеристике возича итд.). Због тога се ово сматра најбољом мером изложености за анализу временских и просторних неравномерности. У пракси, расположивост и ниво дисагрегације ове мере изложености се може значајно разликовати и зависити од метода прикупљања података. На пример, подаци прикупљени бројањем саобраћаја најчешће пружају могућност дисагрегације према категоријама возила и путева, док је дисагрегација према карактеристикама возача могућа само за податке добијене помоћу истраживања путовања. Имајући у виду да истраживања која за излаз имају вредност овог показатеља одликују комплексност и високи трошкови, јасно је да се овим показатељем остварује квалитетна и детаљна процена изложености у саобраћају.

Број особа километара јесте мера изложености коју чини укупан број километара које су све особе пропутовале у границама једне државе, без обзира на њихову старост (European Commission, 2003). Реч је о другој по реду најпожељнијој мери изложености. У зависности од начина на који се прикупљају, теоријски подаци о овој мери изложености могу бити доступни на још вишем нивоу детаљности него што је то случај са возило километрима. Наиме, податке о овој мери изложености је теоријски могуће рашчланити и према врсти путовања и према томе да ли је посматрана особа возач или путник у возилу. Управо се у могућности мерења овог показатеља за различите врсте путовања, а самим тим и за немоторизована кретања, као и за различита својства учесника, крије највећи значај овог показатеља и највећа предност у односу на број возило километара.

Број путовања једне земље је дефинисан као укупан број путовања реализованих од стране свих особа на територији посматране државе, без обзира на њихову старост (European Commission, 2003). Ова мера изложености се може сматрати сличним показатељем као број особа километара. Подаци о ове две мере најчешће потичу из истог извора, због чега их је могуће анализирати на истом нивоу детаљности.

Време проведено у саобраћају се дефинише као укупно време проведено у путовању од стране свих особа на територији посматране државе, без обзира на њихову старост (European Commission, 2003). Подаци о времену проведеном у саобраћају се прикупљају на исти начин као и подаци о броју особа километара и броју путовања. Ова мера изложености поред податка о пређеном растојању у себи садржи и податке о просечној брзини кретања.

Потрошња горива неке државе је дефинисана као укупна количина енергије која је потрошена од стране возила при учешћу у јавном саобраћају у тој држави (European Commission, 2003). Гориво, односно енергија, може бити у облику бензина, дизела, ТНГ-а, струје или неког другог типа енергије која се користи за погон друмских возила. Јединица у којој се ова мера изложености изражава јесте TJ. Ова мера изложености се, у већини случајева, не посматра као самостална мера изложености, већ као податак који се користи за процену броја возило километара. Такође, често се користи и као алтернатива броју возило километара (Cardoso, 2005). Један од недостатака ове мере јесте то што не пружа могућност уочавања и анализе временских неравномерности изложености, када је реч о кратким временским јединицама. Имајући у виду да се потрошња горива реализује неко време након продаје, није могуће утврдити када се тачно то догађа. Такође је тешко одредити и где се врши потрошња горива. Због наведених недостатака, примена ове мере изложености има највећу оправданост када је реч о анализама које се спроводе на националном ниову и то за период од годину дана.

Под ***дужином путне мреже*** се подразумева дужина свих линија комуникације којима се крећу моторна возила док учествују у јавном саобраћају изражена у километрима (European Commission, 2003). Ово је једна од основних мера изложености. Недостатак ове мере је што не пружа могућност анализе временских неравномерности изложености. Такође, још један од недостатака јесте то што је дужина путне мреже уско повезана са економским аспектима. Ова мера је веома корисна за државе у развоју и сматра се једним од показатеља величине државе.

Број возача подразумева број лица која поседују возачку дозволу за управљање моторним возилом, при чему није неопходно да та лица поседују сопствено моторно возило или могућност коришћења неког возила (European Commission, 2003). Ова мера изложености се често користи као алтернатива броју регистрованих возила. Најчешће се у обзир узима само број возача, односно лица која поседују возачку дозволу, али се за детаљније анализе може узети у обзир и возачко искуство и друге карактеристике возача. Примена ове мере омогућава веома низак ниво упоредивости података о изложености међу земљама, што је последица различитих законских оквира када је реч о издавању возачких дозвола.

Број регистрованих возила једне државе чини укупан број друмских возила у власништву становништва дате земље, где се под „друмским возилом“ подразумевају само возила намењена за учешће у јавном саобраћају (European Commission, 2003). Као и потрошња горива, број регистованих возила представља још једну алтернативу броју возило километара. Међутим, ова замена се не препоручује с обзиром да возила прелазе више километара током времена. Са друге стране, подаци о регистрованим возилима указују и на категорију возила, старост, као и друге карактеристике, што није лако утврдити када је реч о броју возило километара.

Број становника као меру изложености, чини званичан број становника дате државе, и у овај број нису укључени привремени посетиоци, туристи из других држава, као ни лица која илегално бораве у посматраној држави (European Commission, 2003). Предност ове мере изложености јесте то што се за податке о броју становника може рећи да имају висок ниво тачности. Такође, у већини случајева су ови подаци рашчлањени према старости и полу, што омогућава детаљније анализе.

За сваки од наведених показатеља изложености су карактеристичне одређене предности и недостаци. Управо ове карактеристике одређују и њихов значај. Тачније, мерење и праћење неког од показатеља изложености је најзначајније у ситуацијама које захтевају максималну искоришћеност предности и могућности које пружа тај показатељ, а које омогућавају превазилажење недостатака карактеристичних за посматрани показатељ. Као последица тога, сваки од показатеља изложености може представљати најбоље решење у зависности од потреба и могућности конкретног истраживања. Имајући то у виду, потреба за квантификовањем изложености немоторизованих учесника у саобраћају ће за последицу имати употребу неких од показатеља изложености који омогућавају рашчлањавање података у зависности од врсте кретања. Потреба за квалитетним, прецизним и поузданим подацим о изложености становништва ће условити примену комплексних метода истраживања које омогућавају мерење квалитетнијих показатеља изложености. Са друге стране, уколико се као основно ограничење намеће

потреба за ниским трошковима истраживања, од највећег значаја ће бити они показатељи који омогућавају процену изложености уз минималне трошкове.

4. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Изложеност представљена неким од показатеља који се примењују у ту сврху представља величину којом се дефинише степен мобилности становништва. У зависности од примењеног показатеља, мобилност је могуће мерити и пратити на већем или мањем нивоу детаљности. Мобилност становништва битно утиче и одређује вероватноћу за настанак саобраћајних незгода, а тиме и њихов број, као и величину последица. Управо због тога је податак о мобилности, односно изложености становништва веома значајан у процесу оцене и поређења стања безбедности саобраћаја, као и бољег разумевања проблема и ефикаснијег деловања.

Имајући у виду карактеристике сваког од показатеља, а самим тим и њихове предности и недостатке, за сваки од показатеља се може дефинисати одређени степен квалитета. С обзиром да постоји велики број фактора који утичу на квалитет ових показатеља, тешко је дати јединствену оцену квалитета сваког од њих, на основу које би се могао одредити показатељ највећег квалитета. Због тога је неопходно дефинисати више критеријума и одредити квалитет показатеља изложености за сваки од тих критеријума.

По узору на државе које већ годинама мере и прате велики број показатеља изложености становништва у саобраћају, а имајући у виду значај истраживања ових показатеља, успостављање националне методологије за мерење и истраживање изложености становништва у саобраћају у Републици Србији пружа могућност још успешнијег деловања у циљу унапређења безбедности саобраћаја.

Успостављање система мерења и праћења изложености становништва у саобраћају у Републици Србији, заједно са подацима о саобраћајним незгодама, омогућава детаљнију анализу стања безбедности саобраћаја, поузданије препознавање проблема безбедности саобраћаја, поређење нивоа безбедности саобраћаја на различитим подручјима или између различитих временских периода, што омогућава квалитетније функционисање целокупног система управљања безбедношћу саобраћаја.

5. ЛИТЕРАТУРА

Al-Haji, G., 2007. Road Safety Development Index (RSDI) - Theory, Philosophy and Practice. Department of Science and Technology, Linköping University, Sweden.

Cardoso, J., 2005. Risk and exposure data availability, collection methods and use in Portugal.

European Commission, 2003. Glossary for Transport Statistics. Intersecretariat Working Group on Transport Statistics.

Hakkert, A.S., Braimaister, L., 2002. The uses of exposure and risk in road safety studies, SWOV.

Hauer, E., 1995. On exposure and accident rate. Traffic Eng. Control 36 January 1995 , 134–138.

Holló, P., Eksler, V., Zukowska, J., 2010. Road safety performance indicators and their explanatory value: A critical view based on the experience of Central European countries. Saf. Sci. 48 9 , 1142–1150. doi:10.1016/j.ssci.2010.03.002

Koornstra, M., Lynam, D., Nilsson, G., Noordzij, P., Pettersson, H., Weġman, F., Wouters, P., 2002. SUNflower: a comparative study of the developments of road safety in Sweden, the United Kingdom, and the Netherlands, SWOV, Leidschendam.

Kukić, D., Lipovac, K., Pešić, D., Rosić, M., 2016. The differences of road safety performance of countries based on outcome indicators. Saf. Sci. 89, 279–287. doi:10.1016/j.ssci.2016.07.005

Kukić, D., Lipovac, K., PeŠić, D., Vujanić, M., 2013. Selection of a relevant indicator - Road casualty risk based on final outcomes. Saf. Sci. 51 1 , 165–177. doi:10.1016/j.ssci.2012.06.016

Papadimitriou, E., Yannis, G., Bijleveld, F., Cardoso, J.L., 2013. Exposure data and risk indicators for safety performance assessment in Europe. Accid. Anal. Prev. 60, 371–383. doi:10.1016/j.aap.2013.04.040

Pešić, D., Vujanić, M., Kukić, D., Antić, B., Vujanić, M.M., 2010. Selection of a road safety indicator for the assessment of the road safety level – world experience, in: X International Symposium "Road Accidents Prevention 2010." Novi Sad, pp. 164–173.

Pešić, D., Vujanić, M., Lipovac, K., Antić, B., 2013. New method for benchmarking traffic safety level for the territory. Transport 28 1 , 69–80. doi:10.3846/16484142.2013.781539

Rumar, K., 1999. Road safety and benchmarking, in: Proceedings of the Paris Conference on Transport Benchmarking. Paris, France, pp. 95–109.

SafetyNet, 2005. State of the Art Report on Risk and Exposure Data, Energy. European Commission, Brusselss.

Wang, Y., Bai, H., Xiang, W., 2011. Traffic Safety Performance Assessment and Multivariate Treatments for Intersection Locations. Balt. J. Road Bridg. Eng. 6 1 , 30–38. doi:10.3846/bjrbe.2011.05

Wegman, F., Eksler, V., Hayes, S., Lynam, D., Morsink, P., Oppe, S., 2005. SUNflower+6: A Comparative Study of the Development of the Road Safety in the SUNflower+6 Countries: Final Report. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands.

Wegman, F., Engineering, F.C., Commandeur, J., Amsterdam, V.U., Doveh, E., Gitelman, V., 2008. SUNflowerNext.

Wegman, F., Oppe, S., 2010. Benchmarking road safety performances of countries. Saf. Sci. 48 9 , 1203–1211. doi:10.1016/j.ssci.2010.02.003

Yannis, G., Papadimitriou, E., 2005. Risk and Exposure Data availability, collection methodologies and use in Greece.

Zhang, W., Tsimhoni, O., Sivak, M., Flannagan, M.J., 2010. Road safety in China: Analysis of current challenges. J. Safety Res. 41 1 , 25–30. doi:10.1016/j.jsr.2009.12.003

Кукић, Д., 2014. Модел квантификације ризика страдања у саобраћају - докторска дисертација. Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет.

Пешић, Д., 2012. Развој и унапређење метода за мерење нивоа безбедности саобраћаја на подручју - докторска дисертација. Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

CLASSIFICATION OF 'SCHOOL ZONES' AND RISK MAPPING IN FUNCTION OF SPATIAL NETWORK CRITERIA - CASE STUDY OF THE CITY OF BELGRADE

KLASIFIKACIJA „ZONA ŠKOLA“ I MAPIRANJE RIZIKA U FUNKCIJI PROSTORNO-MREŽNOG KRITERIJUMA - PRIMER GRADA BEOGRADA

Sreten Jevremović[a], Ana Trpković[a], Branimir Stanić[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, s.jevremovic@sf.bg.ac.rs, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs, b.stanic@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *The school's location on the traffic network is one of the first and basic criteria in the traffic analysis of 'School Zones'. In the current approach to this problem, the mentioned parameter is often superficially considered or even omitted, which can certainly have different negative consequences. The variations in positioning of these zones in the road network, as well as in the urban area, are the basic subjects of this paper. In general, inadequate positioning of the school can significantly decrease the level of service and pose the threat to traffic safety, especially if the school is located near the city arteries or high-speed urban roads. The most obvious unwanted consequences, in that sense, are traffic accidents, whose number in these locations must be reduced to a minimum. The focus of this paper is the spatial analysis of primary schools in the city of Belgrade, that is, their classification in relation to the categorization of the surrounding traffic network and their position in the city. One of the aims of the work is to examine the dependence of traffic accidents and the location of these zones according to the proposed classification. The results of this analysis can help with the selection of adequate design measures, as one, and often the only way to improve the existing situation. Bearing in mind the fact that the choice of measures depends primarily on the road category, the authors believe that, with this analysis, there will be a chance to facilitate the selection in the process of a comprehensive examination of 'School Zones'.*

Key words: *'School Zones', classification, street category, traffic safety*

Apstrakt: *Lokacija škole na saobraćajnoj mreži predstavlja jedan od prvih i osnovnih kriterijuma u procesu saobraćajne analize „Zona škola“. U dosadašnjem pristupu ovoj problematici, pomenuti parametar, je često površno razmatran ili čak izostavljan, što može imati različite negativne posledice. Varijeteti pozicioniranja ovih Zona na mreži saobraćajnica, kao i u gradskom prostoru, osnovni su predmet ovog rada. Generalno, neadekvatno pozicioniranje škole u prostoru može biti uzrok smanjenja nivoa usluge i ugrožavanja nivoa bezbednosti saobraćaja, posebno ukoliko se škola nalazi u blizini gradskih arterija ili brzih gradskih saobraćajnica. Najvidljivije neželjene posledice, u tom smislu, svakako su saobraćajne nezgode, čiji se broj na ovakvim lokacijama mora svesti na minimum. U fokusu ovog rada je prostorna analiza osnovnih škola na teritoriji grada Beograda, odnosno njihova klasifikacija u odnosu na kategorizaciju okolne saobraćjne mreže i njihovu poziciju u prostoru grada. Jedan od ciljeva rada je i ispitivanje zavisnosti saobraćajnih nezgoda i izabranih parametara saobraćajne mreže u “Zoni škole”. Rezultati ove analize mogu pomoći prilikom izbora adekvatnih projektantskih mera, kao jednog, a često i jedinog načina unapređenja postojećeg stanja. Imajući u vidu činjenicu da izbor seta mera prevashodno zavisi od ranga saobraćajnice, autori veruju da će, upravo ovakvom analizom, uspeti da olakšaju selekciju u procesu sveobuhvatnog ispitivanja „Zona škola“.*

Ključne riječi: *„Zona škola“, klasifikacija, rang saobraćajnice, bezbednost*

1. UVOD

Karakteristike određenog prostora umnogome utiču i određuju izbor upravljačkih mera i način tretiranja konkretne lokacije. U pogledu netipičnosti izdvajaju se „Zone škola“, čije su specifičnosti definisane, pre svega, kroz akumulaciju različitih korisničkih grupa i objekata atrakcije u zoni. Funkcionalno „Zone škola“ predstavljaju mesta okupljanja dece i koncentrisanja dečijih aktivnosti tokom celog dana, što dodatno usložnjava

proces upravljanja. Druga važna karakteristika predstavlja neuravnoteženost zahteva različitih korisnika, na koje je potrebno odgovoriti i optimizovati ih u procesu izrade opšteg rešenja. Zbog toga, „Zone škola“, neretko predstavljaju mesta povećanog rizika, čime se uslovljava potreba za čestim inženjerskim intervencijama.

Ipak, u sistemu planiranja, projektovnja i izgradnje samih škola, veoma važan aspekt, koji se često izostavlja je pozicija, odnosno lociranje škole u prostoru, pre svega u odnosu na saobraćajnu mrežu. Naime, izbor lokacije često se svodi na letimično pozicioniranje škole na mestu gde postoji dovoljno prostora, bez detaljnijih analiza saobraćaja, okruženja i sl. Imajući u vidu činjenicu da je rizik od nastanka saobraćajnih nezgoda (vozilo – pešak) šest puta veći u radijusu do 150 metara od škole, nego za radijuse veće od 150 metara (Rothman i dr., 2017), dodatne mere zahtevaju smanjenje rizika u „Zonama škola“, a ne njegovo povećanje.

Pozicioniranjem, odnosno izgradnjom škole na području sekundarnih saobraćajnica, ublažava se kontakt motorizovanih i nemotorizovanih učesnika u saobraćaju (Cooner i dr., 2004). Na taj način potencijalno se smanjuje broj ozbiljnih konflikata i utiče na uslovno unapređenje bezbednosti saobraćaja (Lipovac, 2008). Dodatno, svetska praksa svedoči o činjenici da mreža sekundarnih saobraćajnica pruža veći opseg mogućnosti, pri izboru mera prevencije i unapređenja, nego što je to slučaj sa mrežom primarnih saobraćajnica (New Jersey DoT, 2014). Sa druge strane, u situaciji već izgrađene škole u blizini brzih saobraćajnica, inostrani priručnici savetuju orijentaciju glavnog ulaza škole na sekundarne saobraćajnice (Alberta Government, 2013; North Carolina DoPI, 1998), čime se izbegavaju konflikti dece i brzih vozila i potencijalno smanjuju zagušenja na mreži.

U dosadašnjim istraživanjima nije ispitivana zavisnost kategorije saobraćajnica i nezgoda u „Zonama škola“, već su analizirane samo pojedinačne karakteristike puteva i ulica. Na osnovu toga pružane su specifične smernice uređenja i projektovanja škola i školskog prostora. Ovakav tok aktivnosti često se pokazao kao neefikasan, jer je izostavljan prvi korak u, već pomenutom, procesu planiranja, projektovanja i izgradnje škola. Svetska inženjerska praksa ukazuje da se pravilnim pozicioniranjem škole, u odnosu na saobraćajnu mrežu, preventivno utiče na kasniju pojavu negativnih posledica u saobraćaju (Australia DoLP, 2011; Oregon DoT, 2017).

Shodno pomenutom, primarni cilj ovog rada predstavlja pružanje smernica za pozicioniranje škole i „Zona škola“ u prostoru, na osnovu analize zavisnosti saobraćajnih nezgoda i izabranih elemenata saobraćajne mreže u okruženju. Na taj način pruža se adekvatna preventiva negativnim posledicama u saobraćaju. Sekundarni cilj bazira se na definisanju najrizičnijih škola na području grada Beograda, kako bi se buduće mere i delovanje usmerili, pre svega, na lokacije na kojima su takve aktivnosti najnužnije.

2. METODOLOGIJA RADA

Područje istraživanja ovog rada je 15 gradskih opština u Beogradu i to: Zvezdara, Stari Grad, Novi Beograd, Čukarica, Voždovac, Palilula, Savski Venac, Vračar, Zemun, Rakovica, Barajevo, Mladenovac, Sopot, Surčin i Grocka i 132 Osnovne škole na području tih opština. U analizu nisu uključene muzičke škole, škole za osnovno obrazovanje odraslih i škole za decu sa posebnim potrebama. Takođe, iz analize su isključene i škole koje nisu implementirane u baze podataka: Geosrbija, Integrisana baza podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja (Agencija za bezbednost saobraćaja) i Google Maps aplikacioni internet servis. Za potrebe ovog rada izvršene su sledeće analize:

- Prostorna analiza lokacija „Zona škola“: Vizuelnim ispitivanjem utvrđeno je okruženje škole, prostorni položaj okolnih saobraćajnica i broj ulica/puteva koji direktno okružuju školu.
- Analiza putne/ulične mreže: U ovom delu izvršeno je prikupljanje podataka o kategorizaciji ulične i putne mreže u neposrednoj „Zoni škole”. S obzirom na specifičnost istraživanja u daljoj analizi izvršeno je objedinjavanje saobraćajne, građevinske i urbanističko-planerske kategorizacije putne i ulične mreže. Dobijena modifikovana klasifikacija korišćena je dalje u radu. Svi putevi i ulice svrstani su u pet kategorija: Gradske arterije, Sabirne ulice, Lokalne ulice, Integrisane, blokovske i pešačke ulice i Putevi koji prolaze kroz naselje.
- Analiza saobraćajnih nezgoda: U ovom delu izvršena je analiza saobraćajnih nezgoda na užem području „Zone škole“, kroz ponderisan broj saobraćajnih nezgoda. Podaci o nezgodama preuzeti su iz Integrisane baze podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja, za 2018. godinu. Pored pomenutog analizirana je zavisnost broja saobraćajnih nezgoda i: broja ulica u okruženju škole, kategorije saobraćajnice, grupa saobraćajnica u okruženju i tipa mreže u okruženju škole.
- Mapiranje rizika: Rezultat ovog potpoglavlja predstavlja prostorno definisanje najrizičnijih škola na području grada Beograda.

3. PROSTORNA ANALIZA LOKACIJA „ZONA ŠKOLA“

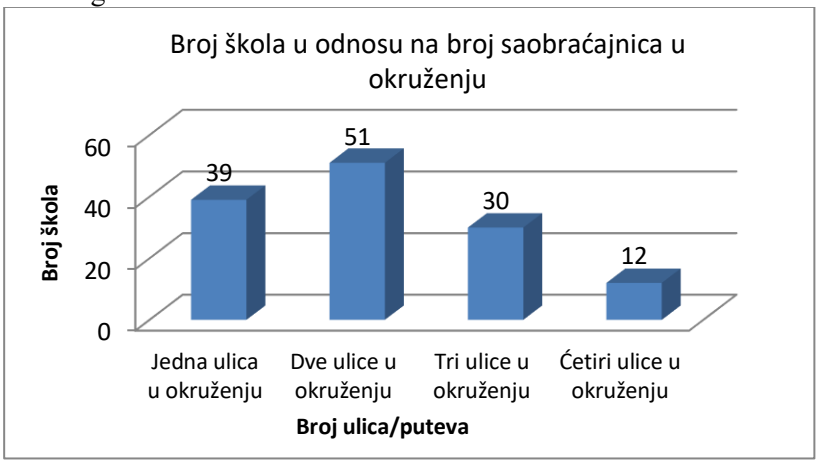
Obuhvat ovog rada čine 15 gradskih opština na teritoriji grada Beograda, sa ukupno 132 osnovne škole. U tabeli 1 prikazane su analizirane opštine, sa ukupnim brojem ispitivanih škola u njima. Opštine su pobrojane u opadajućem nizu, prema broju škola. Iz tabele se može uočiti da je najveći broj analiziranih škola sa područja Opštine Novi Beograd, ukupno 19, dok je najmanje škola analizirano u Barajevu (1).

Na dijagramu 1 prikazan je odnos broja škola i broja saobraćajnica koje se nalaze u njenom okruženju.

Tabela 1. Sumarni prikaz opština sa brojem analiziranih škola u njima

Opština	Br. škola	Opština	Br. škola	Opština	Br. škola
Novi Beograd	19	Čukarica	10	Grocka	4
Palilula	16	Stari Grad	9	Surčin	4
Zemun	16	Rakovica	8	Mladenovac	3
Voždovac	15	Vračar	7	Sopot	2
Zvezdara	12	Savski Venac	6	Barajevo	1

Sa dijagrama 1 može se uočiti da je najveći broj škola koje u okruženju imaju dve saobraćajnice, ukupno 51 škola. Nakon toga slede škole u čijem je okruženju jedna saobraćajnica, ukupno njih 39. Najveći broj ovih škola izlazi na puteve koji prolaze kroz naselje. Ovakav podatak se može povezati sa činjenicom da se škole u naseljima grade tako da budu što bliže glavnim putevima, kako bi se smanjilo vreme opsluživanja škole ili dovoženja i odvoženja dece. Ukupan broj škola u čijem okruženju se nalaze tri ulice je 30, dok je najmanje škola koje izlaze na četiri ulice svega 12.



Dijagram 1. Broj škola u odnosu na broj saobraćajnica koje ih okružuju

4. ANALIZA PUTNE/ULIČNE MREŽE

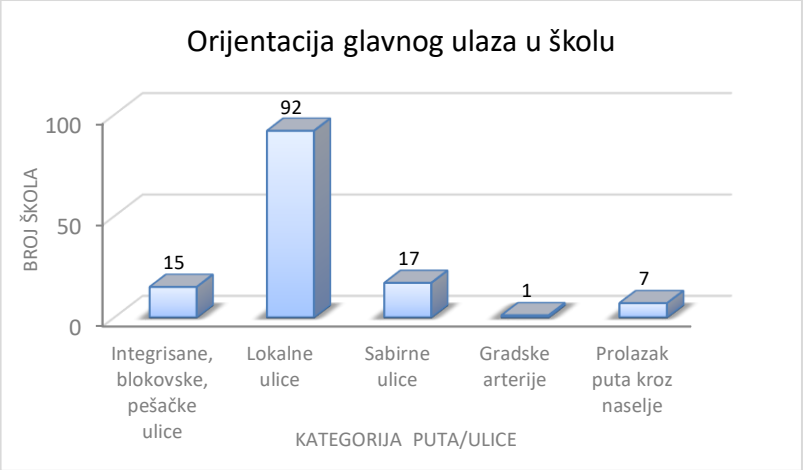
U cilju obuhvatanja željenih tipova saobraćajnica, za potrebe ovog rada, korišćena je kombinovana kategorizacija putne odnosno ulične mreže. U ovoj kategorizaciji saobraćajnice su hijerarhijski razvrstane u: Gradske arterije koje pripadaju primarnoj mreži, Sabirne ulice koje predstavljaju vezu primarne i sekundarne mreže, Lokalne ulice, Integrisane, blokovske i pešačke ulice, koje spadaju u sekundarnu mrežu i Putevi koji prolaze kroz naselje.

U ukupnom uzorku analiziranih ulica, kojih je bilo 280, najviše je lokalnih ulica (77.8%), što je u očekivano s obzirom na to da je predmet istraživanja područje grada Beograda. Nakon njih slede sabirne ulice kojih je u ukupnom uzorku 6.7%, zatim integrisane, blokovske i pešačke ulice kojih ima 18, odnosno 6.5%, gradske arterije 5.4% i na kraju prolasci puteva kroz naselje, koji u ukupnom uzorku učestvuju sa 3.6%.

Na dijagramu 2 prikazan je broj škola u odnosu na saobraćajnicu ka kojoj je orijentisan glavni ulaz.

Sa dijagrama 2 može se uočiti da najveći broj škola ima glavni ulaz orijentisan ka lokalnim saobraćajnicama (69.7% od ukupnog broja škola). Ovakav rezultat je očekivan, s obzirom na činjenicu da je u ukupnom uzorku analiziranih ulica bilo najviše lokalnih. Škola čiji je glavni ulaz orijentisan ka sabirnim ulicama ima 12.9%, nakon njih slede škole čiji je ulaz okrenut ka integrisanim, blokovskim ili pešačkim ulicama (11.3%), zatim škole kojima je ulaz okrenut ka putevima koji prolaze kroz naselje (5.3%) i na kraju škole čiji je

ulaz orijentisan ka gradskim arterijama. U daljem radu izvršena je analiza odnosa broja škola i tipova saobraćajne mreže u okruženju. Za potrebe pomenutog istraživanja definisano je tri tipa mreže:



Dijagram 2. Orijentacija glavnog ulaza u školu

- Primarna – predstavlja školu koja je okružena samo saobraćajnicama primarne mreže,
- Sekundarna – predstavlja školu okruženu samo saobraćajnicama sekundarne mreže i
- Mešovita – definiše školu okruženu saobraćajnicama i primarne i sekundarne mreže.

Putevi koji prolaze kroz naselje su isključeni iz ove analize, s obzirom na to da nisu mogli biti svrstani ni u jednu od pomenutih kategorija.

U ukupno analiziranom uzorku najveći broj škola okružen je saobraćajnicama koje pripadaju sekundarnoj mreži, ukupno 90 škola. Nakon njih slede škole u čijem se okruženju, podjednako, nalaze saobraćajnice primarne i sekundarne mreže (34 škola), dok su na kraju škole, koje su okružene samo saobraćajnicama primarne mreže, ukupno njih 3.

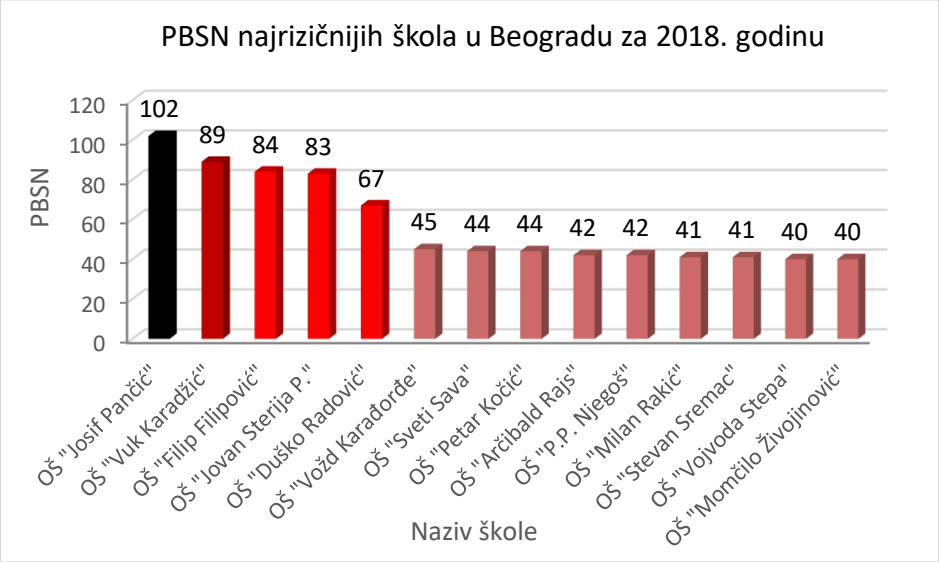
Iz do sada prikazanih rezultata može se uočiti da se najveći broj škola nalazi u „središnjoj“ kategoriji, odnosno na mreži sekundarnih saobraćajnica koju čine prevashodno ulice lokalnog karaktera. Ovakav prostorni raspored škola olakšava postupak izbora i implementacije upravljačkih mera u budućnosti, dok „Zone škola“ koje se nalaze na primarnoj i mešovitoj mreži saobraćajnica zahtevaju dodatnu pažnju pri analizi i izboru adekvatnih mera. U takvim situacijama se pred inženjere stavlja kompleksniji zadatak, s obzirom na to da moraju projektovati i urediti prostor škole, kako bi odgovorili na potpuno oprečne zahteve motorizovanih i nemotorizovanih korisnika, koji se ispostavljaju na pomenuta dva tipa mreže.

5. ANALIZA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

Tokom 2018. godine, na području 132 analizirane škole u Beogradu, dogodilo se ukupno 215 saobraćajnih nezgoda, od čega je najviše nezgoda sa materijalnom štetom (71.2%), nakon čega slede nezgode sa lako telesno povređenim licima (24.2%), dok su na kraju nezgode sa teško telesno povređenim licima (4.6%). Od ukupnog broja saobraćajnih nezgoda, na analiziranim područjima „Zona škola“, dogodila se 31 saobraćajna nezgoda u kojima su učestvovali pešaci. Među povređenim pešacima jedanaestoro su bila deca.

Kako bi se u obzir uzele značajne razlike u tipovima saobraćajnih nezgoda, dalje u radu korišćeni su ponderi, čime se sve saobraćajne nezgode svode na nezgode sa materijalnom štetom. U ovom radu korišćena je grupa pondera, za koju je prihvaćeno da je jedna nezgoda sa povređenim licima teža oko 20 puta od nezgode sa materijalnom štetom, dok je nezgoda sa poginulim licima teža u proseku 150 puta od nezgode sa materijalnom štetom (Lipovac i dr., n.d.).

Na dijagramu 3 prikazano je 14 škola sa najvećim vrednostima ponderisanog broja saobraćajnih nezgoda u Beogradu.



Dijagram 3. Škole sa njavećim vrednostima PBSN na području Beograda

Sa dijagrama 3 mogu se uočiti pet škola koje imaju najviše vrednosti PBSN-a, pa se s toga mogu svrstati u najrizičnije u Beogradu. Ono što je interesantno napomenuti na ovom mestu, je da se svih pet škola nalaze u blizini gradskih arterija, na kojima se i dogodio najveći broj saobraćajnih nezgoda. Na osnovu prikazanog može se izvesti zaključak, da je upravo takva prostorna raspodela saobraćajnica, u okruženju škole, jedan od glavnih uzročnika negativnih posledica u saobraćaju.

U tabeli 2 dati su sumarni rezultati sprovedenih korelacionih analiza. Iz tabele 2 mogu se uočiti vrednosti parametara korelacije, koji ukazuju da broj saobraćajnih nezgoda i broj ulica u okruženju, kao i broj saobraćajnih nezgoda i kategorija saobraćajnice, nemaju linearnu zavisnost. Sa druge strane analiza zavisnosti saobraćajnih nezgoda i preostala dva parametra dala je statistički značajne rezultate. Kako bi se razumela definisana terminologija prikazana u tabeli 2, u nastavku su date grupe saobraćajnica i tipovi mreža, korišćeni za potrebe prikazanih analiza.

Tabela 2. Sumarni rezultati korelacione analize

Zavisnost	**r**	**R^2**	**p**	**Stat. značajnost**
Broj SN i broj ulica u okruženju škole	-0.03	0.0009	0.81	Nije značajno
Broj SN i kategorija saobraćajnice	-0.84	0.71	0.36	Nije značajno
Broj SN i grupa saobraćajnice u okruženju	0.41	0.17	0.04	Značajno
Broj SN i tip mreže u okruženju	0.46	0.21	0.001	Značajno

Definisano je tri grupa saobraćajnica i to:

- I grupa saobraćajnica: lokalne ulice + sabirne ulice,
- II grupa saobraćajnica: lokalne ulice + gradske arterije i
- III grupa saobraćajnica: lokalne ulice + sabirne ulice + gradske arterije.

Definisana su tri tipa saobraćajnih mreža: Sekundarna mreža, Primarna mreža i Mešovita mreža.

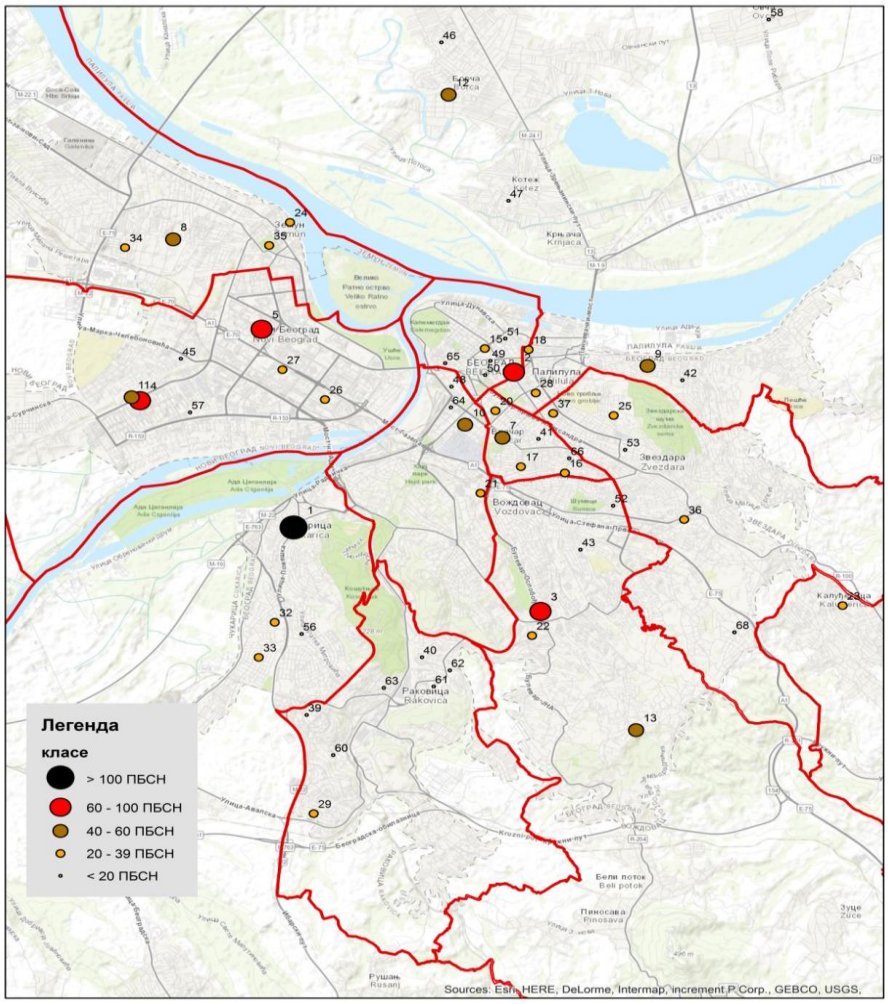
Vrednost koeficijenta korelacije, pri analizi zavisnosti saobraćajnih nezgoda i grupe saobraćajnica, ukazuje na pozitivnu linearnu vezu ova dva parametra, čime se zaključuje da broj saobraćajnih nezgoda raste sa porastom složenosti saobraćajne mreže u okruženju škole. Koeficijent determinacije pokazuje da je 17% saobraćajnih nezgoda posledica prostorne raspodele saobraćajnica u okruženju škole. Ovakvi rezultati mogu se objasniti činjenicom da se situacija, u „Zoni škole“, dodatno usložnjava sa pojavom većeg broja saobraćajnica različitog ranga. Na osnovu prikazanih rezultata preporuka je školu locirati na području na kome ne postoji značajna divergentnost u kategoriji saobraćajnica. Tipičan predstavnik takvih područja su rezidencijalne zone.

Koeficijent korelacije, u analizi zavisnosti broja saobraćajnih nezgoda i tipa mreže, ukazuje na srednju pozitivnu korelaciju, što znači, da će broj saobraćajnih nezgoda rasti, kako se menja tip saobraćajnih mreža, redom: sekundarna, primarna, mešovita, tako da je broj nezgoda najveći na mešovitoj mreži. Ovakvom

zavisnošću objašnjava se 21% saobraćajnih nezgoda, sa mogućnošću greške od 5%. Prikazani rezultat delom jeste očekivan, pre svega zbog složenosti opšte situacije, u slučaju postojanja mešovite saobraćajne mreže u „Zoni škole“. Naime, u takvim okolnostima od vozača se zahteva povećana pažnja kako bi se bezbedno obavio određeni manevar, bilo da se radi o prelasku sa jednog na drugi rang saobraćajnice ili kretanje određenom saobraćajnicom. Takvi uslovi zahtevaju i veoma dobre perceptivne sposobnosti, kako bi se u potpunosti sagledala trenutna situacija u zoni. U skladu sa prikazanim, preporuka je da se škola gradi na području na kome postoje samo saobraćajnice sekundarnog ranga, odnosno lokalne, integrisane, pešačke i blokovske ulice. Školu i „Zonu škole“ ne bi trebalo graditi i implementirati na lokacijama na kojima su saobraćajnice primarne i sekundarne mreže podjednako zastupljene.

6. MAPIRANJE RIZIKA

Na slici 1, prikazana je prostorna raspodela najrizičnijih osnovnih škola na teritoriji grada Beograda. Sa slike 1 mogu se uočiti pet pomenutih škola u prethodnom poglavlju, koje su na mapi označene crnom i crvenom bojom.



Slika 1. Prostorna raspodela najrizičnijih škola na teritoriji grada Beograda

Osnovna škola sa najvećim rizikom je „Josif Pančić“. Na mapi je obeležena brojem 1 i nalazi se u opštini Čukarica. Škola obeležena brojem 2 je „Vuk Karadžić“ u opštini Stari Grad, brojem 3 obeležena je škola „Filip Filipović“ na Voždovcu, brojem 4 označena je škola „Jovan Sterija Popović“ na Novom Beogradu i Osnovna škola „Duško Radović“ obeležena je brojem 5, a nalazi se, takođe, na Novom Beogradu.

U tabeli 3 dat je osnovni set mera sa preporukama za njihovu primenu, u odnosu na katagoriju saobraćajne mreže u „Zoni škole“. Iz tabele 3 može se uočiti da se mere, generalno, razlikuju prema obimu radova, od onih koje zahtevaju manje ili veće građevisnke intervencije, do regulativno-upravljačkih mera koje se odnose na implementaciju horizontalne i vertikalne saobraćajne signalizacije.

Tabela 3. Sumarni prikaz primenljivih mera u "Zoni škole", u zavisnosti od kategorije saobraćajnice

Tip mere	Integrisane, pešačke i blokovske ulice	Lokalne ulice	Sabirne ulice	Gradske arterije	Prolazak puta kroz naselje
Naznačen ulaz u "Zonu škole"	●	●	○	●	●
Horizontalna signalizacija					
Natpis "ŠKOLA"	●	●	●	●	●
Natpis "ZONA ŠKOLE"	○	○	○	○	○
Znakovi projektovani u horizontalnoj ravni	●	○	○	●	●
Vertikalna signalizacija					
Znakovi većih dimenzija	○	○	○	●	●
Znakovi sa žuto-zelenom fluorescentnom podlogom	●	●	●	●	●
Zvučno-vibracione trake	●	●	○	●	●
Zaštitne ograde	○	●	●	●	●
Suženja kolovoza	●	●	●	○	○
Diskontinuiteti kolovoza					
U situacionom planu	●	●	○	●	●
U nivelacionom planu	●	●	○	●	●
Prekidi kontinuiteta	●	●	○	●	●
Mini kružne raskrsnice	●	●	○	●	○
Pešačka ostrva	●	●	○	●	○
Radari	●	●	○	●	●
Izmenljiva saobraćajna signalizacija	○	○	○	●	●
Uređenje zelenila i pejzaža	●	●	●	●	○

● Standardno se primenjuje
○ Opciono se primenjuje
● Nije preporučljivo

7. ZAKLJUČAK

Prostorno-saobraćajnom analizom 132 osnovne škole na teritoriji grada Beograda, za 2018. godinu, dobijeni su podaci koji ukazuju na specifičnosti ispitivanih škola. Prostorna analiza ukazala je na nekoliko važnih karakteristika:

U ukupnom uzorku analiziranih ulica, najviše ima lokalnih (78%). Važan podatak predstavlja i činjenica da 69.7% škola ima orijentaciju glavnog ulaza ka lokalnim saobraćajnicama. Ovaj podatak govori o tome da su škole građene tako, da se najveći broj aktivnosti preusmeri na sekundarne saobraćajnice, što je u skladu sa preporukama inostranih priručnika. Na taj način potencijalno se utiče na smanjenje zagušenja u „Zoni škole" ali i na ublažavanje razlika između motorizovanih i nemotorizovanih korisnika.

Posmatrajući sve saobraćajnice u neposrednom okruženju škole, ustanovljeno je da se 71% škola nalazi na području saobraćajnica sekundarne mreže, čime je omogućen veći izbor upravljačkih mera pri tretiranju „Zona škola", nego što bi to bio slučaj sa saobraćajnicama primarne mreže.

U 2018. godini na području analiziranih škola, dogodilo se ukupno 215 saobraćajnih nezgoda, od čega 14.5% nezgoda sa učešćem pešaka. Od povređenih pešaka 35.4% su bila deca. Ponderisanjem saobraćajnih nezgoda, dobijene su vrednosti koje ukazuju na najrizičnije škole na području grada Beograda. To su, redom u opadajućem nizu, osnovne škole: „Josif Pančić" sa vrednošću PBSN=102, „Vuk Karadžić" sa vrednošću PBSN=89, „Filip Filipović" sa vrednošću PBSN=84, „Jovan Sterija Popović" sa vrednošću PBSN=83, i „Duško Radović" sa vrednošću PBSN=67. Važna karakteristika pomenutih škola je da se svaka nalazi u blizini gradskih arterija, na kojima se i dogodio najveći broj saobraćajnih nezgoda. Ovakvi rezultati ukazuju na urgentnost trenutne situacije i potrebu za hitnim delovanjem, kako bi se otklonili problemi na postojećim lokacijama.

Korelacionom analizom utvrđeno je da broj saobraćajnih nezgoda nema linearnu zavisnost sa: brojem ulica u okruženju škole i sa kategorijom saobraćajnica u okruženju. Pozitivna korelativna veza uspostavljena je između broja saobraćajnih nezgoda i: grupe saobraćajnica u okruženju i tipa saobraćajne mreže u okruženju škole. Ovakvi rezultati ukazuju da je škole bezbednije graditi na mestima gde postoje samo saobraćajnice koje pripadaju sekundarnoj mreži. Shodno tome, preporuka je da se pri budućem planiranju lokacije škole, iste orijentišu upravo na mrežu sekundarnih saobraćajnica.

Generalno, specifičnosti „Zona škola“, kao lokacija koje akumuliraju različite grupe korisnika i sadrže različite objekte atrakcije, zahtevaju sistematičniji i detaljniji pristup prilikom njihovog analiziranja. Temeljnim istraživanjima inostrane stručne literature i usvajanjem preporuka dobre svetske prakse, stvara se sigurna osnova za budući rad i delovanje na unapređenju postojećeg stanja. Upravo dva pomenuta aspekta predstavljaju jasan pravac i orijentaciju budućih istraživanja.

8. LITERATURA

Alberta Govenment. 2013. Guidelines for Planning School Sites.

Australia DoLP. 2011. Guidelines for Road Safety around Schools.

Cooner, Scott A, Kay Fitzpatrick, Mark D Wooldridge, and Garry L Ford. 2004. 7 Traffic Operations and Safety at Schools: Recommended Guidelines.

Lipovac, Krsto. 2008. Bezbednost Saobraćaja.

Lipovac, Krsto, Dragan Jovanović, and Miladin Nešić. "Metodologija Identifikacije Opasnih Mesta Na Putevima." Network 1: 9.

New Jersey DoT. 2014. New Jersey School Zone Design Guide.

North Carolina DoPI. 1998. The School Site Planer.

Oregon DoT. 2017. 02 Guide to School Area Safety.

Rothman, Linda et al. 2017. "The School Environment and Student Car Drop-off at Elementary Schools." Travel Behaviour and Society 9: 50–57.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.af.uns.rs.ba

IMPLEMENTING THE IRAP SRS METHODOLOGICAL APPROACH FOR DETERMINATION OF INFLUENCE OF CRITICAL HUMAN, VEHICLE AND ROAD FACTORS ON THE PROBABILITY OF FATAL ROAD TRAFFIC ACCIDENT OCCURRENCE IN THE REPUBLIC OF CROATIA

PRIMJENA IRAP SRS METODOLOŠKOG POSTUPKA ZA UTVRĐIVANJE UTJECAJA KRITIČNIH ČIMBENIKA ČOVJEK-VOZILO-CESTA NA VJEROJATNOST DOGAĐANJA PROMETNIH NESREĆA SA SMRTNO STRADALIM OSOBAMA NA PODRUČJU REPUBLIKE HRVATSKE

Bojan Jovanović[a], Marko Ševrović[a], Ivica Krajnović[a]

[a] *University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Vukelićeva 4, Zagreb 10000, Croatia, bojan.jovanovic@fpz.hr, marko.sevrovic@fpz.hr, ikrajnovic@fpz.hr*

Abstract: *This paper shows the implementation of iRAP SRS methodological approach for the purpose of identifying the locations of high fatal traffic accidents occurrence risk on the state, regional and local road network in the Republic of Croatia, as well as for performing the detailed statistical analysis of selected dangerous spots in order to determine the influence of road, vehicle and human factors on the probability of road traffic accidents occurrence. Based on the technical revision of 307 locations of fatal traffic accidents, the representative statistical sample of 10% critical locations was selected. The iRAP SRS procedure was then used for detailed analysis of relevant traffic safety, design and technical characteristics of existing road infrastructure and road environment, analysis of available data on road traffic volumes and traffic flow structure, as well as for the analysis of types and causes of occurred road traffic accidents in order to define the appropriate countermeasures. The results of the performed analysis indicate that the implementation of proposed countermeasures is necessary to achieve sufficient road traffic safety level on the observed locations in future periods, i.e. to ensure the maximal reductions in the number of fatal road traffic accidents, considering the available funds.*

Key words: *Road traffic safety, iRAP risk analysis, countermeasures implementation, influential factors of road traffic accidents occurrence*

Apstrakt: *U radu je prikazana primjena iRAP SRS metodološkog postupka za identifikaciju lokacija izrazitog rizika od događanja prometnih nesreća sa smrtno stradalim osobama na mreži državnih, regionalnih i lokalnih cesta u Republici Hrvatskoj te provođenje detaljne statističke analize na utvrđenim opasnim mjestima radi determinacije relativnih utjecaja čimbenika ceste, vozila i čovjeka na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća. Na temelju provedenog tehničkog pregleda 307 lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama, odabran je mjerodavan statistički uzorak koji uključuje 10% kritičnih lokacija izrazitog rizika od događanja prometnih nesreća na kojima je primjenom iRAP SRS metodologije provedena detaljna analiza relevantnih prometno-sigurnosnih, projektno-oblikovnih i građevinsko-tehničkih karakteristika postojeće cestovne infrastrukture i cestovne okoline te dostupnih podataka o postojećim prometnim opterećenjima, strukturi prometnog toka, kao i vrstama i okolnostima nastalih prometnih nesreća. U sklopu detaljne statističke analize odabranih kritičnih lokacija, definirane su odgovarajuće mjere za sanaciju identificiranih nedostataka u relevantnim elementima postojeće cestovne infrastrukture i cestovne okoline s čijom će se provedbom osigurati postizanje zadovoljavajuće razine sigurnosti na promatranim lokacijama cestovne mreže, odnosno maksimalno smanjenje broja prometnih nesreća sa smrtno stradalim osobama u budućim razdobljima, uzevši u obzir raspoloživa novčana sredstva.*

Ključne riječi: *Sigurnost cestovnog prometa, iRAP analiza rizika, sanacija opasnih mjesta, uzročni čimbenici nastanka prometnih nesreća.*

1. UVOD

Cestovni promet u Republici Hrvatskoj zauzima dominantno mjesto u ukupnoj strukturi prijevozne potražnje i prijevozne usluge, dok je prema broju i posljedicama prometnih nesreća Hrvatska još uvijek svrstana u zemlje s visokim postotkom smrtnog stradavanja. Iz toga proizlazi potreba za provođenjem sveobuhvatne analize podataka o prometnim nesrećama sa smrtno stradalim osobama nastalim na području Republike Hrvatske radi identifikacije kritičnih lokacija, odnosno najopasnijih mjesta na postojećoj cestovnoj mreži te utvrđivanja jačine utjecaja osnovnih čimbenika sigurnosti čovjek-vozilo-cesta (Cerovac, 2001; H. obrtnička komora, 2006; Dadić i Kos, 2011) na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća i težinu njihovih posljedica. Na temelju rezultata prethodno provedenih istraživanja podataka o prometnim nesrećama može se zaključiti da se događanje prometnih nesreća može u velikom broju slučajeva predvidjeti te ublažiti njihove posljedice, a u nekim slučajevima i spriječiti njihov nastanak odgovarajućim preventivnim intervencijama u sustavu čovjek-vozilo-cesta. Identifikacijom kritičnih lokacija s izrazitom učestalošću događanja prometnih nesreća sa smrtno stradalim osobama, moguće je ukloniti uočene nedostatke na cesti i u njezinoj okolini, čime se može značajno povećati sigurnost cestovnog prometa, odnosno smanjiti učestalost događanja i posljedice prometnih nesreća u budućim razdobljima. Slijedom navedenog provedeno je istraživanje utjecaja kritičnih čimbenika sigurnosti na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća. Na temelju provedenog istraživanja identificirane su i kritične lokacije izrazitog rizika od događanja prometnih nesreća sa smrtnim posljedicama te je definiran optimalni investicijski plan s odgovarajućim skupinama mjera sanacije, s čijom će se provedbom postići zadovoljavajuća razina sigurnosti na svim promatranim kritičnim lokacijama cestovne mreže.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U sklopu utvrđivanja utjecaja čimbenika cesta, čovjek, vozilo na događanje prometnih nesreća na temelju rezultata analize tehničkog pregleda lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama u funkciji identifikacije opasnih mjesta odabran je mjerodavan statistički uzorak neophodan za istraživanje utjecaja kritičnih čimbenika sigurnosti na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća. Na temelju provedene kvalitativne i kvantitativne analize relevantnih prometno-sigurnosnih (Cerovac, 2001; Rotim, 1990a, 1991b), projektno-oblikovnih (World Road Association (PIARC), 2003; Legac, 2006a, 2008b) i građevinsko-tehničkih karakteristika (M.-H. Handbooks, 2004; Koralet, 1995) elemenata postojeće cestovne infrastrukture i cestovne okoline te dostupnih podataka o postojećim prometnim opterećenjima, strukturi prometnog toka (Božić i dr., 2018), kao i vrstama i okolnostima nastalih prometnih nesreća (Ministarstvo unutarnjih poslova, 2018), iz originalnog statističkog uzorka koji uključuje ukupno 307 lokacija na kojima su se tijekom 2017. godine dogodile prometne nesreće s poginulim osobama, odabrano je 30 mjerodavnih kritičnih lokacija na kojima je provedena detaljna statistička analiza. Na odabranim lokacijama - individualnim 100-metarskim cestovnim segmentima, provedeno je kodiranje relevantnih značajki postojeće cestovne infrastrukture i cestovne okoline primjenom EuroRAP SRS metodologije (Bradford, 2009; Pećnik, 2011). Individualni cestovni segmenti kodirani su na temelju alata webGIS integriranog sustava Fakulteta prometnih znanosti i SRS Demonstrator aplikacije u ViDA programskom okruženju (Bradford, 2014). Vrijednosti relevantnih atributnih skupina bilježene su u sučelju za kodiranje, na temelju iterativnog postupka koji uključuje detaljan pregled georeferenciranih videozapisa odabranih kritičnih lokacija na mreži državnih, županijskih i lokalnih cesta radi utvrđivanja relevantnih značajki ceste i njezine okoline te identifikacije postojećih nedostataka i potencijalno opasnih mjesta koje znatno doprinose povećanju vjerojatnosti nastanka prometnih nesreća i težini njihovih posljedica. Dodatni podaci o organizaciji (Dadić, 2014), vrstama, veličini i strukturi prometnih tokova (Dadić, 2014; Kuzović i Bogdanović, 2010), broju prometnih nesreća i Operativnim brzinama vozila u prometnom toku (medijalna i 85-percentilna brzina) zabilježeni su na temelju webGIS alata za kodiranje prostornih značajki preko karte.

Prvi korak EuroRAP/iRAP SRS metodologije (Bradford, 2009; Marden i Moore, 2013; Ševrović i dr., 2014) podrazumijeva provođenje inspekcije svih relevantnih elemenata cestovne infrastrukture i cestovne okoline koji utječu na postojeću razinu prometne sigurnosti, pri čemu su na temelju specijalno opremljenog vozila za inspekciju cestovne infrastrukture snimljeni georeferencirani videozapisi odabranih kritičnih lokacija na cestovnoj mreži Republike Hrvatske. Na temelju provedenog kodiranja i analize videozapisa utvrđene su kvantitativne vrijednosti razine rizika kojima su izloženi korisnici cestovne infrastrukture na svakoj od odabranih kritičnih lokacija cestovne mreže. Dobivene SRS ocjene rizika pri tome pokazuju postojeću razinu rizika od smrtnog stradavanja i teških ozlijeda sudionika u slučaju nastanka prometnih nesreća na promatranim lokacijama. Odabrane lokacije su prema standardnoj iRAP SRS metodologiji, ovisno o utvrđenim razinama rizika, razvrstane u pet kategorija rizika, pri čemu su lokacije sa najvišom razinom rizika (SRS ocjena od 1 zvjezdice) na karti označene sa crnom bojom, lokacije koje pripadaju kategoriji srednje-visokog rizika (SRS

ocjena od 2 zvjezdice) sa crvenom bojom, lokacije svrstane u kategoriju srednjeg rizika (SRS ocjena od 3 zvjezdice) sa narančastom bojom, lokacije svrstane u kategoriju srednje-niskog rizika (SRS ocjena od 4 zvjezdice) sa žutom bojom, dok su lokacije na kojima je utvrđena najniža razina rizika, odnosno SRS ocjena od 5 zvjezdica na karti označene zelenom bojom.

Kako bi se utvrdio utjecaj kritičnih čimbenika sigurnosti na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća na odabranim lokacijama, relevantne indikatore prometne sigurnosti je potrebno prikazati u obliku odgovarajućih kvalitativnih i kvantitativnih parametara čije se vrijednosti mogu procijeniti na temelju: relevantnih prometno-sigurnosnih, projektno-oblikovnih i građevinsko-tehničkih karakteristika postojeće cestovne infrastrukture i elemenata cestovne okoline utvrđenih temeljem pregleda snimljenih georeferenciranih videozapisa odabranih lokacija na cestovnoj mreži, dostupnih podataka o prometnim opterećenjima i strukturi prometnog toka te prikupljenih podataka o broju, vrstama i okolnostima nastalih prometnih nesreća sa poginulim osobama. Nakon provedenog kodiranja relevantnih značajki postojeće cestovne infrastrukture i cestovne okoline na odabranim, kritičnim lokacijama cestovne mreže u FPZ sučelju za kodiranje i ViDA Demonstrator programskom okruženju (Bradford, 2014), za svaku promatranu lokaciju određene su vrijednosti agregiranih kvalitativnih i kvantitativnih parametara prometne sigurnosti. Za potrebe utvrđivanja jačine korelacije između vrijednosti pojedinih indikatora (čimbenika) prometne sigurnosti te broja, vrste, okolnosti i težine posljedica nastalih prometnih nesreća sa poginulim osobama, za svaku odabranu lokaciju na cestovnoj mreži Republike Hrvatske definirana je matrica čimbenika prometne sigurnosti koja sadrži 19 indikatora na temelju kojih se detaljno opisuju relevantne prometno-sigurnosne, projektno-oblikovne i građevinsko-tehničke karakteristike promatranih cestovnih segmenata, uključujući broj prometnih nesreća, broj poginulih osoba, vrste i okolnosti prometne nesreće, SRS razine rizika od događanja prometnih nesreća, prometna opterećenja na glavnim i sporednim privozima, tip cestovnog segmenta, zakrivljenost projektno-oblikovnih elemenata ceste, ograničenje brzine, operativnu brzinu, kvalitetu projektno-oblikovnih elemenata cestovne infrastrukture, kvalitetu horizontalne i vertikalne prometne signalizacije, kvalitetu pješačke infrastrukture, karakteristike preglednosti i cestovne rasvjete, karakteristike kolničke površine, razine opasnosti objekata uz cestu i kumulativnu razinu rizika.

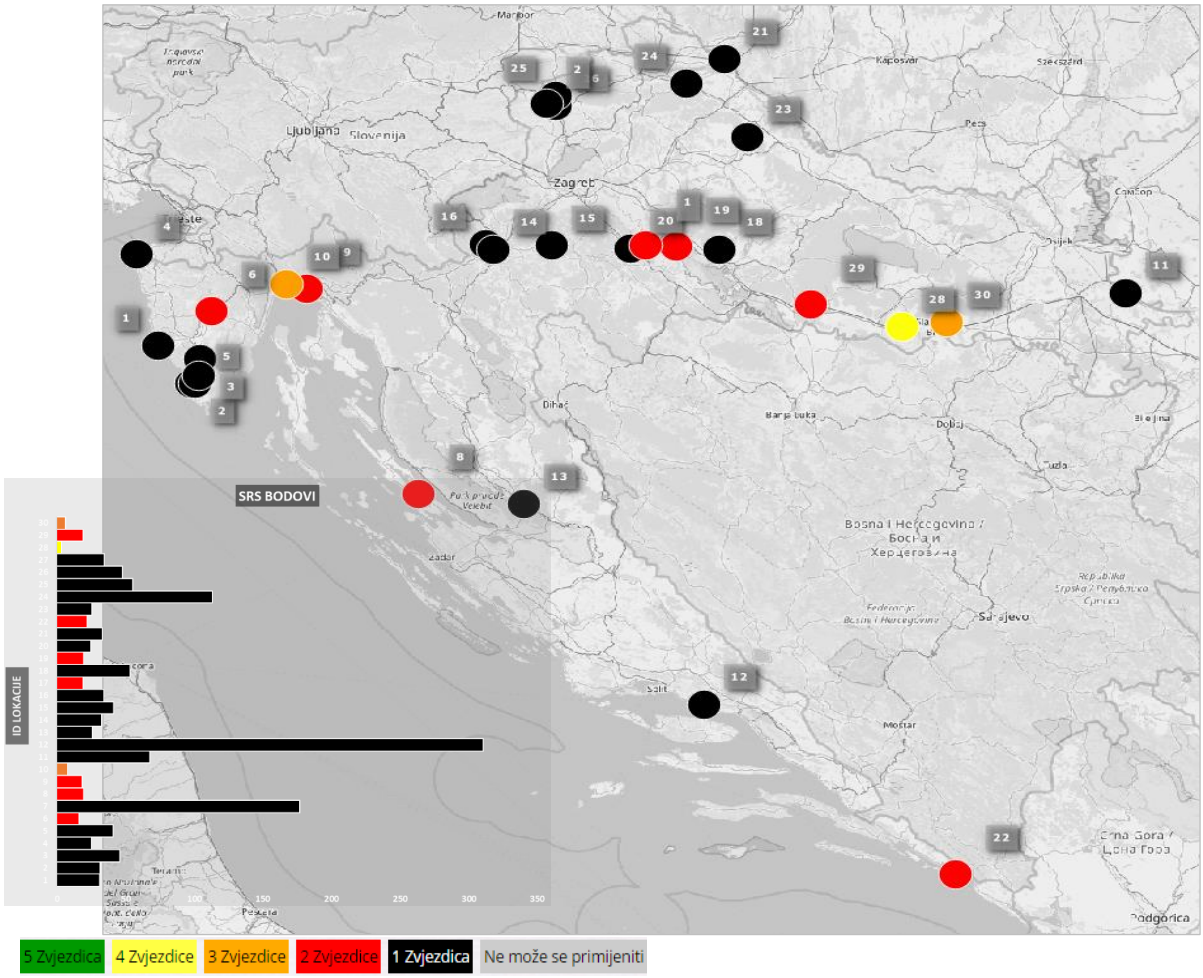
3. REZULTATI KUMULATIVNE ANALIZE UTJECAJA KRITIČNIH ČIMBENIKA SIGURNOSTI NA ODABRANIM LOKACIJAMA CESTOVNE MREŽE

Primjenom iRAP ViDA web aplikacije utvrđene su vrijednosti SRS indikatora rizika na promatranim kritičnim lokacijama, na temelju kodiranih podataka i pratećih podataka o dodatnim atributnim skupinama čije se vrijednosti unose nakon faze kodiranja videozapisa (engl. Post-coding attributes). Prema SRS metodologiji, određivanje vrijednosti indikatora rizika na promatranim cestovnim segmentima temelji se na vrijednostima individualnih relativnih rizika za četiri karakteristične kategorije cestovnih korisnika: vozači i putnici u osobnom automobilu, pješaci, motociklisti i biciklisti.

Tabela 1. Utvrđene iRAP SRS ocjene razina rizika na odabranim kritičnim lokacijama postojeće cestovne mreže u RH, prije provedbe predloženih mjera sanacije

	Vozač i putnici u osobnom automobilu		Motociklisti		Pješaci		Biciklisti	
SRS ocjene - broj zvjezdica	Duljina (km)	Postotak	Duljina (km)	Postotak	Duljina (km)	Postotak	Duljina (km)	Postotak
5 Zvjezdica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.20	6.67%	0.10	3.33%
4 Zvjezdice	0.10	3.33%	0.10	3.33%	0.20	6.67%	0.10	3.33%
3 Zvjezdice	0.20	6.67%	0.20	6.67%	0.20	6.67%	0.40	13.33%
2 Zvjezdice	0.70	23.33%	0.50	16.67%	0.80	26.67%	0.90	30.00%
1 Zvjezdica	2.00	66.67%	2.20	73.33%	1.30	43.33%	1.50	50.00%
Ne može se primijeniti	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.30	10.00%	0.00	0.00%
Ukupno	3.00	100.00%	3.00	100.00%	3.00	100.00%	3.00	100.00%

Na temelju vrijednosti individualnih relativnih rizika za promatrane kategorije cestovnih korisnika, utvrđene su četiri različite vrijednosti SRS ocjena. Kumulativni rezultati analize rizika dobiveni primjenom EuroRAP/iRAP SRS metodologije za promatrane skupine cestovnih korisnika na promatranim kritičnim lokacijama postojeće cestovne mreže u Republici Hrvatskoj, prikazani su na Slici 1. i Tabeli 1.

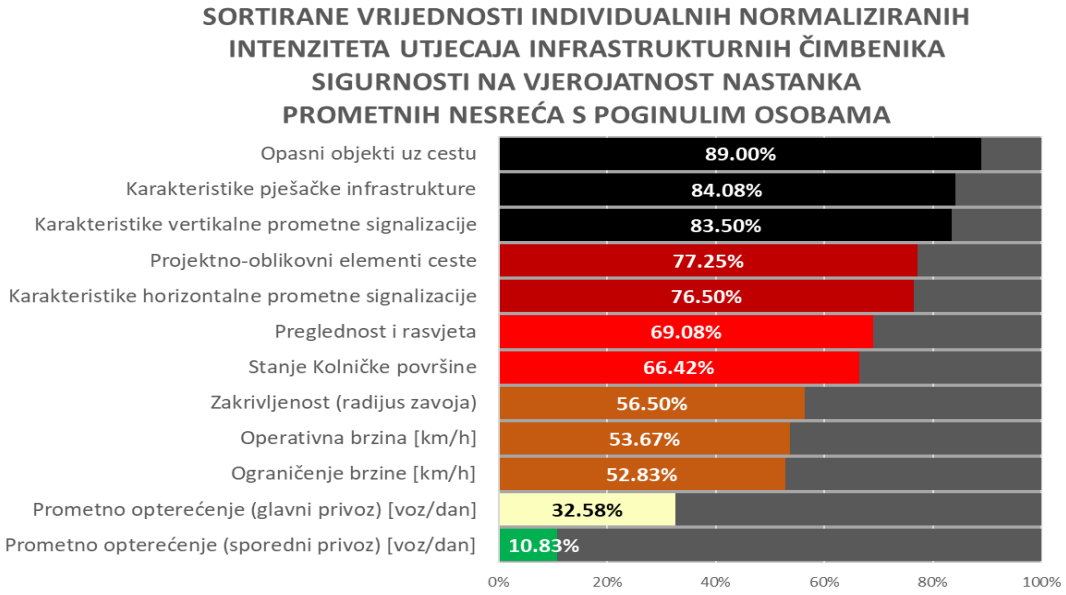


Slika 2. Kartografski prikaz utvrđenih SRS ocjena na promatranim kritičnim lokacijama, prije provedbe predloženih mjera sanacije (vozači i putnici u osobnom automobilu)

Iz utvrđenih ocjena za vozače i putnike u osobnom automobilu vidljivo je da je jako mali broj promatranih kritičnih lokacija (oko 3.33%) ocijenjen s SRS ocjenom od 4 zvjezdice (Srednje-niska razina rizika). Srednja razina rizika (SRS ocjena od zvjezdice) također je utvrđena na relativno malom broju kritičnih lokacija (oko 6.67% lokacija). S druge strane, SRS ocjena od 2 zvjezdice (Srednje-visoka razina rizika) utvrđena je na 23.33% promatranih kritičnih lokacija, dok je najviša razina rizika (SRS ocjena od 1 zvjezdice) utvrđena na čak 2/3 (oko 67%) promatranih kritičnih lokacija. Utvrđene razine rizika za motocikliste još su veće, pri čemu je oko 73% promatranih kritičnih lokacija ocijenjeno s minimalnom SRS ocjenom od 1 zvjezdice (Visoka razina rizika), dok je oko 17% kritičnih lokacija svrstano u kategoriju srednje-visokog rizika (SRS ocjena od 2 zvjezdice). Minimalno prihvatljiva SRS ocjena od 3 zvjezdice (Srednja razina rizika) utvrđena ja samo na 7% promatranih kritičnih lokacija. Preostalih 3% lokacija ocijenjeno je SRS ocjenom od 4 zvjezdice (Srednje-niska razina rizika). Visoke razine rizika utvrđene su i u kategorijama pješaka i biciklista, pri čemu je oko 80% promatranih kritičnih lokacija svrstano u kategorije neprihvatljivo visokog rizika.

Analizom apsolutne i relativne učestalosti aktivacije definiranih kvalitativnih i kvantitativnih statističkih razreda svakog od 19 promatranih utjecajnih čimbenika, sadržanih u dobivenoj sumarnoj matrici, utvrđene su empirijske razdiobe apsolutnih i relativnih učestalosti pojave definiranih intervalnih vrijednosti promatranih utjecajnih čimbenika. Na temelju provedene statističke analize, iz dobivenih empirijskih razdioba vrijednosti pojedinačnih utjecajnih čimbenika izvedeni su normalizirani oblici probabilističkih funkcija sa kojima se pokazuje u kojoj mjeri svaki od promatranih utjecajnih čimbenika doprinosi cjelokupnoj vjerojatnosti od nastanka prometnih nesreća sa smrtno stradalim osobama. Utjecajni čimbenici su nakon toga, poredani prema determiniranim razinama njihovog relativnog doprinosa vjerojatnosti nastanka prometne nesreće te su identificirane skupine kritičnih čimbenika koji imaju najizraženiji utjecaj na povećanje vjerojatnosti nastanka prometnih nesreća s poginulim osobama. Rezultati dobiveni na temelju provedene kumulativne statističke analize kvalitativnih i kvantitativnih vrijednosti promatranih 19 indikatora matrice čimbenika prometne sigurnosti (Slika 2.) pokazuju da se "opasni objekti uz cestu", "karakteristike pješačke infrastrukture", "karakteristike vertikalne prometne signalizacije", "karakteristike horizontalne prometne signalizacije" i "karakteristike projektno-oblikovnih elemenata ceste" s normiziranim intenzitetima utjecaja u rasponu od 76.5%

do 89%, svrstavaju u skupinu kritičnih utjecajnih čimbenika, koji u najvećoj mjeri utječu na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća sa smrtno stradalim osobama.



Slika 2. Sortirane vrijednosti individualnih normaliziranih intenziteta utjecaja infrastrukturnih čimbenika cestovne sigurnosti na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća s poginulim osobama

Relativno veliki utjecaj na vjerojatnost događanja prometnih nesreća imaju i "preglednost i ravjeta" te "Stanje kolničke površine" sa normiziranim intenzitetima utjecaja od 69.08% i 66.42%, respektivno. Također je utvrđeno da čimbenici "Zakrivljenost", "Operativna brzina" i "Ograničenje brzine", sa normiziranim intenzitetima utjecaja od 56.5%, 53.67% i 52.83%, respektivno imaju srednji intenzitet utjecaja na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća, dok čimbenici prometnog opterećenja (na glavnim i sporednim privozima) pokazuju relativno niže razine utjecaja (od 10.83% do 32.58%).

4. RAZVOJ OPTIMALNOG INVESTICIJSKOG PLANA S TROŠKOVNIKOM

Na temelju utvrđenih razina rizika na promatranim lokacijama cestovne mreže, utvrđene su odgovarajuće mjere sanacije i prioriteti njihovog provođenja na način kojim se osigurava maksimalno povećanje prometne sigurnosti, odnosno maksimalna redukcija vjerojatnosti događanja prometnih nesreća i smanjenje težine posljedica u slučaju njihovog nastanka. Predloženi SRIP investicijski plan za podizanje razine prometne sigurnosti na promatranim kritičnim lokacijama cestovne mreže u Republici Hrvatskoj uključuje popis svih mjera sanacije za koje je utvrđen najveći potencijal smanjenja broja i težine prometnih nesreća uz prihvatljive investicijske troškove (maksimalni odnos koristi i troškova). Navedeni investicijski plan je vrijedan pokazatelj za vlasti, investitore i ostale interesne skupine u smislu donošenja daljnjih odluka za provođenje ekonomski isplativih i učinkovitih investicija na temelju kojih će se ostvariti zadovoljavajuća razina prometne sigurnosti na identificiranim kritičnim lokacijama postojeće cestovne mreže na području Republike Hrvatske.

Tabela 2. Popis predloženih najisplativijih mjera sanacije za podizanje razine sigurnosti na kritičnim lokacijama postojeće cestovne mreže u Republici Hrvatskoj

Mjera sanacije	Dužina /Lokacije	Smanjenje broja poginulih i teško ozlijeđenih	Sadašnja vrijednost koristi od povećanja sigurnosti	Procijenjeni troškovi	Koristi po spriječenoj prometnoj nesreći	BCR omjer koristi i troškova
Postavljaje zaštitne odbojne ograde - strana vozača	1.80 km	26	36,051,855 kn	1,344,600 kn	51,545 kn	27
Postavljaje zaštitne odbojne ograde - strana suvozača	1.60 km	26	36,205,311 kn	1,216,300 kn	46,429 kn	30
Poboljšanje vidljivosti (uklanjanje prepreka)	0.60 km	4	5,767,280 kn	113,200 kn	27,127 kn	51
Izgradnja kružnog raskrižja	2 lokacije	4	5,051,708 kn	4,386,000 kn	1,199,927 kn	1
Postavljanje cestovne rasvjete	3 lokacije	4	5,342,369 kn	1,405,000 kn	363,469 kn	4
Postavljanje pješačke zaštitne ograde	0.70 km	3	4,093,365 kn	212,100 kn	71,612 kn	19

Horizontalna i vertikalna prometna signalizacija	3 lokacije	2	3,252,207 kn	1,188,803 kn	505,191 kn	3
Uklanjanje opasnih objekata uz cestu	0.20 km	2	2,415,254 kn	13,200 kn	7,553 kn	183
Mjere za smirivanje prometa	0.10 km	2	2,910,114 kn	65,686 kn	31,195 kn	44
Poboljšanje kvalitete horizontalne signalizacije	0.70 km	1	1,582,539 kn	325,266 kn	284,059 kn	5
Izgradnja prometnog traka za skretanje ulijevo	2 lokacije	1	2,025,656 kn	895,722 kn	611,128 kn	2
UKUPNO/PROSJEK		83	114,630,535 kn	15,176,587 kn	182,978 kn	8

Procijenjeni troškovi nadogradnje i rekonstrukcije promatranih kritičnih lokacija iznose 15.176.587,00 kn, pri čemu vrijednost BCR omjera iznosi 8. Ako se provedu definirane protumjere nadogradnje i rekonstrukcije promatranih kritičnih lokacija, predviđeno je da će se tijekom 20 godina spriječiti ukupno 83 prometnih nesreća sa smrtnim posljedicama i teškim ozljedama. Minimalni omjer koristi i troškova za cjelokupni investicijski plan iznosi 1. U Tabeli 2. prikazan je popis predloženih najisplativijih mjera sanacije za podizanje razine sigurnosti na odabranim kritičnim lokacijama. U slučaju provedbe predloženih mjera sanacije navedenih u investicijskom planu ostvarit će se značajno smanjenje broja prometnih nesreća sa smrtno stradalim i teško ozlijeđenim osobama. Procijenjene SRS ocjene u slučaju provedbe svih predloženih mjera sanacije prikazane su u Tabeli 3. Na temelju prikazanih rezultata, vidljivo je da bi se primjenom predloženog SRIP investicijskog plana znatno povećala razina sigurnosti na promatranim kritičnim lokacijama postojeće cestovne mreže u Republici Hrvatskoj. Nakon provedbe predloženih mjera sanacije, u kategoriji vozača i putnika u osobnom automobilu oko 3% promatranih kritičnih lokacija bilo bi ocijenjeno sa SRS ocijenom od 5 zvjezdica (Niska razina rizika), dok bi čak 20% lokacija bilo ocijenjeno s 4 zvjezdice (Srednje-niska razina rizika). Osim toga, kumulativni rezultati provedene analize rizika pokazuju da bi u slučaju implementacije svih mjera sanacije definiranih u investicijskom planu oko 63% promatranih kritičnih lokacija bilo svrstano u kategorije prihvatljive razine rizika što je značajno poboljšanje u odnosu na postojeće stanje u kojem je oko 90% promatranih lokacija svrstano u neprihvatljivo visoke rizične kategorije. Osim navedenog, postigla bi se i velika povećanja u razinama sigurnosti i za ostale kategorije cestovnih korisnika (motocikliste, pješake i bicikliste).

Tabela 3. Procijenjene iRAP SRS ocjene razina rizika na kritičnim lokacijama nakon provedbe predloženih mjera sanacije

	Vozač i putnici u osobnom automobilu		Motociklisti		Pješaci		Biciklisti	
SRS ocjene - broj zvjezdica	Duljina (km)	Postotak	Duljina (km)	Postotak	Duljina (km)	Postotak	Duljina (km)	Postotak
5 Zvjezdica	0.10	3.33%	0.00	0.00%	0.20	6.67%	0.30	10.00%
4 Zvjezdice	0.60	20.00%	0.40	13.33%	0.80	26.67%	0.10	3.33%
3 Zvjezdice	1.20	40.00%	1.10	36.67%	1.00	33.33%	1.00	33.33%
2 Zvjezdice	0.80	26.67%	0.80	26.67%	0.70	23.33%	1.30	43.33%
1 Zvjezdica	0.30	10.00%	0.70	23.33%	0.00	0.00%	0.30	10.00%
Ne može se primijeniti	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.30	10.00%	0.00	0.00%
Ukupno	3.00	100.00%	3.00	100.00%	3.00	100.00%	3.00	100.00%

Osim navedenog, postigla bi se i značajna povećanja u razinama sigurnosti za motocikliste. Nakon provedbe predloženih mjera sanacije, definiranih u sklopu SRIP investicijskog plana, oko 37% promatranih lokacija bilo bi ocijenjeno minimalno prihvatljivom SRS ocjenom od 3 zvjezdice (Srednja razina rizika), a 13% lokacija bilo bi svrstano u kategoriju srednje-niske razine rizika. Preostale promatrane lokacije pripadale bi kategorijama Srednje-visoke i visoke razine rizika, pri čemu bi 27% lokacija bilo ocijenjeno SRS ocjenom od 2 zvjezdice, te 23% lokacija sa SRS ocjenom od 1 zvjezdice. Razine rizika bile bi znatno reducirane i u kategorijama pješaka i biciklista. Nakon provedbe predloženih mjera sanacije, procjenjuje se da bi relativno veliki broj kritičnih lokacija prešao u kategorije prihvatljive razine rizika (67% i 46% lokacija u kategorijama pješaka i biciklista, respektivno). Preostalih 23% kritičnih lokacija u kategoriji pješaka i 53% lokacija u kategoriji biciklista ostalo bi u visokim kategorijama rizika.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju provedene iRAP SRS analize na 30 reprezentativnih, kritičnih 100-metarskih cestovnih segmenata cestovne mreže u Republici Hrvatskoj, utvrđeno je da su vozači i putnici u osobnom vozilu te motociklisti izloženi izrazito visokim razinama rizika od smrtnog stradavanja i teških ozlijeda u slučaju nastanka prometnih nesreća na čak 90% promatranih lokacija. Slične razine rizika utvrđene su i za ranjive sudionike u prometu (bicikliste i pješake), pri čemu je oko 80% promatranih kritičnih lokacija cestovne mreže svrstano u kategorije neprihvatljivo visokog rizika. Navedeni rezultati pokazuju da prema postojećem stanju, izuzetno veliki postotak promatranih lokacija ne udovoljava minimalnim sigurnosnim standardima definiranim prema iRAP protokolu, za sve četiri promatrane kategorije cestovnih korisnika.

Rezultati dobiveni na temelju provedene kumulativne statističke analize sumarne matrice indikatora prometne sigurnosti pokazuju da se "opasni objekti uz cestu", "karakteristike pješačke infrastrukture", "karakteristike vertikalne prometne signalizacije", "karakteristike horizontalne prometne signalizacije" i "karakteristike projektno-oblikovnih elemenata ceste" s normiziranim intenzitetima utjecaja u rasponu od 76.5% do 89%, svrstavaju u skupinu kritičnih utjecajnih čimbenika, koji u najvećoj mjeri utječu na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća sa smrtno stradalim osobama. Relativno veliki utjecaj na vjerojatnost događanja prometnih nesreća imaju i "preglednost i ravjeta" te "Stanje kolničke površine" sa normiziranim intenzitetima utjecaja od 69.08% i 66.42%, respektivno. Također je utvrđeno da čimbenici "Zakrivljenost", "Operativna brzina" i "Ograničenje brzine", sa normiziranim intenzitetima utjecaja od 56.5%, 53.67% i 52.83%, respektivno imaju srednji intenzitet utjecaja na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća, dok čimbenici prometnog opterećenja (na glavnim i sporednim privozima) pokazuju relativno niže razine utjecaja (od 10.83% do 32.58%).

Osim navedenog, u sklopu provedenih istraživanja je na temelju utvrđenih razina rizika (SRS ocjena) na odabranim, kritičnim lokacijama cestovne mreže u Republici Hrvatskoj, predložen SRIP investicijski plan s odgovarajućim mjerama sanacije za podizanje razine prometne sigurnosti na promatranim opasnim mjestima. U slučaju provedbe predloženog investicijskog plana, razina rizika na većini promatranih kritičnih lokacija bila bi reducirana na srednju razinu rizika (SRS ocjena od 3 zvjezdice), prihvatljivu prema međunarodnim standardima sigurnosti. Kumulativni rezultati provedene statističke analize pokazuju ostvarenje prihvatljivih SRS ocjena na oko 63% promatranih kritičnih lokacija (gotovo 2/3 promatranih kritičnih lokacija) što je značajno poboljšanje u odnosu na postojeće stanje u kojem je oko 90% cestovnih segmenata svrstano u neprihvatljivo visoke rizične kategorije. Osim navedenog, postigla bi se značajna povećanja u razinama sigurnosti i za ostale kategorije cestovnih korisnika (motocikliste, pješake i bicikliste). Prema predloženom investicijskom planu, za implementaciju mjera sanacije potrebno je investirati ukupno 15.176.587,00 kn kako bi se razina sigurnosti na identificiranim, kritičnim dijelovima promatrane dionice podigla na zadovoljavajuću razinu rizika. Vrijednost BCR omjera predložene varijante investicijskog plana iznosi 8. Ukoliko se provedu definirane mjere sanacije nadogradnje i rekonstrukcije predmetnih kritičnih lokacija, predviđeno je da će se tijekom 20 godina spriječiti ukupno 83 prometne nesreće sa smrtnim posljedicama i teškim ozljedama. Prevladavajuće predložene kratkoročne i dugoročne mjere sanacije od kojih se očekuju maksimalni učinci su: postavljanje ili obnavljanje zaštitnih odbojnih ograda s obje strane ceste, poboljšanje preglednosti odnosno uklanjanje prepreka u cestovnoj okolini, poboljšanje kvalitete ili postavljanje horizontalne/vertikalne prometne signalizacije, postavljanje cestovne rasvjete, postavljanje pješačke zaštitne ograde, uklanjanje potencijalno opasnih objekata s obje strane ceste, primjena mjera za smirivanje prometa i izgradnja kružnih raskrižja.

6. LITERATURA

Božić, M., Kopić, D., Mihoci, F., Marold, N. & Gršetić, J. (2018). Brojanje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2017. PROMETIS d.o.o., Zagreb.

Bradford, J. (2014). Accessing Results Using ViDA: A Tour for Reader Account Holders. Brussels: Road Safety Foundation, Brussels.

Bradford, J. (2009). Star Rating Roads for Safety: The iRAP Methodology.

Cerovac, V. (2001). Tehnika i sigurnost prometa. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb.

Dadić, I. (2014). Teorija i organizacija prometnih tokova. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.

Dadić, I., Kos, G. ¸& Ševrović, M. (2014). Teorija prometnog toka. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.

Dadić, I., Kos, G. (2011). Prometne mreže. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.

Hrvatska obrtnička Komora (2006). Tehnika motornih vozila. Pučko otvoreno učilište, Zagreb.

Koralet, Ž. (1995). Uvod u projektiranje i građenje cesta. Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet.

Kuzović, L. & Bogdanović, V. (2010). Teorija saobraćajnog toka. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Legac, I. (2006). Cestovne prometnice I - javne ceste. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.

Legac, I.. (2008). Cestovne prometnice II - raskrižja javnih cesta. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.

Marden, J. & Moore, C. (2013). EuroRAP Performance Tracking Manual. Brussels: Road Safety Foundation.

McGraww-Hill Handbooks (2004). Handbook of transportation Engineering. The McGraw-Hill Companies.

Ministarstvo unutarnjih poslova (2018). Bilten o sigurnosti cestovnog prometa u 2017. godini. MUP, Republika Hrvatska, Zagreb.

Pećnik, H., Lisicin, G.-D. ¸& Ševrović, M. (2011). EuroRAP - Mapiranje rizika na glavnim cestovnim pravcima RH. Zbornik radova 5. Hrvatskog kongresa o cestama. Cavtat: Hrvatsko društvo za ceste Via vita, pp. 57.

Rotim, F. (1990). Elementi sigurnosti cestovnog prometa: Ekspertize prometnih nezgoda - svezak I. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.

Rotim, F. (1991). Elementi sigurnosti cestovnog prometa: Kinetika vozila - svezak II. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.

Ševrović, M., Jovanović, B. & Vidović, K. (2014). Identified traffic safety risk levels comparative analysis on main roads in Croatia in 2007-2012 period, KoREMA - Automatizacija u prometu 2014, Dubrovnik.

World Road Association (PIARC) (2003). Road Safety Manual. R2ute market.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

SAFE AND COMFORTABLE RIDE OF PASSANGERS IN PUBLIC TRANSPORT

Stanislav Tokař[a], Aleš Vémola[a], Roman Mikulec[a]

[a] *Institute of Forensic Engineering BUT, Purkyňova 118, Brno 61200, Czechia, stanislav.tokar@usi.vutbr.cz, ales.vemola@usi.vutbr.cz, roman.mikulec@usi.vutbr.cz*

Abstract: *Public transport is an important part of the daily life of people living in large cities. Ensuring that passengers are transported comfortably and safely is one of the main tasks of transport companies. Transportation in cities is provided by various means of transport. Critical situations may occur in transport and knowledge of the effect of vehicle's longitudinal and lateral acceleration on passengers is necessary for subsequent assessment. In the city of Brno (Czech Republic), where the research was conducted, passenger transport is provided by city buses, trolleybuses and trams. The first set of measurements deals with the analysis of trolleybus and tram deceleration and its effect on standing passengers during normal operation and test runs. The second set of measurements focused on determining the limit of comfortable and safe driving for a seated and standing passenger during normal operation on tram, trolleybus and bus lines in Brno.*

Key words: *Public transport, passengers, safety, ride comfort*

1. INTRODUCTION

Mass public transport (MPT) is a system of public transport lines designed to provide transport services to cities, by means of transport such as buses, trolleybuses, and trams and in larger cities, a subway. Public transport has become an integral part of urban infrastructure with high demands placed on it in terms of safety, availability, time and comfort. With increasing traffic, the likelihood of non-standard traffic situations increases as well (slow moving traffic, heavy braking, traffic accidents, etc.), which leads to reduced passenger comfort and safety.

One of the main parameters that has an effect on passenger comfort and was explored in studies (Castellanos, et al., 2011) and (Castellanos and Fruett, 2014) was the acceleration of a vehicle, which affects passengers when MPT vehicle drives over rough road surface. In particular, the measuring equipment and the algorithm used to assess ride comfort were presented (at the same time, it was possible to detect road defects which further decrease passengers' comfort when driven over by the vehicle). A similar research was presented in a study (Eboli, et al., 2016), where, based on preliminary analysis of data it was concluded that a rate of 0,13 point out of the defined threshold could be adopted for indicating a limit situation, distinguishing between a low and a high level of comfort.

Passenger comfort in connection with transport modeling (specifically measures to improve public transport) has been addressed in a study (Van Oort, et al., 2015). The case study results indicated that not considering capacity and comfort effects could lead to a substantial underestimation of effects of certain measures aiming to improve public transport. Passenger comfort was also addressed in a study (Simeunovic, 2012), which reported an increase in passenger comfort due to reduced occupancy rates and shorter times between departures.

Study of authors (Cheng et al., 2010) focused on the use of GPS technology and 3-axis accelerometers in mobile phones to develop an algorithm for evaluating comfort ride in public transport vehicles (Comfort Measuring System – CMS). A study conducted in the city of Taipei proved good algorithm accuracy (93.7%) if the GPS is functioning properly and the route is included in the authorized data. 4% of bus rides were considered as comfortable, 17% uncomfortable and the rest were between these two extremes. There was no big difference in ride comfort between different bus companies. Small buses were less comfortable than standard-size buses.

It is clear from studies mentioned above that one of the main criteria for evaluating comfort and safety of public transport ride is the acceleration (or deceleration) acting on the passengers. These values may vary widely due to unexpected traffic situations. The following measurements focused on assessing driving maneuvers of

trams, trolleybuses and buses depending on the comfort and safety of passengers. The measurements were carried out in cooperation with the Brno Public Transport Company (DPMB) in 2012 and 2017. The results of the measurements were processed in the form of final theses of students whose supervisors were the authors of this article.

2. METHODS AND MEASUREMENTS

2.1 Safety of standing passengers

Measurement of driving dynamics influence on stability of standing passengers was performed in 2012. Measurements performed in trolleybuses were described in (Semmler, 2012) and in trams in (Skupová, 2012).

During measurements with trolleybuses, the actual driving tests were carried out with figurants, the results were evaluated and subsequently, measurements were carried out in real traffic by observing real passengers. Acceleration or deceleration was measured with the XL Meter Pro Gama instrument during driving tests and with the Motor - Meter device in real traffic. The trolleybus used in the driving tests was Škoda 21Tr, measurements in real traffic were carried out in Škoda 14TrM, Škoda 21Tr and articulated trolleybuses Škoda 15TrM and Škoda 22Tr.

Measurements were focused on finding value of braking deceleration of the vehicle (trolleybus), during which there is a visible loss of stability of the standing passenger and in extreme cases even a fall, see Figure 1. The illustrated road test had following parameters: initial speed 35 km/h, braking distance 8,7 m, braking time 1,79 sec, MFDD = 5,7 m/s^2. This mean value of braking deceleration represented extreme values and this severity of braking would correspond with a reaction to a non-standard situation in traffic. In this driving test, both standing figurants fell down and there was dangerous movement of seated passengers.

Measurements made in real traffic consisted of driving on the busiest trolleybus lines no. 25 and 26 in city of Brno. Approximately 211 measurements were recorded, in 11 cases the stability of standing passengers was impaired, with value of deceleration ranging from 1,55 to 3,6 m/s^2.

All the measurements were then divided into three categories based on the deceleration values:

- without apparent impact on passengers - A,
- impaired passenger stability - B,
- extreme impact on stability and passenger fall - C.

Measurement of braking deceleration of trams and its influence on standing passengers was carried out with Škoda 03T Anitra trams on test track in Pisárky depot owned by DPMB. The deceleration was measured using the XL Meter Pro Gamma instrument and the trailing wheel method. The deceleration of individual rides ranged from 1, 65 to 3,13 m/s^2.

Figure 1. Drive test with figurants in trolleybus

2.2 Comfortable and safe driving for a seated and standing passengers

The measurements were carried out in 2016 and 2017 in various means of public transport in city of Brno. These were bus, tram and trolleybus lines of DPMB. Students were used as figurants who travelled on pre-selected sections of public transport lines and tried to evaluate the influence of driving dynamics on the level of their comfort, respectively their safety. The figurants were both seated and standing passengers, see Figure 2. Deceleration and acceleration values were recorded using the XL Meter Pro Gamma instrument. In many cases it was a simultaneous effect of longitudinal and lateral acceleration on figurants, which they evaluated as a whole. Individual driving maneuvers were subjectively evaluated by sitting and standing figurants on a scale from 1 to 5 (best to worst). Scale of subjective evaluation:

- Comfortable - 1,
- Reduced comfort - 2,
- Reduced safety - 3,
- Risky - 4,
- Dangerous - 5.

Figure 2. Seated and standing figurants in tram

3. RESULTS

3.1 Safety of standing passengers

Evaluation of trolleybus deceleration effect was divided by sex to men and women in the early adulthood category (in range from 20 to 40 years). The data were divided to those from driving tests and those from measurements in real traffic; an overview of the individual limit values is provided in Tables 1 and 2.

Table 1. Results from measurements deceleration on trolleybus – Male

Category	Test drives (m/s^2)	Real traffic (m/s^2)	Complete (m/s^2)
A	1,84	2,1	2,1
B	2,4 – 3,27	2,3	2,1 – 3,3
C	4,63	3,6	>3,3

Table 2. Results from measurements deceleration on trolleybus – Female

Category	Test drives (m/s^2)	Real traffic (m/s^2)	Complete (m/s^2)
A	1,84	1,8	1,9
B	2,4	2,3	1,9 – 2,8
C	4,63	-	>2,8

The aim of measurements in real traffic with passengers travelling on DPMB lines was to gather information from real traffic, including the deceleration values, which were measured with the Motor - Meter instrument. This was followed by a statistical evaluation with the highest recorded deceleration value of 3,6 m/s^2 resulting in extremely endangered stability of a standing passenger. Significant values include deceleration of 2,3 m/s^2, which was the value oscillating at the boundary of the interval corresponding with higher stability impairment.

The age of figurants used in driving tests ranged from 22 to 30 years, i.e. in the early adulthood category. A total of 12 driving tests were carried out with a gradually increasing intensity of trolleybus deceleration. After obtaining the information and data, the statistical evaluation was carried out again. Based on these data, individual deceleration limits have been created, depending on the intensity with which they affected the standing passenger. The following limits have been set for women:

- up to 1,9 m/s^2 – without apparent influence,
- from 1,9 to 2,8 m/s^2 – stability impairment,
- over 2,8 m/s^2 – extreme stability impairment leading to fall.

With men, due to the different composition of the organism and thus higher expected physical resistance, the limits are increased:

- up to 2,1 m/s^2 – without apparent influence,
- from 2,1 to 3,3 m/s^2 – stability impairment,
- over 3,3 m/s^2 – extreme stability impairment leading to fall.

The evaluation was carried out for the early adulthood category. Thus, it is very likely that if these limits were applied to passengers in the older age category, the above-mentioned deceleration limits would need to be adjusted by data obtained from measurements for this particular age group.

From the measurements carried out in trams, the deceleration limit value at which the standing passenger would maintain the stability was established. This value reached 3,12 m/s^2 based on the measured values and observed situations. The analysis of figurant movements during braking was also used. Figurants who participated in tests were between 25 and 50 years old. For older age groups, the deceleration limit at which standing passengers would not loose stability would be lower. Higher age categories of passengers were not included in the practical measurements to avoid the risk of injury.

3.2 Comfortable and safe ride for seated and standing passengers

Measurements were performed with XL Meter instrument in real traffic, on selected lines of public transport vehicles in Brno. A total of about 300 longitudinal and lateral acceleration values were measured, from which (based on subjective evaluation) standing and seated passenger ride limits were set for comfortable ride, risky ride limit for a standing passenger and a lowered-safety ride limit for a seated passenger who has not evaluated any of the rides by grade worse than 3. The values of longitudinal and lateral acceleration of the vehicle evaluated for a standing passenger is provided in Table 3 and for a seated passenger in Table 4.

Table 3. Results from measurements on trolleybus, bus and tram lines – standing passengers

Category	Tram (m/s^2) Longitudinal / Lateral	Trolleybus (m/s^2) Longitudinal / Lateral	Bus (m/s^2) Longitudinal / Lateral
Comfortable – 1	1,05 / 1,17	1,03 / 1,34	0,74 / 1,73
Risky – 4	1,61 / 2,04	1,41 / 1,72	1,58 / 2,13

Table 4. Results from measurements on trolleybus, bus and tram lines – seated passengers

Category	Tram (m/s^2) Longitudinal / Lateral	Trolleybus (m/s^2) Longitudinal / Lateral	Bus (m/s^2) Longitudinal / Lateral
Comfortable – 1	1,23 / 1,26	1,17 / 1,39	0,97 / 1,83
Reduced safety – 3	1,62 / 1,65	1,68 / 1,29	1,43 / 2,20

During real traffic measurements, only few maneuvers were identified and graded 4 by a standing passenger. Therefore, maneuvers (and acceleration measurements) in category 4 are at the boundary of A and B ratings for measurements done in 2012. The measurements which should correspond with ratings B to C for 2012 measurements were not achieved with measurements in 2016 and 2017 in normal operation of public transport.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

Results obtained from conducted experiments cannot be objectively compared with the results of the mentioned studies in the introduction chapter due to different evaluation techniques based mainly on subjective evaluation of rides.

For example, a study (Eboli et al., 2016) looked at passenger comfort perception in buses. The measurements were evaluated using an acceleration vector in the plane of motion and based on the calculated values, the limit values were determined, which led to ratio indicator of limit values to total values, set to 0,13, which divided rides to uncomfortable and comfortable. This coefficient, however, could not be compared with the longitudinal and lateral acceleration values gained by measurements presented in this study.

The research conducted in 2012 was focused solely on braking deceleration of a trolleybus and tram and its influence on stability of standing passengers. The study conducted in 2016 and 2017 was carried out in real traffic, with passengers almost always experiencing longitudinal and lateral acceleration. Thus, the figurants could feel a loss of comfort or risk differently. The rating (grading) was also carried out in more categories and therefore, it was a highly subjective evaluation of each individual.

From acceleration values measurements in (Hlavová 2017) and subjective evaluation values it was found they did not differ depending on the type of a vehicle. An assumption was made that newer vehicles would offer greater comfort for passengers by providing greater absorption of negative effects or driving style. This assumption was, however, not confirmed. The measured values were very similar for all types of vehicles in which measurements were taken. Therefore, it cannot be proclaimed that the newer vehicles would provide more comfort for passengers based on safety features (innovations in suspension, shock absorbers etc.). However, comfort from a standpoint of seats manufacturing, presence of info-screens in vehicles and many other innovations, clearly showcase benefits of newer units.

Measuring of on-board comfort is very difficult as it represents passenger's subjective feelings which are influenced by many factors (noise, vibration, vehicle occupancy, temperature comfort, etc.), as presented for example in (Barone et al., 2018). In the presented measurements there were situations where in some cases the evaluation of the figurants did not coincide with the results in the graphs. This could be caused by the fact that even during faster driving the feeling of danger was not noticeable, because in new vehicles passengers have more opportunities to hold on to something (new handles, handrails) and there are new, specially-shaped seats. That is why passengers are less likely to lose balance.

From all the measurements carried out, it is possible to determine the extent of public transport vehicles deceleration, where worse stability of passengers appears (especially with standing passengers) and significantly increases the risk of injury. For standing passengers, this value is in range from 2 to 3 m/s^2; however, it will always depend on a number of factors that will have major impact. These include age and physical condition, position in the vehicle, manner of holding, etc.

With the development of agglomerations, the urban public transport network will grow in order to provide transport services to population. It is also necessary to focus on the comfort and safety of passengers, especially when unexpected situations in traffic arise, to which the driver must respond. In these situations, possible passenger injuries (and their cause) are investigated. If acceleration course is recorded by on-board equipment in public transport vehicles, it is possible to assess whether the driving maneuver was severe enough to affect passengers and their stability up to a point where the stability would be lost and passengers would eventually fall. The presented measurements should be followed by verifying measurements using a wider representation of age groups (children, seniors).

5. REFERENCES

Barone, V. et al. Comfort Index CI (bus): A methodology to measure the comfort on board. Procedia computer science, 2018, 134: 439-444.

Castellanos, J. c., & Fruett, F. (2014). Embedded system to evaluate the passenger comfort in public transportation based on dynamical vehicle behavior with user's feedback. Measurement, 47(1), 442-451.

Castellanos, J. c., Susin, A. a., & Fruett, F. (2011). Embedded sensor system and techniques to evaluate the comfort in public transportation. 2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 1858-1863.

Eboli, L., Mazzulla, G., & Pungillo, G. (2016). Measuring Bus Comfort Levels by using Acceleration Instantaneous Values. Transportation Research Procedia. 18, 27-34.

Hlavová, V. (2017). Měření jízdních manévrů vozidel hromadné přepravy osob, pro stanovení komfortní a bezpečné jízdy. Diploma thesis. Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství.

Cheng-Yu, Lin, Chen Ling-Jyh, Chen Ying-Yu and Lee Wang-Chien. (2010). A Comfort Measuring System for Public Transportation Systems Using Participatory Phone Sensing. Online:

(https://pdfs.semanticscholar.org/a1da/6df159591d230430cfc09933a0d49f0120e4.pdf) 28.08.2019.

Semmler, P. (2012). Analýza zpomalování trolejbusů a vyhodnocení jeho účinků na stojící cestující. Diploma thesis. Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství.

Simeunovic, M. (2012). Influence of vehicle headway irregularity in public transport on in-vehicle passenger comfort. Scientific Research and Essays, 7(32).

Skupová, D. (2012). Analýza zpomalování tramvají a vyhodnocení jeho účinků na stojící cestující. Diploma thesis. Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství.

Van oort, N., Drost, M., Brands, T., & Yap, M. (2015). Data-driven public transport ridership prediction approach including comfort aspects. CASPT 2015: 13th International Conference on Advanced Systems in Public Transport, Rotterdam, Netherlands, 2015.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

SPECIFICITY OF DETERMINING THE CURRENT SITUATION OF THE DANGEROUS SITUATION IN ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS IN WHICH PEDESTRIANS ARE INVOLVING

SPECIFIČNOST ODREĐIVANJA TRENUTKA NASTANKA OPASNE SITUACIJE U ANALIZI SAOBRAĆAJNIH NEZGODA U KOJIMA UČESTVUJU PJEŠACI

Osman Lindov[a], Adnan Omerhodžić[a]

[a] *Univesity of Sarajevo, Faculty of Transport and Communications, Zmaja od Bosne 8, Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina, olindov@gmail.com, adnan.omerhodzic@gmail.com*

Abstract: *A dangerous traffic situation is any traffic situation, activity or activity of the participants in the traffic that can lead to the occurrence of a traffic accident. In the time-spatial analysis of traffic accidents, the baseline of analysis is the determination of the moment of occurrence of a dangerous situation. The moment of occurrence of a dangerous situation is the moment in which traffic participant is required to react and take security actions in order to avoid the occurrence of a traffic accident. The aim of the research of this paper is to show the specifics of the characteristic behaviors, dynamics and ways of pedestrian movement and influence on determining the moment of occurrence of a dangerous situation in the analysis of traffic accidents in which pedestrians involving. The paper uses the approach of identifying and analyzing previous research as well as analyzing existing trends in practical application. Research, comparative analysis and simulation methods were used. Research on the basis of a specific traffic accident through this paper contributes to the creation of a critical basis for a more detailed treatment of available data and information, as well as the specificity of each individual traffic accident in which pedestrians involving, with a special aspect to the importance of treating the moment of occurrence of a dangerous situation. The importance of the work is reflected in the development of practical approaches to traffic accident analysis. Through the example of a specific traffic accident, the importance of specifying the moment of occurrence of a dangerous situation in traffic accidents involving pedestrians is emphasized.*

Key words: *time-spatial analysis; speed and ways of pedestrian movement; point of contact; simulation; traffic accident reconstruction.*

Apstrakt: *Cilj istraživanja ovog rada je ukazati na specifičnosti karakterističnih ponašanja, dinamike i načina kretanja pješaka i uticaj na određivanje trenutka nastanka opasne situacije u analizi saobraćajnih nezgoda u kojima učestvuju pješaci. U radu je korišten pristup identifikacije i analize dosadašnjih istraživanja kao i analiza postojećih trendova u praktičnoj primjeni. Korištene su metode istraživanja, komparativne analize i simulacije. Istraživanje na osnovu konkretne saobraćajne nezgode kroz ovaj rad, doprinosi stvaranju kritičke osnove za detaljnije tretiranje raspoloživih podataka i informacija kao i specifičnosti svake pojedine saobraćajne nezgode u kojima učestvuju pješaci, sa posebnim aspektom na značaj tretiranja trenutka nastanka opasne situacije. Značaj rada ogleda se u razradi praktičnih pristupa u analizi saobraćajne nezgode, gdje se kroz primjer studije slučaja konkretne saobraćajne nezgode, naglašava značaj specifičnosti određivanja trenutka nastanka opasne situacije kod saobraćajnih nezgoda u kojima učestvuju pješaci.*

Ključne riječi: *vremensko-prostorna analiza; brzina i način kretanja; mjesto kontakta; simulacija; rekonstrukcija saobraćajne nezgode.*

1. UVOD

Općenito, istraživanja saobraćajnih nezgoda u kojima su učestvovali pješaci, prije svega istraživanja elemenata brzine i načina kretanja pješaka, vidljivosti pješaka, uslovnih mogućnosti izbjegavanja saobraćajne nezgode od strane pješaka i doprinosa nastanku saobraćajne nezgode neadekvatnim ponašanjem pješaka, imaju relativno dugu historiju, što je primjetno iz mnogobrojne načne i stručne literature iz ovog područja. Rezultati navedenih istraživanja predstavljaju osnovu inžinjerske ekspertne metodologije, metoda, postupaka i druge stručne literature koja se koristi u praktičnoj analizi i vještačenju saobraćajnih nezgoda. Značajan doprinos u procesu analize i vještačenja saobraćajnih nezgoda daju softverski alati, simulatori i savremeni uređaji i oprema.

Međutim, u praksi pristup svakoj pojedinačnoj saobraćajnoj nezgodi prilikom izrade vještačenja od strane vještaka saobraćajne struke zahtjeva visok nivo stručnosti, tačnosti i ozbiljnosti. Jedan od najznačajnih segmenata u okviru vještačenja saobraćajne nezgode u kojoj su učestvovali pješaci, predstavlja izrada vremensko-prostorne analize saobraćajne nezgode. U ovom radu je predstavljen izvod iz ekspertize saobraćajne nezgode u kojoj su učestvovali putnički automobil i pješak, kako bi se prikazao značaj, specifičnosti i uticajni faktori koje je potrebno razmotriti prilikom izrade vremensko-prostorne analize.

Jedan od osnovnih razloga nastanka saobraćajnih nezgoda je kasno uočavanje ostalih učesnika u saobraćaju (Rumar, 1990). Prema istraživanju parametara vidljivosti pješaka i biciklista, navodi se da podatak o vidljivosti učesnika u saobraćaju može značajno varirati u zavisnosti od uslova koji važe na terenu, i sve eksperimentalno dobijene vrijednosti treba koristiti sa velikim oprezom, i strogo u uslovima koji apsolutno odgovaraju eksperimentu u kojem su vrijednosti dobijene (Pešić i dr., 2015). Vidljivost učesnika u saobraćaju često predstavlja osnovni kriterijum u vremensko-prostornoj analizi u Nalazu i mišljenju vještaka. Prema drugom istraživanju vidljivosti pješaka (Tyrrell i dr., 2009), dokazano je da starost vozača, kao i konfiguracija različitih reflektujućih dijelova odjeće statistički značajno utiče na daljinu vidljivosti pješaka.

Prema istraživanjima (Lindov i dr., 2011; Omerhodžić i Lindov, 2013) izvršeno je praktično ispitivanje validnosti softverskih aplikacija i alata u analizi saobraćajnih nezgoda u kojima su učestvovali putnički automobili i pješaci.

Prema razmatranju definisanja opasne situacije u saobraćaju kod krivičnih dijela ugrožavanja javnog saobraćaja, data je definicija opasne situacije i to: Opasna situacija je nepropisan i ugrožavajući saobraćajni tok, nastao od strane jednog, dva ili više učesnika, koji ukoliko se u dovoljnoj mjeri ne promjeni ili zaustavi, dovodi do saobraćajne nezgode koja za posljedicu ima nastanak tjelesnih povreda učesnika ili materijalne štete koja prelazi iznos od 200.000 dinara (oko 6.600 KM ili oko 3.300 EUR) (Radosavljević, 2015).

Na osnovu komparativne analize (Papić i dr., 2009) postojećih i najčešće primjenjivanih analitičkih metoda u ekspertizama saobraćajnih nezgoda tipa nalet vozila na pješaka i računarskih metoda baziranih na trodimenzionalnim modelima pješaka u okviru programskih paketa PC Crash i Virtual Crash, ukazano je na osnovne prednosti i nedostatke primjenjenih metoda u postupku ekspertiza saobraćajnih nezgoda.

Prema istraživanju (Nerger i dr., 2017) specifičnih i netipičnih saobraćajnih nezgoda korišten je interdisciplinarni timski rad i rekonstrukcija saobraćajne nezgode, sa posebnim osvrtom na usklađivanje ozljeda pješaka sa oštećenjima automobila.

2. METODE

Osnova rada koncipirana je na pojednostavljenom pregledu i razradi konkretnog primjera specifične saobraćajne nezgode u kojoj su učestvovali putnički automobil i pješak, a koja se dogodila na određenoj dionici magistralne ceste u naseljenom mjestu u Bosni i Hercegovini. Poseban fokus je usmjeren na specifičnosti načina određivanja trenutka nastanka opasne situacije. Dakle, u radu je predstavljen pregled karakterističnih elemenata ekspertize saobraćajne nezgode koji su odnose na specifičnost određivanja trenutka nastanka opasne situacije, odnosno predstavljeni su elementi određivanja mjesta kontakta putničkog automobila i pješaka, određivanja brzina i načina kretanja putničkog automobila i pješaka i elementi vremensko-prostorne analize saobraćajne nezgode.

U cilju što jasnije i sveobuhvatnije analize saobraćajne nezgode u izradi predmetne ekspertize korišten je ekspertni pristup (Lindov i dr., 2015), koji u osnovi podrazumijeva sljedeće obavezne elemente: Uvod; 1. Osnovni podaci; 1.1. Osnovni razlozi za izradu nadvještačenja - ekspertize saobraćajne nezgode; 2. Raspoloživa dokumentacija; 3. Nalaz 3.1. Karakteristike saobraćajnice; 3.2. Tragovi saobraćajne nezgode; 3.3. Stanje i povrede učesnika saobraćajne nezgode; 3.4. Podaci, stanje i oštećenja na vozilima; 3.5. Mjesto kontakta; 4.

Brzina i način kretanja učesnika u saobraćajnoj nezgodi; 5. Vremensko-prostorna analiza saobraćajne nezgode; 6. Dinamika nastanka saobraćajne nezgode i 7. Mišljenje i zaključak.

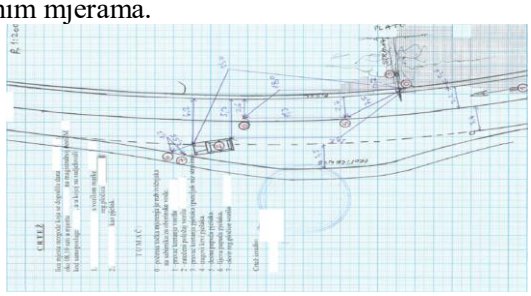
Pored primjene uobičajenih metoda i postupaka iz inžinjerske prakse u izradi predmetne ekspertize saobraćajne nezgode izvršeni su i postupci simulacije saobraćajne nezgode pomoću odgovarajućih softverskih i simulacijskih alata. Također, u okviru rekonstrukcije saobraćajne nezgode izvršeno je određivanje raspoloživih mogućnosti uočavanja pješaka od strane vozača. Istraživanje je provedeno na lokaciji događanja saobraćajne nezgode pod identičnim i približno sličnim uslovima i okolnostima.

3. REZULTATI

Saobraćajno-tehničko vještačenje predstavlja jedan od najvažnijih dokaza i polaznu osnovu za donošenje odluke u sudskim postupcima iz oblasti saobraćajnih nezgoda. Ova činjenica upućuje na to da je sa posebnim značajem i odgovornošću potrebno pristupiti analizi saobraćajne nezgode, posebno u onom dijelu u kome se analiziraju pozicije vozila neposredno prije nezgode i mogućnost izbjegavanja nezgode, jer se upravo na osnovu ovih analiza ukazuje na propuste učesnika nezgode (Antić i dr., 2009). Vremensko-prostorna analiza mora biti sastavni dio svake analize saobraćajne nezgode koja se vrši u vještačenju. Vještaci treba tu analizu da izvrše primjenom grafoanalitičkih metoda i postupaka. Sa druge strane dobra i adekvatna praksa sudova kroz naredbe vještacima treba da bude orijentisana na obavezu izrade vremensko-prostorne analize, jer se njenom obradom obezbjeđuju odgovori na pitanja koja su značajna za sud radi donošenja odluke (Dragač, 2009). Ekspertni pristup izrade vremensko-prostorne analize saobraćajne nezgode podrazumijeva definisanje položaja učesnika saobraćaja koji su učestvovali u saobraćajnoj nezgodi, od početka opasne radnje odnosno nastanka opasne situacije pa do samog kontakta uzimajući u obzir položaje učesnika saobraćaja, u karakterističnim vremenskim razdobljima (u vrijeme uočavanja opasnosti, u vrijeme stupanja na kolovoz, u vrijeme prelaska na suprotnu saobraćajnu traku, itd.).

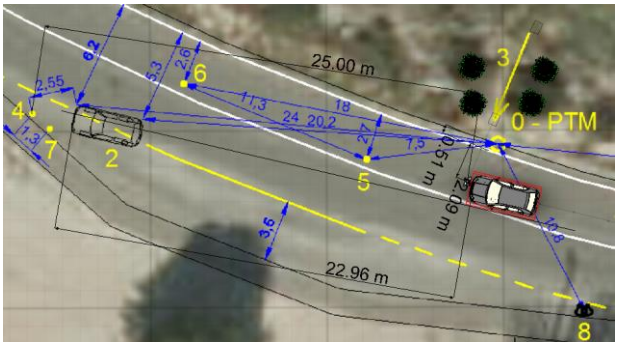
3.1 Mjesto kontakta – naleta putničkog automobila na pješaka

Imajući u vidu oštećenja na putničkom automobilu, te putanju kretanja automobila, putanju kretanja pješaka, kao i mjesto zaustavljanja automobila, kao i najvjerovatnije odbačaj pješaka i njegovo zaustavljanje (pozicija 4), određeno je mjesto kontakta automobila i pješaka. Gledano po širini kolovoza mjesto kontakt putničkog automobila i pješaka nalazi se na desnoj saobraćajnoj traci gledano iz smjera B prema A na udaljenosti od desne ivice kolovoza na oko 2,1 (m). Gledano po dužini kolovoza mjesto kontakta putničkog automobila i pješaka nalazi se neposredno kod PTM, odnosno kod najvjerovatnije strmine kuda je silazio pješak što je na oko 25 metara udaljeno od traga broja 4. Na slici 3. prikazano je mjesto kontakta između putničkog automobila i pješaka sa neophodnim mjerama.



Slika 1. Skica lica mjesta (Izvor: Uviđajna dokumentacija)

Slika 2. Skica lica mjesta saobraćajne nezgode sa pojedinim dimenzijama (Izvor: Orto foto snimak, rekonstrukcija i obrada autora)



Slika 3. Mjesto kontakta putničkog automobila i pješaka

3.2 Brzina i način kretanja učesnika saobraćajne nezgode

3.2.1 Brzina i način kretanja putničkog automobila

Brzina kretanja putničkog automobila u trenutku naleta na pješaka, iznosila je oko 16,3 (m/s), odnosno 58,6 (km/h). Putnički automobil se kretao iz smjera B prema A desnom saobraćajnom trakom. Neposredno prije dolaska do mjesta kontakta odnosno do mjesta gdje je strmina sa koje je istrčao pješak, vozač putničkog automobila je poduzeo blagi otklon volanom ulijevo i radnju kočenja, što je rezultiralo njegovom mjestu zaustavljanja na lijevoj strani kolovoza i djelimično na proširenju sa lijeve strane kolovoza.

3.2.2 Brzina i način kretanja pješaka-djeteta

Brzina kretanja pješaka neposredno prije mjesta kontakta, kao i u trenutku kontakta, iznosila je oko 1,8 (m/s), odnosno 6,5 (km/h). Pješak je prelazio magistralnu cestu sa desne na lijevu stranu kolovoza, gledano iz smjera kretanja putničkog automobila. Do kontakta je došlo na desnoj strani magistralne ceste gledano iz smjera kretanja putničkog automobila „Škoda Fabia“ i to dijela iznad gornje potkoljenice oko zdjelice na lijevoj strani i presavijanja prema poklopcu motora, što je i rezultiralo udubljenju poklopca motora putničkog automobila „Škoda Fabia“. Kako je u datom trenutku najvjerovatnije putnički automobil već počeo da usporava, to je došlo do odbijanja pješaka naprijed i u lijevu stranu prema lijevoj ivici kolovoza gledano iz smjera prethodnog kretanja putničkog automobila „Škoda Fabia“. Nakon ostvarenog kontakta došlo je do odbijanja pješaka prema naprijed i ulijevo sve do pozicije 4 gdje su evidentirani tragovi krvi, neposredno kod ivičnjaka na proširenju sa lijeve strane kolovoza.

3.3 Vremensko – prostorna analiza saobraćajne nezgode

Pješak je prelazio kolovoz približno pod pravim uglom, od desne ivice kolovoza do mjesta kontakta, pješak je prešao udaljenost od oko 2,1 (m). Potrebno vrijeme da pješak pređe rastojanje od 2,1 (m) sa procijenjenom brzinom kretanja pješaka iznosilo je oko:

$$t_{pj_1} = \frac{S_{pj_1}}{V_{pj}} = \frac{2,1}{1,8} = 1,17\,(s) \qquad (1)$$

Kako je došlo do kontakta između putničkog automobila i pješaka, to se na osnovu identičnih vremena kretanja do mjesta kontakta, može odrediti udaljenost putničkog automobila u momentu stupanja pješaka na operativnu površinu kolovoza. Udaljenost putničkog automobila od linije presijecanja kolovoza od strane pješaka u trenutku kada je pješak stupio na operativnu površinu kolovoza iznosila je oko:

$$S_{udPA_1} = t_{pj_1} \cdot V_{PA} = 1,17 \cdot 16,3 = 19,1\,(m) \qquad (2)$$

Obzirom da vozač putničkog automobila nije bio pod uticajem alkohola u trenutku nastanka saobraćajne nezgode, to je njegovo vrijeme reagovanja na usporenje iznosilo oko 1 (s). Pređeni put putničkog automobila u toku reagovanja na usporenje, odnosno dužina puta reagovanja vozača putničkog automobila, iznosila je oko:

$$S_{rPA_1} = V_{PA} \cdot t_{0_1} = 16,3 \cdot 1,0 = 16,3\,(m) \qquad (3)$$

Zaustavni put putničkog automobila pri poduzimanju intenzivnog usporenja za utvrđenu brzinu kretanja od oko 58,6 (km/h), odnosno 16,3 (m/s) iznosio bi oko:

$$S_{zPA_1} = S_{rPA_1} + \frac{\left(V_{PA} - 0,5 \cdot b \cdot t_s\right)^2}{2 \cdot b} = 16,3 + \frac{\left(16,3 - 0,5 \cdot 7,5 \cdot 0,15\right)^2}{2 \cdot 7,5} = 32,8\ (m) \quad (4)$$

Vrijeme potrebno za zaustavljanje putničkog automobila pri poduzimanju intenzivnog usporenja i normalnom vremenu reagovanju na usporenje iznosilo bi oko:

$$t_{zPA_1} = t_{0_1} + \frac{V_{PA} - 0,5 \cdot b \cdot t_s}{b} = 1,0 + \frac{16,3 - 0,5 \cdot 7,5 \cdot 0,15}{7,5} = 3,1(s) \quad (5)$$

Kako je (t_{pj} =1,17 < t_{zPA} =3,1) može se konstatovati, da vozač putničkog automobila nije mogao zaustaviti putnički automobil neposredno prije linije presjecanja kolovoza od strane pješaka, da je reagovao intenzivnim usporenjem u trenutku kada je pješak stupio na kolovoz.

Isto tako (t_{pj} =1,17 > t_{0PA}=1,0) može se konstatovati, da vozač putničkog automobila je imao tehničkih mogućnosti za izbjegavanje saobraćajne nezgode posmatrajući vrijeme kretanja djeteta pješaka po operativnoj površini kolovoza i vrijeme normalnog reagovanja vozača automobila na usporenje.

Vozač putničkog automobila mogao je uočiti pješaka sa desne strane kolovoza, gledano u smjeru njegova kretanja, kada je pješak bio na udaljenosti od operativne površine kolovoza na oko 2,0 (m) (Utvrđeno na rekonstrukciji saobraćajne nezgode), a putnički automobil se morao nalaziti na oko 15 metara od linije prelaska pješaka preko kolovoza, da bi u cjelosti sagledao pješaka. Navedena vidljivost za vozača putničkog automobila bila je uslovljena karakteristikama okruženja magistralne ceste u blizini mjesta kontakta, odnosno bila je onemogućena rastinjem i blagim zavojem na datom mjestu. Pješak je sa pozicije na oko 2,0 (m) od operativne površine kolovoza, odnosno na udaljenosti od oko (2+2,1) 4,1 (m) od mjesta kontakta, sa procijenjenom brzinom prešao navedenu udaljenost u vremenu od oko:

$$t_{pj_1} = \frac{S_{pj_1}}{V_{pj}} = \frac{4,1}{1,8} = 2,3(s) \quad (6)$$

Kada se pješak nalazio na udaljenosti od mjesta kontakta na oko 4,1 (m), odnosno na udaljenosti od ivice kolovoza na oko 2 (m), putnički automobil sa izračunatom brzinom kretanja se nalazio na udaljenosti od mjesta kontakta na oko:

$$S_{udPA_v} = t_{pj2} \cdot V_{PA} = 2,3 \cdot 16,3 = 37,5\ (m) \quad (7)$$

Kako je na rekonstrukciji utvrđeno da pri simulaciji brzina od 50, 60 i 70 (km/h) vidljivost pješaka koji je sa desne strane na udaljenosti od desne ivice kolovoza na oko 2 (m), vidljiv je tek sa 15 metara od udaljenosti od istog, to se može konstatovati, da vozač putničkog automobila nije mogao uočiti pješaka sa desne strane kolovoza na oko 2 (m) od operativne površine kolovoza jer je putnički automobila od mjesta kontakta bio na udaljenosti od oko 37,5 (m).

Pomjeranjem, odnosno kretanjem pješaka prema kolovozu za oko 1 metar, podrazumijeva njegovu udaljenost od mjesta kontakta na oko 3,1 (m), što je sa date pozicije sa procjenjenom brzinom, prešao u vremenu od oko:

$$t_{pj_1} = \frac{S_{pj_1}}{V_{pj}} = \frac{3,1}{1,8} = 1,7(s) \quad (8)$$

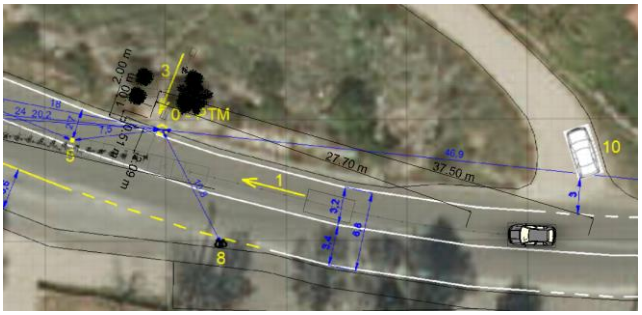
Kada se pješak nalazio na oko 3,1 (m) od mjesta kontakta, putnički automobil se nalazio na udaljenosti od mjesta kontakta na oko:

$$S_{udPA_v} = t_{pj2} \cdot V_{PA} = 1,7 \cdot 16,3 = 27,7\ (m) \quad (9)$$

Sa udaljenosti od oko 27,7 metara od mjesta kontakta i kada se pješak nalazio na oko 1 metar od ivice kolovoza, bilo je omogućeno vizuelno uočavanje kretanja pješaka sa desne na lijevu stranu kolovoza od strane vozača putničkog automobila.

Putnički automobil u trenutku kontakta sa pješakom bio je pomjeren ulijevo za oko 0,7 (m) (Širina putničkog automobila je 1,886 (m) a širina saobraćajne trake kojom se kretao putnički automobil je 3,3 (m)).. Neophodan put da bi se izvršio bočni pomjeraj od oko 0,7 (m) pri brzini od oko 58,6 (km/h) za putnički automobil iznosio je oko:

$$S_{izPA} = 0,4 \cdot \frac{V_{oPA}}{3,6} + \frac{1}{2}\left(0,7 \cdot V_{oPA}\sqrt{\frac{B_p}{\mu_S \cdot g}}\right) = 0,4 \cdot \frac{58,6}{3,6} + 0,5 \cdot \left(0,7 \cdot 58,6\sqrt{\frac{0,7}{0,45 \cdot 9,81}}\right) = 14,7(m) \quad (10)$$



Slika 4. Pozicija automobila i pješaka u momentu mogućeg vizuelnog uočavanja

Prema navedenom vozač putničkog automobila je imao kašnjenje u reagovanju na izmicanje ulijevo od oko (27,7-14,7) 13 metara, odnosno vremenski od oko (13/16,3) 0,8 (s). Najvjerovatnije da vozač putničkog automobila je neposredno nakon reagovanja upravljačem ulijevo reagovao i na kočenje stim da nije kočio sa maksimalnom silom kočenja (nema vidljivih tragova kočenja), nego je nastavio sa otklonom ulijevo i usporavanjem. Također pokazuje se da je vozač putničkog automobila imao zakašnjenje u reagovanju i na kočioni sistem od oko 13 (m) ili oko 0,8 (s).

4. DISKUSIJA

Opasna situacija u zoni mjesta saobraćajne nezgode je ključni faktor u nastanku saobraćajne nezgode, što predstavlja saobraćajno-tehničko pitanje. Istovremeno iz nje proističe i uzrok saobraćajne nezgode, što predstavlja pravno pitanje (Stevović, 2015). Ključni momenat za utvrđivanje odgovornosti jeste trenutak nastanka opasnosti. U odnosu na njega određuje se nastanak obaveze učesnika u saobraćaju da reaguje na opasnost i odgovara za nastale posljedice. Obaveza suda je da utvrdi dva momenta i to: trenutak nastanka opasnosti i trenutak od koga je učesnik u saobraćaju bio dužan da preduzme mjere za sprječavanje saobraćajne nezgode (Stevović, 2015).

Specifičnost predstavljene analize saobraćajne nezgode u ovom radu, odnosno izrade vremensko-prostorne analize ogleda se u potrebi određivanja raspoloživih mogućnosti uočavanja pješaka od strane vozača putničkog automobila, odnosno utvrđivanje vizura preglednosti na konkretnoj lokaciji nastanka saobraćajne nezgode. Za navedene potrebe izvršena je rekonstrukcija saobraćajne nezgode, gdje je bilo potrebno istu obaviti u približno istim uslovima i okolnostima kao u trenutku nastanka saobraćajne nezgode. Prema iskustvima iz prakse, rekonstrukcija saobraćajne nezgode najčešće se obavlja nakon relativno dužeg vremenskog perioda od dana nastanka saobraćajne nezgode. To može uticati na značajnu izmjenu uslova i okolnosti na analiziranoj lokaciji, što direktno može uticati na rezultate utvrđivanja pojedinih bitnih parametara u toku rekonstrukcije, te cjelokupan proces analize saobraćajne nezgode usmjeriti u pogrešnom smjeru.

U analizi saobraćajnih nezgoda u kojima su učestvovali pješaci, posebno značajan i osjetljiv segment predstavlja utvrđivanje brzine i načina kretanja pješaka. Najčešće se pomoću inžinjerskih priručnika, te rezultata studijskih istraživanja na osnovu procjene određuje brzina kretanja pješaka, gdje ključnu ulogu imaju starosna dob i pol pješaka. Međutim, u praksi prilikom procjene je potrebno detaljno razmotriti i uzeti u obzir druge okolnosti i specifičnosti, te "snagom" naučno-stručnog znanja vještaka izvršiti adekvatno određivanje brzine kretanja pješaka. Ispitivanje i utvrđivanje raspoložive preglednosti i vidljivosti za uočavanje određenih iznenadnih pokretnih prepreka (najčešće pješaka ili životinja) od strane različitih učesnika u saobraćaju u simuliranim uslovima i okolnostima saobraćajne nezgode je dosta osjetljivo pitanje. Veliki broj istraživanja u simuliranim uslovima ne omogućava izolovanje uticaja procesa ispitivanja na realne sposobnosti ispitivanog učesnika u saobraćaju. Naprotiv, najčešće ispitivani učesnik u saobraćaju već unaprijed ima informaciju da će se u njegovom vidnom polju pojaviti pokretna prepreka, što direktno može uticati na rezultate datog istraživanja (Wood i dr., 2012). Podatak o vidljivosti učesnika u saobraćaju može značajno varirati u zavisnosti od uslova koji važe na terenu, i sve eksperimentalno dobijene vrijednosti treba koristiti sa velikim oprezom, i strogo u uslovima koji apsolutno odgovaraju eksperimentu u kojem su vrijednosti dobijene (Pešić i dr., 2015).

Zbog toga, ovaj segment specifičnih elemenata i parametara neophodnih za analizu saobraćajne nezgode u kojima učestvuju pješaci, potrebno je da bude predmet značajnijih studijskih istraživanja kako bi se dobili što pouzdaniji rezultati potrebni za praktičnu upotrebu. Značajno je napomenuti da poseban tretman trebaju imati

specifični parametri ceste i neposredne okoline za koje rezultati relevantnih istraživanja potvrđuju veoma veliku korelaciju sa povećanjem učestalosti nastanka saobraćajnih nezgoda i formiranja opasnih mjesta na cestama (Lindov i dr., 2014; Lindov i dr., 2017).

Inžinjersku praksu izrade vještačenja saobraćajnih nezgoda sa primjenom širokog spektra analitičkih i drugih metoda i postupaka, moguće je dodatno unaprijediti i podići na veći nivo, zahvaljujući primjeni savremenih tehnoloških postupaka i primjenom softverskih alata i simulatora. Međutim, ne mogu se u analizi saobraćajne nezgode primjeniti savremeni tehnološki postupci i procedure obrade primjenom softverskih alata i simulatora ako se uviđaj saobraćajnih nezgoda ne obavlja sa primjenom savremene opreme (Lindov i Omerhodžić, 2019).

Bez dobro obavljenog uviđaja saobraćajne nezgode, ne može se obaviti ni kvalitetno vještačenje. Vještaci rijetko odbijaju vještačenje zbog nedostataka i propusta učinjenih pri uviđaju, već na osnovu nepotpunih podataka formiraju i nepouzdan nalaz koji se kasnije lako osporava i u naknadnim postupcima vrše dopune i ispravke zbog kojih se proces rasprave na sudu odugovlači, a troškovi uvećavaju (Dragač, 2009). Vještak saobraćajne struke bi trebao uvijek na temelju cjelovite slike o saobraćajnoj situaciji i ponašanja svih učesnika neposredno prije nezgode i u toku nezgode, analizirati njihovo ponašanje, njihove međusobne interakcije, te na temelju cjelovite slike utvrditi moguće uzroke saobraćajne nezgode (Ezgeta i dr., 2013).

Znatan broj saobraćajnih nezgoda zbog nedostatka dovoljnog broja materijalnih dokaza, odnosno činjenica koje su navedene nakon obavljenog uviđaja na mjestu saobraćajne nezgode, moraju biti analizirane od strane vještaka. Iznošenje stručne analize saobraćajne nezgode podrazumijeva u uvođenje pojma izvedeni nematerijalni dokazi koji su nastali kao oblik posjedovanja stručnog znanja vještaka saobraćajne struke. „Snaga“ ovakvog dokaza je uslovljena snagom naučno – stručnog znanja vještaka, a s druge strane dovoljnim brojem istraživanja na koja se mogu pozivati vještaci (Lindov i dr., 2015).

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U izradi analize saobraćajne nezgode neophodna je sinteza svih materijalnih činjenica i njihove interakcije sa svim učesnicima koji su uticali na nastanak saobraćajne nezgode, što zahtijeva specifična znanja i vještine saobraćajnih stručnjaka. Izrada vremensko-prostorne analize saobraćajne nezgode u kojoj su učestvovali pješaci, odnosno utvrđivanje trenutka nastanka opasne situacije predstavlja izuzetno zahtjevan proces zbog specifičnosti i kompleksnosti mogućih karakterističnih brzina i načina kretanja pješaka u uslovima i okolnostima nastanka saobraćajne nezgode. Veoma često uviđajna dokumentacija kao osnova za analizu saobraćajne nezgode nije dovoljna za potpuno rasvjetljavanje uzroka i okolnosti koje su dovele do nastanka saobraćajne nezgode. U tom slučaju potrebno je provesti dodatna istraživanja u kojima dolazi do izražaja “snaga” naučno-stručnog znanja vještaka saobraćajne struke zasnovana na relevantnim naučno-stručnim saznanjima i istraživanjima. U svrhu unaprijeđenja inžinjerske ekspertne prakse u oblasti vještačenja saobraćajnih nezgoda, potrebno je omogućiti fleksibilnije uslove za uvođenje savremenih alata i opreme u postupku vršenja uviđaja saobraćajnih nezgoda. To predstavlja preduslov za uvođenje i upotrebu softverskih alata i drugih računarskih programa u proces izrade analize i vještačenja saobraćajnih nezgoda.

6. LITERATURA

Antić, B., Marković, N., Pešić, D., (2009). Elementi vremensko-prostorne analize saobraćajne nezgode. Simpozijum o saobraćajno-tehničkom veštačenju i proceni štete, VII Simpozijum.

Dragač, R., (2009). Vremensko-prostorna analize saobraćajne nezgode u izradi nalaza i mišljenja veštaka. Simpozijum o saobraćajno-tehničkom veštačenju i proceni štete, VII Simpozijum.

Dragač, R., (2009). Vremensko-prostorna analize saobraćajne nezgode u izradi nalaza i mišljenja veštaka. VII Simpozijum o saobraćajno-tehničkom veštačenju i proceni štete, VII Simpozijum.

Ezgeta, D., Ezgeta, I., Zovko, D., (2013). Prometno - tehnička analiza ponašanja svih sudionika u prometnom okruženju i ocjena njihovog utjecaja na nastanak prometnih nesreća. Savetovanje sa međunarodnim učešćem „Saobraćajne nezgode“.

Lindov, O, Hadžiosmanović, A., Kovačević, A., Ćesir, Dž., (2015). Ekspertni pristup za izradu nalaza i mišljenja pri analizi saobraćajne nezgode. Savetovanje sa međunarodnim učešćem „Saobraćajne nezgode“.

Lindov, O, Omerhodžić, A., (2019). Softverski alati za izradu materijala uviđaja i analize saobraćajne nezgode. Stručno savjetovanje.

Lindov, O., Čaušević, S., Bjelica, D., Omerhodžić, A., Fethi, S., (2011). Methodology of Validating Software Applications for Traffic Accident Analysis. Suvremeni Promet-Modern Traffic, 31 (3-4).

Lindov, O., Kiso, F., Omerhodžić, A., Begović, M., (2017). BSM-Black spot management as methodology approach in increasing safety of road traffic. Safety, no. 2020.

Lindov, O., Omerhodžić, A., Alikadić, A., Tatarević, A., (2015). Materijalni i nematerijalni/izvedeni dokazi vještaka u vještačenju saobraćajnih nezgoda. Savetovanje sa međunarodnim učešćem „Saobraćajne nezgode".

Lindov, O., Omerhodžić, A., Tatarević, A., (2014). Model of Evaluation and Assessment of Safety Parameters of Dangerous Places on Roads. Suvremeni Promet-Modern Traffic 34, (3-4).

Nerger, E., Bayer, R., Gartner, T., Dresler, J., Ondruschka, B., (2017). Traffic accident or dumping? – Striking results of a traffic accident reconstruction. Legal Medicine 24, 63-66.

Omerhodzic, A., Lindov, O., (2013). Practical Test of Software Applications Validity for the Analysis of Motor Vehicle-Pedestrian Collisions. Suvremeni Promet-Modern Traffic, 33 (1-2).

Papić, Z., Bogdanović, V., Kostić, S., Ruškić, N., (2009). Primena računarskih programa u ekspertizama naleta vozila na pešake – uporedna analiza. Simpozijum o saobraćajno-tehničkom veštačenju i proceni štete, VII Simpozijum.

Pešić, D., Kukić, D., Rosić, M., Ivanišević, T., (2015). Značaj parametara vidljivosti kod pešaka i biciklista. Savetovanje sa međunarodnim učešćem „Saobraćajne nezgode.

Pešić, D., Kukić, D., Rosić, M., Ivanišević, T., (2015). Značaj parametara vidljivosti kod pešaka i biciklista. Vještačenje saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju, XIV Simpozijum.

Radosavljević, D., (2015). Opasna situacija u saobraćaju kod krivičnih dela ugrožavanja javnog saobraćaja, potreba definicije sa krivično-pravnog aspekta i složene saobraćajne situacije. Vještačenje saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju, XIV Simpozijum.

Rumar, K., (1990). The basic driver error: late detection. Ergonomics, 33. 1281-1290.

Tyrrell, R.A., Wood, J.M., Chaparro, A., Carberry, T.P., Chu, B-S, Marszalek, R.P. (2009). Seeing pedestrians at night: Visuals clutter does not mask biological motion. Accudent Analysis and Prevention, 41. pp. 506-512.

Wood, J.M., Tyrrell, R.A., Marszalek, R., Lacharez, P., (2012). Using reflective clothing to enchance the conspicity of bicyclists at night. Accident Analysis and Prevention 45, pp 726-730.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

TRANSPORT DEMAND EVOLUTION IN CROATIA - FACTORS OF CHANGE, SCENARIOS AND CHALLENGES

RAZVOJ PROMETNE POTRAŽNJE U REPUBLICI HRVATSKOJ – FAKTORI PROMJENA, SCENARIJI I IZAZOVI

Drago Pupavac[a], Robert Maršanić[b], Ljudevit Krpan[c]

[a] *Polytechnic of Rijeka, Vukovarska 58, Rijeka 51000, Croatia, drago.pupavac@veleri.hr*

[b] *'Rijeka promet', Fiumara 12, Rijeka 51000, Croatia, Marsanic@rijekapromet.hr*

[c] *Primorsko-goranska county, Adamićeva 10, Rijeka 51000, Croatia, razvoj@pgz.hr*

Abstract: *The aim of this paper is to investigate and analyze the evolution of traffic demand in the Republic of Croatia from 1996 to 2017. Special attention is given to the research and evaluation of the factors of traffic demand changes. The purpose of the paper is to create scenarios for the development of traffic demand and forecast the development of total traffic demand as well as the demand for individual branches of traffic by 2030. The research results are based on the method of linear trend and statistical methods of correlation and regression analysis. The main findings of this paper can be helpfull to traffic managers of all levels.*

Key words: *transport, transport demand, trends in passenger transport, trends in freight transport, scenarios*

Apstrakt: *Cilj ovoga rada jest istražiti i analizirati razvoj prometne potražnje u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 1996. godine do 2017. godine. Posebna se pozornost posvećuje istraživanju i vrednovanju faktora promjena prometne potražnje. Svrha rada jest sačiniti scenarije razvoja prometne potražnje te prognozu razvoja ukupne prometne potražnje kao i potražnje za pojedinim granama prometa do 2030. godine. Rezultati istraživanja temelje se na metodi linearnog trenda te statističkim metodama korelacijske i regresijske analize. Glavni nalazi ovoga rada mogu biti od pomoći prometnim menadžerima svih razina.*

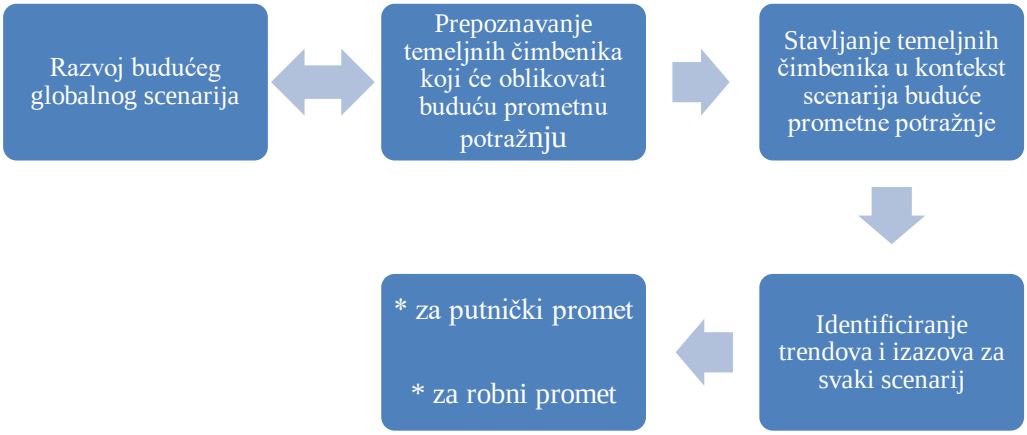
Ključne riječi: *promet, prometna potražnja, trendovi u putničkom prometu, trendovi u teretnom prometu, scenariji razvoja*

1. UVOD

Promjene u prometnom sustavu jedne države ili regije rijetke su i sporo se odvijaju. Jedna od najznačajnijih promjena u hrvatskom prometnom sustavu jest izgradnja modernih autocesta. To je promjena iza koje stoje brojne politike (ekonomska politika, prometna politika) i koja se odvija već više od dva desetljeća. Slične promjene odvijaju se i u državama regije determinirajući tako dominaciju cestovnog prometa na ovim prostorima i u prvoj polovici 21. stoljeća, premda se potražnja za cestovnim prometom sve više kvalificira kao neželjena potražnja. Prometna se potražnja ispoljava u određenom vremenskom razdoblju i povezana je s gospodarskim aktivnostima. U nekim slučajevima prometna potražnja je stabilna i ponavljajuća tako da se može sasvim točno prognozirati za buduće razdoblje. U drugim slučajevima prometna potražnja zna biti nestabilna i nepredvidljiva te ju je teško predvidjeti i odrediti odgovarajuću razinu usluge. Prometna potražnja funkcija je onoga što se prevozi: 1) putnika (potražnja za putničkim prometom određena je brojem stanovništva, razinom dohotka, kvalitetom življenja, prefrencijama oblika prijevoza i sl.); 2) tereta (potražnja za robnim prometom složenija je i najčešće je funkcija ekonomskih aktivnosti (BDP-a, industrijske i poljoprivredne proizvodnje, robne razmjene s inozemstvom); 3) informacija (potražnja za telekomunikacijskim prometom funkcija je nekoliko faktora kao što su broj stanovnika (broj telefonskih priključaka) i obujma financijskih aktivnosti (burze).

2. TEORIJSKI OKVIR

U 20. i početkom 21. stoljeća u brojnim državama svijeta došlo je do velikog porasta broja i dužine putovanja. Znatan je dio tog poraslog broja putovanja uzrokovan povećanjem broja stanovnika, rastom dohotka, modernim infrastrukturnim i suprastrukturnim sredstvima te značajnim smanjenjem troškova prijevoza. U skladu s tim, temeljni cilj ovoga rada jest identificirati temeljne čimbenike koji će oblikovati buduću prometnu potražnju u Republici Hrvatskoj te stavljanje tih čimbenika u kontekst budućih prometnih zahtjeva kako u putničkom tako i u robnom prometu (cf. sliku 1).



Slika 1. Metodološki pristup analizi trendova i izazova prometnog sustava

Temeljem slike 1 razvidno je da se čimbenici koji će oblikovati buduću prometnu potražnju ne mogu promatrati izolirano od sveukupnog razvoja društva. Sukladno tome, prepoznavanje megatrendova koji će oblikovati svijet u prvoj polovici 21. stoljeća prvi je korak u analizi. Nakon toga u drugom koraku potrebno je prepoznati utjecaj i važnost određenog megatrenda na razvoj prometnog sustava. Ovaj utjecaj je međusobno jak i povezan. Treći korak rezultat je prethodna dva u kojemu se razvijaju scenariji razvoja budućeg prometnog sustava. U četvrtom koraku identificiraju se glavni trendovi i izazovi za svaki od mogućih scenarija i na kraju se za svaki od scenarija razvija njegov utjecaj posebno za potražnju u putničkom prometu, a posebno za potražnju u robnom prometu.

Nove tehnologije, sve manji resursi i eksplozivan rast stanovništva u idućih će dvadeset godina izmijeniti ravnotežu moći i dovesti do radikalnih ekonomskih i političkih promjena po dosad neviđenoj brzini. Kao četiri temeljna "megatrenda" koji će oblikovati svijet u prvoj polovici 21. stoljeća izdvajaju se: 1) Preseljenje globalne ekonomije sa Zapada na Istok, 2) Visoka tehnologija, 3) Svjestan kapital i 4) Demografska kretanja.

Utjecaj navednih megatrendova na transport može se vrednovati temeljem STEEP pristupa. STEEP pristup vrednovanju faktora prometne potražnje odnosi se na: društvene (Social), tehnološke (Technological), ekonomske (Economical), okolišne, (Environmental) i političke (Political) faktore. Od društvenih faktora koje će odrediti prometnu potražnju u Republici Hrvatskoj izdvajaju se depopulacija, starenje stanovništva, porast razine obrazovanja, sklonost racionalnijem korištenju (dijeljenju) vlastitih osobnih automobila, pridavanje veće važnosti sigurnosti prometa, zdravlju i slobodnom vremenu. Od ekonomskih faktora izdvajaju se ekonomski rast, međunarodna razmjena, povećanje cijene energenata, dominacija uslužnog sektora i daljnja urbanizacija. Što se tiče okolišnih faktora tu se ističu klimatske promjene, ekološka pitanja i lokalno onečišćenje (zrak, buka). Od političkih faktora dominirat će i dalje proces globalizacije, rast suradnje između država u regiji, međunarodni konflikti, pitanja sigurnosti, liberalizacija tržišta i infrastrukturni razvoj.

Temeljem navedenih faktora mogu se razviti dva plauzabilna scenarija razvoja prometne potražnje u Republici Hrvatskoj do 2030. godine:

- **Usporavanje rasta i stagnacija prometne potražnje.** Ovaj scenarij posljedica je depopulacije stanovništva, razvoja sklonosti racionalnijem korištenju (dijeljenju) vlastitih osobnih automobila, niskih gospodarskih stopa rasta (manjih od 2%), povećanja deficita u međunarodnoj razmjeni, povećanja cijene energenata, ekoloških problema, nedostatka suradnje s državama u regije i ostajanja na periferiji globalnih kretanja.
- **Ubrzavanje rasta prometne potražnje.** Ovaj scenarij posljedica je pozitivnog migracijskog salda, porasta razine obrazovanja i slobodnog vremena, visokih gospodarskih stopa rasta (od 3% do 5%), razvoja suradnje u zaštiti okoliša, unaprjeđenja suradnje država u regiji, ulaska svih država zapadnog

Balkana u Europsku Uniju, aktivnog uključivanja u procese globalizacije, liberalizacije prometnog tržišta i infrastrukturnog razvoja.

3. PODACI I METODE

U analizi prometne potražnje koristit će se dinamički pokazatelji rada u prometu. Naime, koeficijent elastičnosti prijevoza izraženog u tonama u odnosu na obujam proizvodnje (BDP) iznosi od 0,9 do 1, što znači da povećanje BDP za 1% rezultira u rastu obujma prijevoza također za oko 1% (0,9-1%). Koeficijent elastičnosti prijevoza izraženog u tkm u odnosu na obujam proizvodnje (BDP) je znatno veći, a posebno je povećan u posljednje vrijeme. On iznosi oko 1,5 % što znači da povećanje BDP za 1% rezultira u rastu obujma prijevoza (ntkm) za oko 1,5%. Konkretno, primjerice u EU u razdoblju od 1995. do 2005. godine ovaj koeficijent iznosi oko 1,47. Brži rast obujma prijevoza od stope rasta BDP-a posljedica je povećanja prosječne udaljenosti prijevoza u uvjetima globalizacije svjetskog gospodarstva i integracijskih procesa koji se odvijaju na pojedinim kontinentima. Europska unija izraziti je primjer takvih integracijskih procesa.

Podaci potrebni za analizu i prognozu razvoja prometne potražnje prikupljeni su iz Statističkih ljetopisa Republike Hrvatske, različitih godišta (cf. tablicu 1 i tablicu 2).

Tablica 1. Obujam prijevoza u putničkom prometu izražen dinamičkim pokazateljima (mil. pkm)

Godina	željeznički	cestovni	pomorski	zračni	ukupno
1996.	1205	4266	288	597	6356
1997.	1158	**4459**	310	546	6473
1998.	1092	3964	283	624	5963
1999.	1137	3355	269	643	5404
2000.	1252	3331	328	763	5674
2001.	1241	3478	367	922	6008
2002.	1195	3557	389	1027	6168
2003.	1163	3717	418	1228	6526
2004.	1213	3390	433	1460	6496
2005.	1266	3403	431	1989	7089
2006.	1362	3537	453	1959	7311
2007.	1611	3808	490	**2055**	7964
2008.	1810	4093	491	1945	**8339**
2009.	**1835**	3438	486	1636	7395
2010.	1742	3284	493	1510	7029
2011.	1486	3145	583	1591	6805
2012.	1104	3249	502	1451	6306
2013.	948	3507	613	1340	6408
2014.	927	3648	621	1366	6562
2015.	951	3377	624	1438	6390
2016.	836	3802	652	1649	6939
2017.	745	4150	**702**	1676	7273

Izvor: Pripremili autori prema: Statistički ljetopis Republike Hrvatske, različita godišta

Temeljem podataka iz tablice 1 razvidno je da je najveći obujam u putničkom prometu mjereno dinamičkim pokazateljima ostvaren 2008. godine. Nakon toga kao posljedica svjetske ekonomske krize i negativnih stopa rasta hrvatskog gospodarstva do 2015. godine dolazi do značajnijeg pada ostvarenog prometa. Ostvareni putnički promet u 2015. godini bio je za 23,4% manji od rekordne 2008. godine. Posebno zabrinjavajući podatak proizlazi iz činjenice da su cestovni i zračni promet vodeći po svom ostvarenju u putničkom prometu. Od ukupnog broja ostvarenih putničkih kilometara 80,1% u 2017. godini odnosilo se na ove dvije grane prometa koje su istodobno ekološki i najmanje prihvatljive. Ohrabrujući je svakako podatak da je u promatranom razdoblju pomorski putnički promet ostvario rast od čak 2,44 puta.

Tablica 2. Obujam prijevoza u robnom prometu izražen dinamičkim pokazateljima (mil. tkm)

Godina	Željeznički	Cestovni	Pomorski	Cjevovodni	Riječni	Zračni	Ukupno
1996.	1717	1117	**209382**	930	22	4	**213172**
1997.	1715	1091	199440	996	22	3	203267
1998.	1831	1151	165716	1183	53	3	169937
1999.	1685	1093	142441	864	52	3	146138
2000.	1788	1090	140085	669	63	4	143699
2001.	2074	6783	132168	1158	78	4	142265
2002.	2206	7413	128043	1557	90	4	139313

2003.	2487	8956	130090	1623	100	4	143260
2004.	2493	9547	134464	1841	179	4	148528
2005.	2835	10244	126064	1774	119	4	141040
2006.	3305	11096	136994	1533	117	3	153048
2007.	**3574**	11429	137474	1781	109	3	154370
2008.	3312	11042	142972	1677	843	3	159849
2009.	2641	9429	137345	1797	727	3	151942
2010.	2618	8780	162751	1703	**941**	2	176795
2011.	2438	8926	155437	1477	692	2	168972
2012.	2332	8643	125678	1216	772	3	138644
2013.	2086	9133	127283	1485	771	2	140760
2014.	2119	9381	107709	1447	716	2	121374
2015.	2183	10439	122223	1740	879	2	137466
2016.	2160	11337	113103	1921	836	2	129359
2017.	2592	**11833**	108193	**2111**	813	2	125544

Izvor: Pripremili autori prema: Statistički ljetopis Republike Hrvatske, različita godišta

Temeljem podataka iz tablice 2 razvidno je da je u robnom prometu zamjetna dominacija pomorskog prometa. Unatoč tome obeshrabrujući je trend pada prijevoza robe pomorskim prometom. Pomorski prijevoz robe u 2017. godini manji je za 48,3% u odnosu na rekordnu 1996. Zabrinjavajući je trend pada prijevoza robe željeznicom uzrokovan prije svega gospodarskom krizom, ali i trend porasta prijevoza robe cestovnim prometom.

Za svaki od dva navedena scenarija koristit će se različita metodologija. Za razvoj potražnje po prvom scenariju koristit će se metoda linearnog trenda dok će se za razvoj potražnje po drugom scenariju koristiti statističke metode korelacijske i regresijske analize. Kako dosadašnji razvitak prometa u Europskoj Uniji pokazuje tijesnu povezanost između obujma prometa i bruto domaćeg proizvoda prvo će biti napravljena korelacijska analiza između ukupno ostvarenih putničkih kilometara i ostvarenih putničkih kilometara po pojedinim prometnim granama, odnosno između ukupno ostvarenih tonskih kilometara i ostvarenih tonskih kilometara po pojedinim prometnim granama i bruto domaćega proizvoda u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 1996. do 2017. godine (cf. tablicu 3 i 4). Nakon toga će se za one prometne grane koje pokazuju statistički jaku vezu (r>0,7) između svog ostvarenja i BDP-a razviti regresijski modeli za procjenu razvoja potražnje do 2030. godine. Temeljem dobivenih konkluzivnih modela sačinit će se prognoza razvoja prometne potražnje do 2030. godine uz pretpostavku rasta BDP-a po prosječnim godišnjim stopama rasta od 3% i 5%. Prosječne stope rasta od 3% su vrlo ostvarive dok su prosječne stope rasta od 5% poželjne kako bi Republika Hrvatska, ali i druge države u regiji krenule putem snažnog gospodarskog razvoja. Stopa rasta BDP-a od 3% čini se realnom jer je prosječni rast hrvatskog BDP-a p. c. od 1952. do 2015. iznosio 3,3 posto godišnje. Prosječna stopa rasta BDP-a p. c. u 38 socijalističkih godina (1952.-1990.) iznosila je 4,3 posto godišnje, a u 25 kapitalističkih godina iznosila je 1,8 posto. Hrvatska je najviši rast ostvarivala od 1952. do 1980. od 6,1 posto godišnje. Taj rast nikada nije ponovljen, čak ni u razdoblju od 1995. do 2008. kada je prisutan utjecaj niske ratne baze, obnove, izgradnje autocesta i ekonomsko-financijskog balona prije krize (Bićanić, 2019). Sukladno tome, razvit će se tri prognoze razvoja prometne potražnje: pesimistična (metoda linearnog trenda), realna (prosječna stopa rasta BDP-a od 3%) i optimistična (prosječna stopa rasta BDP-a od 5%).

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Temeljem podataka u tablici 1 sačinjena je korelacijska analiza između dinamičkih pokazatelja rada u putničkom prometu po pojedinim prometnim granama i ukupno (cf. tablicu 3).

Tablica 3. Rezultati korelacijske analize za putnički promet

Correlations (Promet_putnici) Marked correlations are significant at p < ,05000 N=22								
	Means	**Std.Dev.**	**Željeznički**	**Cestovni**	**Pomorski**	**Zračni**	**Ukupno**	**BDP**
Željeznički	1240,0	299,80	1,000000	-0,168042	-0,230611	0,316812	0,514219	0,283774
Cestovni	3634,5	357,51	-0,168042	1,000000	-0,148255	-0,229077	0,245311	-0,215099
Pomorski	464,8	128,37	-0,230611	-0,148255	1,000000	0,669725	0,471811	0,794988
Zračni	1337,0	483,31	0,316812	-0,229077	0,669725	1,000000	0,830966	0,951780
Ukupno	6680,8	702,18	0,514219	0,245311	0,471811	0,830966	1,000000	0,815203
BDP	278997,2	35255,28	0,283774	-0,215099	0,794988	0,951780	0,815203	1,000000

U nastavku su statističkom metodom regresijske analize razvijeni odgovarajući modeli za procjenu prijevozne potražnje u putničkom prometu za one prometne grane koje pokazuju pozitivnu i jaku vezu između kretanja ostvarenih putničkih kilometara i bruto domaćeg proizvoda, kao i za ukupni broj ostvarenih putničkih kilometara (cf. tablicu 4,5,6).

Tablica 4. Rezultat regresijske analize za pomorski putnički promet

Regression Summary for Dependent Variable: Pomorski (Promet_putnici) R= ,79498778 R²= ,63200558 Adjusted R²= ,61360586 F(1,20)=34,349 p						
	b*	**Std.Err. - of b***	**b**	**Std.Err. - of b**	**t(20)**	**p-value**
Intercept			-342,785	138,8443	-2,46884	0,022691
BDP	0,794988	0,135646	0,003	0,0005	5,86077	0,000010

Tablica 5. Rezultat regresijske analize za zračni putnički promet

Regression Summary for Dependent Variable: Zračni (Promet_putnici) R= ,95177990 R²= ,90588497 Adjusted R²= ,90117922 F(1,20)=192,51 p						
	b*	**Std.Err. - of b***	**b**	**Std.Err. - of b**	**t(20)**	**p-value**
Intercept			-2303,29	264,3650	-8,71253	0,000000
BDP	0,951780	0,068598	0,01	0,0009	13,87465	0,000000

Tablica 6. Rezultat regresijske analize za ukupni putnički promet

Regression Summary for Dependent Variable: Ukupno (Promet_putnici) R= ,81520301 R²= ,66455596 Adjusted R²= ,64778375 F(1,20)=39,622 p						
	b*	**Std.Err. - of b***	**b**	**Std.Err. - of b**	**t(20)**	**p-value**
Intercept			2150,891	725,1124	2,966286	0,007633
BDP	0,815203	0,129508	0,016	0,0026	6,294638	0,000004

Temeljem dobivenih regresijskih modela i jednadžbi linearnog trenda sačinjena je procjena razvoja prijevozne potražnje za pomorski putnički, zračni i ukupni putnički promet do 2030. godine (cf. tablicu 7,8,9).

Tablica 7. Procjena prijevozne potražnje za pomorskim putničkim prometom do 2030. godine

	Scenarij 1- metoda linearnog trenda	Scenarij 2 – regresijski model Y=-342,785 + 0,003BDP	
	Y = 19,318x + 242,66 (r=0,95)	Stopa rasta BDP-a od 3%	Stopa rasta BDP-a od 5%
Prijevozna potražnja mil.pkm	822,2	985,66	1363

Tablica 8. Procjena prijevozne potražnje za zračnim putničkim prometom do 2030. godine

	Scenarij 1- metoda linearnog trenda	Scenarij 2 – regresijski model Y=-2303,29+0,01BDP	
	Trend y = 50,544x + 755,79	Stopa rasta BDP-a od 3%	Stopa rasta BDP-a od 5%
Prijevozna potražnje pkm	2272,11	3684,80	5385,63

Tablica 9. Procjena prijevozne potražnje za ukupnim putničkim prometom do 2030. godine

	Scenarij 1 - metoda linearnog trenda	Scenarij 2 – regresijski model Y=2150,891+0,016BDP	
	Trend y = 47,268x + 6132,7	Stopa rasta BDP-a od 3%	Stopa rasta BDP-a od 5%
Prijevozna potražnja mil.pkm	7550,74	9602,30	11718,76

Temeljem podataka u tablici 2 sačinjena je korelacijska analiza između dinamičkih pokazatelja rada u robnom prometu po pojedinim prometnim granama i ukupno (cf. tablicu 10).

Tablica 10. Rezultati korelacijske analize za robni promet

Correlations (Spreadsheet3) Marked correlations are significant at p < ,05000 N=22 (Casewise deletion of missing data)										
	Means	**Std.Dev.**	Željeznički	Cestovni	Pomorski	Cjevovodni	Riječni	Zračni	Ukupno	BDP
Željeznički	2372,3	531,73	1,000000	0,758200	-0,303300	0,652774	0,200007	-0,065370	-0,174718	0,813291
Cestovni	7725,1	3875,84	0,758200	1,000000	-0,679465	0,888596	0,585914	-0,371354	-0,552195	0,929090
Pomorski	140229,8	25624,01	-0,303300	-0,679465	1,000000	-0,538627	-0,397113	0,235791	0,986815	-0,568742
Cjevovodni	1476,5	379,36	0,652774	0,888596	-0,538627	1,000000	0,521509	-0,358512	-0,414371	0,813603
Riječni	408,8	369,59	0,200007	0,585914	-0,397113	0,521509	1,000000	-0,788515	-0,317472	0,690971
Zračni	3,0	0,82	-0,065370	-0,371354	0,235791	-0,358512	-0,788515	1,000000	0,181802	-0,507741
Ukupno	152215,5	22778,65	-0,174718	-0,552195	0,986815	-0,414371	-0,317472	0,181802	1,000000	-0,437970
BDP	278997,2	35255,28	0,813291	0,929090	-0,568742	0,813603	0,690971	-0,507741	-0,437970	1,000000

U nastavku su razvijeni modeli za procjenu prijevozne potražnje u robnom prometu za one prometne grane koje pokazuju pozitivnu i jaku vezu između kretanja ostvarenih neto tonskih kilometara i bruto domaćeg proizvoda.

Tablica 11. Rezultat regresijske analize za željeznički robni promet

Regression Summary for Dependent Variable: Željeznički (Teret_SVe_Doboj) R= ,81329063 R²= ,66144165 Adjusted R²= ,64451373 F(1,20)=39,074 p						
	b*	**Std.Err. - of b***	**b**	**Std.Err. - of b**	**t(20)**	**p-value**
Intercept			-1049,97	551,6415	-1,90335	0,071488
BDP	0,813291	0,130107	0,01	0,0020	6,25092	0,000004

Tablica 12. Rezultat regresijske analize za cestovni robni promet

Regression Summary for Dependent Variable: Cestovni (Spreadsheet3) R= ,92908962 R²= ,86320752 Adjusted R²= ,85636789 F(1,20)=126,21 p						
	b*	**Std.Err. - of b***	**b**	**Std.Err. - of b**	**t(20)**	**p-value**
Intercept			-20771,9	2555,893	-8,12705	0,000000
BDP	0,929090	0,082702	0,1	0,009	11,23418	0,000000

Tablica 13. Rezultat regresijske analize za cjevovodni promet

Regression Summary for Dependent Variable: Cjevovodni (Spreadsheet3) R= ,81360301 R²= ,66194986 Adjusted R²= ,64504735 F(1,20)=39,163 p						
	b*	**Std.Err. - of b***	**b**	**Std.Err. - of b**	**t(20)**	**p-value**
Intercept			-966,027	393,2668	-2,45642	0,023298
BDP	0,813603	0,130010	0,009	0,0014	6,25802	0,000004

Tablica 14. Rezultat regresijske analize za riječni robni promet

Regression Summary for Dependent Variable: Riječni (Teret_SVe_Doboj) R= ,69097137 R²= ,47744144 Adjusted R²= ,45131351 F(1,20)=18,273 p						
	b*	**Std.Err. - of b***	**b**	**Std.Err. - of b**	**t(20)**	**p-value**
Intercept			-1612,16	476,3638	-3,38430	0,002946
BDP	0,690971	0,161641	0,01	0,0017	4,27472	0,000370

Temeljem dobivenih konkluzivnih regresijskih modela i jednadžbi linearnog trenda sačinjena je procjena razvoja prijevozne potražnje za cestovni, cjevovodni i riječni robni promet do 2030. godine (cf. tablicu 15,16,17).

Tablica 15. Procjena prijevozne potražnje za cestovnim robnim prometom do 2030. godine

	Scenarij 1 - metoda linearnog trenda	Scenarij 2 – regresijski model Y=-20771,9 + 0,1BDP	
	y = 475,14x + 2261,1	Stopa rasta BDP-a od 3%	Stopa rasta BDP-a od 5%
Prijevozna potražnja mil.tkm	16515,3	26103,7	39418,0

Tablica 16. Procjena prijevozne potražnje za cjevovodnim prometom do 2030. godine

	Scenarij 1 - metoda linearnog trenda	Scenarij 2 – regresijski model Y=-966,027 + 0,009BDP	
	Y = 40,324x + 1012,8	Stopa rasta BDP-a od 3%	Stopa rasta BDP-a od 5%
Prijevozna potražnja mil.tkm	2222,52	3051,757	4192,949

Tablica 17. Procjena prijevozne potražnje za riječnim robnim prometom do 2030. godine

	Scenarij 1 - metoda linearnog trenda	Scenarij 2 – regresijski model Y=-1612,16 + 0,01BDP	
	y = 50,325x - 169,92	Stopa rasta BDP-a od 3%	Stopa rasta BDP-a od 5%
Prijevozna potražnja mil.tkm	1339,83	1712,21	2656,44

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Temeljem dobivenih rezultata istraživanja u ovome radu može se zaključiti da će se potražnja za putničkim prometom u Republici Hrvatskoj mjereno putničkim kilometrima do 2030. godine po optimističnoj procjeni povećati za više od 61%, dok bi po pesimističkoj varijanti taj rast iznosio svega 3,8%. Veliku ovisnost o kretanju BDP-a pokazuju pomorski i zračni putnički promet. Pomorski promet bi po optimističnoj varijanti do 2030. godine trebao ostvariti rast od 94,16%, a zračni promet bi se više nego udvostručio (povećao bi se za 2,13 puta). Po pesimističnoj prognozi rast pomorskog putničkog prometa iznosio bi 17,1%, dok bi rast zračnog prometa iznosio 35,57%. Što se tiče robnog prometa najveću ovisnost o kretanju BDP-a pokazuju cestovni, cjevovodni, željeznički i riječni promet. Cestovni robni prijevoz bi po optimističnoj prognozi mogao ostvariti u 2030. godini rast za više od 3,3 puta u odnosu na 2017. godinu. Po pesimističnoj varijanti taj rast bi iznosio 39,56%. Rast robnog prijevoza ostalim granama prometa je poželjan i prihvatljiv.

6. LITERATURA

Bernandino, J., et al (2015). Transport demand evolution in Europe – factors of change, scenarios and challenges, European Journal of Futures Research, 2015, Volume 3, Number 1.

Božić, V. (2004). Ekonomika saobraćaja, Ekonomski fakultet u Beogradu, Beograd.

Pupavac, D. (2017). Prometna ponuda i prometna potražnja, Veleučilište u Rijeci, Rijeka.

Pupavac, D. (2009). Načela ekonomike prometa, Veleučilište u Rijeci, Rijeka.

Državni zavod za statistiku, Statistički ljetopis Republike Hrvatske, različita godišta

(http://www.nsz.hr/tag/ivo_bicanic/feed/, 25.08.2019).

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

REACTION BEHAVIOUR OF DRIVERS TO MARKED AND UNMARKED ROAD: GHANA PERSPECTIVE

Jacob Adedayo Adedeji[a], Xoliswa E. Feikie[b], Thywill Cephas Dzogbewu[a], Mohamed M.H. Mostafa[d]

[a] *Central University of Technology, Free State, Bloemfontein 9300, Republic of South Africa, jadedeji@cut.ac.za, tdzogbewu@cut.ac.za*

[b] *Department of Civil Engineering and Geomatics, Durban University of Technology, Durban 4000, Republic of South Africa, XoliswaF@dut.ac.za*

[d] *Department of Civil Engineering, University of KwaZulu Natal, Durban 4041, Republic of South Africa, MostafaM@ukzn.ac.za*

***Abstract**: Africa is the leading continent globally in the rate of road traffic fatalities, yet it is the least motorized compared to the other five continents. This predicament is said to be one of the leading cause of death among youth and generally, rated as one of the ten causes of death in the world. Exclusively, Ghana's rate of traffic fatalities is growing despite the efforts invested in reducing it. Nevertheless, more focus needs to be invested in the traffic control systems such as traffic signals, signs or road markings. As this system tends to considerably reduce the number of conflicts and minimize road user's errors. Furthermore, this system creates drivers' expectations of the conditions which they will meet ahead and the driving tasks required. If misleading information is provided, or none is available, hazardous situations can result. Overall, this traffic system is inadequate or lacking in most developing countries as there are no proper maintenance strategies in place. Thus, this study investigates and evaluates the reaction of drivers to the marked and unmarked roads. Using random quantitative sampling methods, Ghanaian drivers were interviewed on their experiences when driving on the marked and unmarked road. Overall, this study will highlight the necessity of road markings in reducing traffic fatality rate and the psychological effect of the unavailability of road marking on drivers' expectation and consequently, the effect on their behaviour in most developing countries.*

***Key words:** Traffic fatalities; Road user's; behaviour; traffic safety; road markings*

1. GHANAIAN TRAFFIC STATISTIC

Vehicular accidents have a negative effect on human lives, properties and the environment, they are estimated to be the third leading cause of death worldwide by the year 2020 (Agyemang, 2013). On average 1.3 million people die globally every year, and 20 to 50 million people end up with disabilities because of traffic crashes. This phenomenon of increasing levels of vehicular accidents led to the establishment of the National Road Safety commission (NRSC) in Ghana to promote road safety. NRSC Ghana reported that 1800 lives are lost in Ghana annually, with 14000 injuries on average, and 11000 road traffic crashes, costing the country $288 million in 2009 (Pas, 2016; Agyemang et al., 2014). Nearly 42% of pedestrian are affected, and 60% of people affected are within the productive age group. The causes of these traffic crashes include drunk driving; machine failure; over speeding; rushing and negligence; increased population; not using seat belts while driving; using mobile phone while driving; careless driving; excessive speed, tyre failure; distractions inside the vehicles and outside; smoking while driving; anxious driving; minimal enforcement of road laws and traffic regulation by the police; poor driving skills; disregard for traffic regulation; wrong over-taking; poor road network; bribery and corruption; road design and non-existent road markings and signs. While road transportation is dominant in Ghana, accounting for 98% of motorised transport. Research has shown that population growth and economic development are related to road traffic accidents, and the dramatic increase in traffic injuries in middle-income and low-income countries may be a result of rapid urbanisation and motorization, leading to high exposure to risk and reduced levels of safety on the road (Mihyeon Jeon et al., 2006).

In African countries, road transport is the most common mode of transport after walking, and there is a huge concern on poor transport services particularly in developing countries. World health organization estimated a decrease of 30% in traffic fatalities from 2000- 2020, but the latter is different for developing countries (Mihyeon Jeon et al., 2006). The danger in this prediction is that pedestrian fatalities constitute 42% of

road traffic fatalities in Ghana, of which 68% of the total fatalities are relating to pedestrian crossing fatalities and behaviour (Damsere-Derry et al., 2010). The current system shows poor infrastructure with a lack of basic pedestrian facilities such as crossing facilities. Some of these pedestrian facilities are an integral part of road sign and markings as traffic safety is dependent on the ability of the driver to act in accordance with traffic rules and regulations. Even though the rapid growth in urbanization and financial resources makes it impossible to plan accordingly, it is evident that pedestrian facilities and infrastructures are not prioritised during the planning stage; this means pedestrians are at risk because they are also victims of traffic crashes and fatalities. In order for Ghana to meet 2020 vision of WHO of reducing number of road fatalities administrators, believe that a focus should be on traffic regulations and invested in road markings and road signs. Road signs and marking should be subject to maintenance and their performance should be based on durability and visibility. Though road maintenance costs are often high, they are critical for accessibility, reliability and safety. Thus, this study attempts to show that poor road signs and absent or faded road markings are a problem, and maintained road signs and marking should be prioritised to considerably reduce the number of conflicts and minimize road user's errors.

2. DRIVER'S EXPECTANCY AND REACTION

The percentage of traffic fatalities in Ghana is increasing, despite the measures taken to reduce it. Among other components that contribute to traffic fatalities, road users' characteristic takes the precedence in being the most unpredictable. This is caused by the fact that the expectations and reactions of drivers may vary depending on factors such as years/experience of driving, familiarity with the place/road etc. Okwabi (2014) highlights that the expectations and reactions of drivers are also based on the psychological influence. Road markings are generally used to provide information and guidance to drivers on what to expect along the road, and this affects how they drive and how they react to conditions along the road. The absence of these markings can generally lead to confusion, reduced level of confidence/unsureness, increased reaction time, and fear. This can also mean that drivers will depended on their own discretion for guidance and information, which can be highly detrimental as high speeds and inconsistent movements can be expected (Adedeji et al., 2018). It is therefore imperative to ensure that the drivers' attention is not impaired and that distractions are minimised, to ensure safety along the roads (Louw et al., 2013).

3. METHOD AND DATA COLLECTION

3.1 Data Collection

The approach used to collect data involved the use of questionnaires defined by sample size specifying a given margin of error, which will justify the population size of the total road users and provide a confidence interval of judgment (Gray, 2013). The method used in this research involved the use of questionnaires administered and completed by drivers in Ho capital cify of Volta Region, Ghana. Two hundred questionnaires were distributed amongst drivers in various inter-city motor parks, however, only 176 questionnaires were returned.

The questionnaire used consist of three sections; the first section classifies the personal information (demographic characteristics) of the drivers: age, gender, educational level which influence their level of behaviour and comprehension of the traffic signs and road markings, issuing country of driver's license and type, the driver's experience such as year of driving experience, driving fines received and involvement in traffic accident. The second section looks at road conditions and the availability of road markings and traffic signs using a Likert-type scale. He/she may indicate the consequences of the class using a 5-point scale (where 1=never and 5=always). The final section on a Likert-scale seeks the opinions of the drivers on influence of road markings unavailability.

3.2 Data Analysis

All data analysis was performed using SPSS package. Standard descriptive statistics were reported; mean (M), standard deviation (SD) for numerical variables for Likert scale variables and frequency count (%) for categorical variables. In addition, a cross-tabulation with chi-square analysis was conduted to establish the relationship between driver's personal characteristics, physiological characteristics and unavailability of road markings.

3.3 Evaluation and Interpretation of Results

3.3.1 Study Population

There were 176 respondents included in the study (Table 2), of the total respondents, 25 % were female. Most of the respondents are between the ages of 18-39 (75.6 %) and only 24.4 % are above the 40 years old. Educational level among the respondents was a spilt were 44.3 % are undergraduate and postgraduate while the rest are in the grades with only 1.7% as others. Furthermore, majority of the respondents have driving licence issued by the Ghana traffic department and only 1.7% are from other countries such as Togo, Benin Republic, Cote d'Ivoire, and Burkina Faso, which boundaries with Ghana. In addition, there was a wide range of respondents in terms of the driving licence class type, where 46.6 % of the respondents have class C licence type (drive buses and medium goods carrying vehicle not exceeding 10, 000 tons or 1-45 passengers), 31.8 % class B (drive cars, cross country, minibuses, pickup vehicles up to 3,500kgs or 1-15 passengers) and the rest are class A (drive motorcycle with or without side car 1 up to 250cc).

Table 1. Demographic data (N= 176)

Item	**Percent**
Gender	
Male	74.7%
Female	25.3%
Age	
18-25	23.9%
26-30	22.2%
31-39	29.5%
40-49	15.9%
Above 50	8.5%
Educational Level	
Others	1.7%
Grade 1-3	4.0%
Grade 4-6	17.0%
Grade 7-12	33.0%
Undergraduate	22.7%
Postgraduate	21.6%
Driving Licence Issue Country	
Ghana	98.3%
Others	1.7%
Licence Type	
A	21.6%
B	31.8%
C	46.6%
Years of driving Experience	
0-3 years	29.5%
4-10 years	33.5%
11-25 years	23.9%
26-40 years	9.7%
Over 40 years	3.4%
Driving Fines in one year	
0	23.9%
1-3	30.1%
4-6	33.5%
0ver 7	12.5%
Involvement in Car Accident in the Last 3 Years	
Yes	44.3%
No	55.7%

3.3.2 Road Marking on Ghana Road

This section investigates the present road conditions in Ho, Ghana. The first 2 questions evaluate the current road condition of the study area and results showed that the road is above average as 64 % of the respondents agreed that the road surface is fair to excellent for driving condition during the day and night time. To support that current condition of the road, the study showed that traffic signals and road markings (Table 2) are available, M = 3.01 (SD = 1.05) and M = 3.13 (SD = 1.02) respectively. The standard deviation values

indicate that the responses of the respondents indicated are clustered around the mean values (Neutral to Available).

Furthermore, majority of the drivers have a great understanding of the road markings (M = 3.11; SD = 1.06) and indicated that road markings are useful or helpful in decision making (M = 3.03; SD = 1.11), this can be supported by the level of literacy amongst the drivers interviewed. On the other hand, majority of the respondents (M = 3.18; SD = 1.07) indicated that they are comfortable driving without the road markings. This could be as a result of the fact that majority (above 70 %) of the drivers can be classified as average to expert drivers with over 4 years of driving experience or the fact that drivers do not obey rules and regulation related to road markings as 50 % of the respondents have received more than 4 traffic fines over the last one year and close to average of the respondents have be involved in traffic accident over the last three years (Table 2). Overall, majority of the drivers agrees that road markings are necessity (M = 3.11; SD = 1.04) and with more emphasis of the necessity at road curves (M = 3.22; SD = 0.98) as it helps in the process of decision making such as overtaking, maintaining once lane and obey the right of ways rules.

Table 2. Influence of Unavailability Road Marking on Drivers Behaviour

Road Conditions	Class	Percentage	Mean	Standard Deviation
Availability of traffic signals	Never Available (1)	8.5%	**3.01**	**1.05**
	Fairly Available (2)	23.3%		
	Neutral (3)	33.0%		
	Available (4)	29.5%		
	Most Available (5)	5.7%		
Availability of road markings	Never Available (1)	8.5%	**3.13**	**1.02**
	Fairly Available (2)	17.6%		
	Neutral (3)	30.1%		
	Available (4)	40.3%		
	Most Available (5)	3.4%		
Understanding of the road markings	Never Conversant (1)	10.2%	**3.11**	**1.06**
	Fairly Conversant (2)	15.9%		
	Neutral (3)	30.7%		
	Conversant (4)	39.2%		
	Very Conversant (5)	4.0%		
Usefulness of road marking in making decisions	Never Useful (1)	9.7%	**3.03**	**1.11**
	Fairly Useful (2)	23.9%		
	Neutral (3)	26.1%		
	Useful (4)	34.1%		
	Very Useful (5)	6.3%		
Comfortability level driving without road markings	Never Comfortable (1)	6.3%	**3.18**	**1.07**
	Fairly Comfortable (2)	23.9%		
	Neutral (3)	23.3%		
	Comfortable (4)	39.2%		
	Very Comfortable (5)	7.4%		
Necessity of road makings	Never Necessary (1)	5.7%	**3.11**	**1.04**
	Fairly Necessary (2)	24.4%		
	Neutral (3)	30.1%		
	Necessary (4)	32.4%		
	Very Necessary (5)	7.4%		
Necessity of road makings on curves	Never Necessary (1)	4.0%	**3.22**	**0.98**
	Fairly Necessary (2)	20.5%		
	Neutral (3)	31.3%		
	Necessary (4)	38.1%		
	Very Necessary (5)	6.3%		

3.3.3 Impacts of Road Marking on Driver Capability (Driving Experience and Education)

Drivers capability is usually affected by various factors including personal characteristics, physiological characteristics, personal experiences, psychological resources, etc. (Oviedo-Trespalacios et al., 2019). Using Cross-Tabulation with Chi-Square analysis, it is worthy to note that there is no significant association (independent) between driver's level of fear and age, gender, driving fines in one year and involvement in car

accident over the last 3 years, as a result of unavailable road marking. Nevertheless, there was a significant associate between driver's level of fear and level of education (Table 3) as the calculated chi-square value (31.31) was greater than the chi-square value of 26.30. Additionally, driver's level of fear is dependent on the years of driving experience (Table 4), considering 5% level of significance the chi-square value is 21.03. However, the calculated chi-square value was larger than the critical value (31.32).

*Table 3. Do you feel that your fear level increase when road marking disappear(DBE10)? * Education*

			Education					Total
			Grade 1-3	Grade 4-6	Grade 7-12	Postgraduate	Undergraduate	
DBE 10	1	Count	0	3	3	3	0	9
		% within EDUCATION	0.0%	9.1%	5.2%	7.9%	0.0%	5.1%
	2	Count	4	4	8	6	14	36
		% within EDUCATION	57.1%	12.1%	13.8%	15.8%	35.0%	20.5%
	3	Count	3	8	19	12	11	53
		% within EDUCATION	42.9%	24.2%	32.8%	31.6%	27.5%	30.1%
	4	Count	0	14	27	10	12	63
		% within EDUCATION	0.0%	42.4%	46.6%	26.3%	30.0%	35.8%
	5	Count	0	4	1	7	3	15
		% within EDUCATION	0.0%	12.1%	1.7%	18.4%	7.5%	8.5%
Total		Count	7	33	58	38	40	176
		% within EDUCATION	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

*Table 4. Do you feel that your fear level increase when road marking disappear(DBE10)? * Driving Experience*

			Driving Experience				Total
			0-3Y	10-25Y	26-40Y	4-10Y	
DBE 10	1	Count	1	1	0	7	9
		% within Driving Experience	2.1%	2.4%	0.0%	11.1%	5.1%
	2	Count	3	12	8	13	36
		% within Driving Experience	6.4%	28.6%	33.3%	20.6%	20.5%
	3	Count	16	16	9	12	53
		% within Driving Experience	34.0%	38.1%	37.5%	19.0%	30.1%
	4	Count	25	9	7	22	63
		% within Driving Experience	53.2%	21.4%	29.2%	34.9%	35.8%
	5	Count	2	4	0	9	15
		% within Driving Experience	4.3%	9.5%	0.0%	14.3%	8.5%
Total		Count	47	42	24	63	176
		% within Driving Experience	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Furthermore, result show that there was no significant association between driver's level of focus (DBE11) and age, gender, educational level, years of driving experience, driving fines in one year and involvement in car accident over the last 3 years, as a result of unavailable road marking. On the other, there are significant association between DBE12 (Do you notice the other drivers are confused when there is no road marking?) and age, driving fines in one year and years of driving experience with a chi-square value of 35.10 (Table 5). Overall, it can be re-echoed that age, education, personal experiences have impact of the behaviour of roadusers on marked and unmarked roads.

*Table 5. Do you notice the other drivers are confused when there is no road marking? * Driving Experience*

			Driving Experience				
			0-3Y	10-25Y	26-40Y	4-10Y	Total
DBE 12	1	Count	1	3	0	7	11
		% within Driving Experience	2.1%	7.1%	0.0%	11.1%	6.3%
	2	Count	1	9	12	14	36
		% within Driving Experience	2.1%	21.4%	50.0%	22.2%	20.5%
	3	Count	14	17	6	18	55
		% within Driving Experience	29.8%	40.5%	25.0%	28.6%	31.3%
	4	Count	25	9	5	19	58
		% within Driving Experience	53.2%	21.4%	20.8%	30.2%	33.0%
	5	Count	6	4	1	5	16
		% within Driving Experience	12.8%	9.5%	4.2%	7.9%	9.1%
Total		Count	47	42	24	63	176
		% within Driving Experience	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

4. PRACTICAL IMPLICATIONS

Results of the survey suggest area that maybe improved to increase the efficiency and safety of the road network in Ho, Ghana and some practical implications are presented below-

4.1 Improving Drivers Safety

In order to improve driver's safety on Ghana road network, it is of necessity to continuously improve the existing road conditions by providing adequate resources for the maintenances of road to acceptable standards. On a geranal note, inadequate road maintenances have been one of the major challenges of most of African countries, most especially preventative and emergency maintenance. With preventative maintenance, roads can be kept in good or acceptable condition and consequently prevent road fatalies. Road markings repair and rejuvenation falls under the preventative maintenance and thus, African countries should implement policy on proper maintenance culture which will overall, improve all roadusers safety. Furthermore, the visibility of the road markings during the daytime and the night-time is of a great concern and necessity, as the most important aspect of road markings is that they must be retroreflective. Thus, it helps driver to communicate or interact safely with other road users of the roadway.

4.2 Improving Drivers Driving Confidence Level

Drivers and other road users have widely varying characteristics, thus, a roadway design should confirm and agree with drivers expecatancy based on previous experience. Improving drivers driving confindence can be achieved by presenting them with clear clues about what is expected of them. Road markings communicate regulatory and warning information to road users. In the aspect of regulatory, the stop paint marking at the end of an intersection communicate to the road users (motorists) to stop for a while and observe other vehicles before progressing. Additionally, road-marking act as a warning sign in the case of rumble strips (also known as sleeper lines) serve as noise generators, also attempts to wake a sleeping driver or alter a driver to various upcoming hazards by both sound and the physical vibration of the vehicle. Furthermore, transverse road markings assist in raising driver awareness of risk through perceptual optical effects, thus encouraging drivers to reduce their speed

in anticipation of an upcoming hazard. Overall, road marking alters the road users with information needed while driving thus, increase their level of confidence on the road way when available.

4.3 Cost Effective Road Network

Apart from the efficiency of road markings in enhancing road user's safety, road markings are also a great and cost effective measure in the design and construction of road network. In Ghana, there is a need for considering road markings in the design and construction stage as it can help to reduce the numbers of lanes of road needed and help in effective sharing of the roadway, which will overall reduce the cost of road construction. Furthermore, road markings can be used to create special types of lanes such as bicycle and bus lanes, which thus, help in the effective utilization of roadway and consequently reducing cost of using median barrier where they are not needed.

5. CONCLUSION

The necessity of road markings on our roadway can not be overemphasised as they serve numerous purpose when available. This study examined the reaction and behaviour of drivers to the marked and unmarked roads. Results indicates that the road surface, road markings and traffic signals are overall fairly available and the drivers have a great understanding of the importance and the necessity of road markings in decision making while driving. More emphasis was made on the necessity of road marking availability on the curved section of the roadway. Additionally, the results validate the absence of road markings increases the drivers level of fear and there is a need to focus more when road markings are not present. Nevertheless, results show that age, education, personal experiences (especially years of driving) have impact of the behaviour of road users on marked and unmarked roads. It is therefore imperative that road markings be maintained on a regular basis and be considered more in the planning, design and construction of road projects as it does not only enhance roadusers safety but also, reduce cost of construction of roads.

6. REFERENCES

Adedeji, J.A., Abejide, S.O., Monts'i, M., Hassan, M.M. and Mostafa, W.H., (2018). Reaction Behaviour of Drivers to Road Markings: Case Study of Main South Road Lesotho–N8 Road South Africa. In International Congress and Exhibition" Sustainable Civil Infrastructures: Innovative Infrastructure Geotechnology" (pp. 58-71). Springer, Cham.

Agyemang, B. (2013). Regression Analysis of Road Traffic Accidents and Population Growth in Ghana. International journal of business and social research, 3(10), 41-47.

Agyemang, B., Abledu, G.K. and Semevoh, R. (2014). Linking Road Traffic Accidents to Vehicle Population; Empirical Evidence from Ghana.

Damsere-Derry, J., Ebel, B.E., Mock, C.N., Afukaar, F. and Donkor, P., 2010. Pedestrians' injury patterns in Ghana. Accident Analysis & Prevention, 42(4), 1080-1088.

Gray, D.E. (2013). Doing research in the real world. Sage, London.

Louw, T.L., Gobel, M. and Zschernack, S. (2013). The effect of distraction modality on driver performance. Ergonomics SA: Journal of the Ergonomics Society of South Africa, 25(1), 13-25.

Mihyeon Jeon, C., Amekudzi, A.A. and Vanegas, J. (2006). Transportation system sustainability issues in high-, middle-, and low-income economies: Case studies from Georgia (US), South Korea, Colombia, and Ghana. Journal of urban planning and development, 132(3), 172-186.

Okwabi, S.O. (2014). Risk Perception, Risk-Taking Attitude and Risky Driving Behavior among Drivers in Ghana (Doctoral dissertation, University of Ghana).

Oviedo-Trespalacios, O., Truelove, V., Watson, B., & Hinton, J. A. (2019). The impact of road advertising signs on driver behaviour and implications for road safety: A critical systematic review. Transportation research part A: policy and practice, 122, 85-98.

Pas, C.N.D., 2016. Reported incidence of vehicular accidents at ledzokuku-krowor municipal assembly hospital in Teshie, Ghana.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

MODEL FOR THE ASSESSMENT OF LINE OPERATION IN INTERMEDIATE PASSENGER TRANSPORT

MODEL ZA PROCENU RENTABILNOSTI RADA LINIJA U MEĐUMESNOM PREVOZU PUTNIKA

Milica Miličić[a], Pavle Gladović[a], Tatjana Savković[a], Ivana Milenković[a]

[a] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Traffic Engineering, Dositej Obradović Square 6, Novi Sad 21000, Serbia, mmilica@uns.ac.rs, pavlegladovic@uns.ac.rs, savkovic.t@uns.ac.rs, milenkovic@uns.ac.rs*

Abstract: *Transport companies dealing with the transport of passengers on long-distance lines have a problem with the profitability of the lines operation, which reduce their efficiency. The aim of this paper is to present a methodology for estimating income using a sample method of a transport company that will show that with the existing capacity, the company can better perform the chosen jobs. The research was performed by tracking the operation of the long-distance line over two years and calculating the relevant parameters and measuring coefficients of the reference transport company. The results show that the following parameters have the greatest influence on the income and profit of the transport company: the coefficient of static utilization of bus capacity (γ), the coefficient of dynamic utilization of bus capacity (ε) and the capacity of bus (q). This indicates the possibility of introducing vehicles with lower capacity, if it is shown to be necessary, and thus reducing operating costs. The proposed methodology can be applied in the process of transport production in order to establish cost and revenue norms on long-distance lines, since the cost-effectiveness of line operation is not performed on the lines of these classes.*

Keywords: *transport company, line profitability, long-distance passenger transportation, fleet exploitation parameters*

Abstrakt: *Transportna preduzeća koja se bave prevozom putnika na međumesnim linijama imaju problem rentabilnosti rada linija, što umanjuje njihovu efikasnost. Cilj ovog rada je prikaz metodologije za procenu prihoda metodom uzorka transportnog preduzeća koji će pokazati da uz postojeći kapacitet, preduzeće može bolje obavljati izabrane poslove. Istraživanje je vršeno praćenjem rada međumesne linije tokom dve godine i proračunom odgovarajućih pokazatelja i izmeritelja rada u referentnom transportnom preduzeću. Rezultati pokazuju da su od najvećeg uticaja na ostvarenje prihoda i profita transportnog preduzeća sledeći parametri: koeficijent statičkog iskorišćenja kapaciteta autobusa (γ), koeficijent dinamičkog iskorišćenja kapaciteta autobusa(ε) i kapacitet autobusa (q). Ovo ukazuje na mogućnost uvođenja vozila manjeg kapaciteta, ukoliko se pokaže da je to potrebno, i time se i smanjuju troškovi poslovanja. Predloženu metodologiju moguće je primeniti u procesu transportne proizvodnje u cilju utvrđivanja normativa troškova i prihoda na međumesnim autobuskim linijama, budući da se na linijama tih klasa ne vrši analiza rentabilnosti rada linije na osnovu troškova.*

Ključne reči: *transportno preduzeće, rentabilnost linije, međumesni prevoz putnika, eksploatacioni izmeritelji rada voznog parka.*

1. UVOD

Za sistem javnog međumesnog linijskog transporta putnika (JMLTP) važni su ciljevi i zahtevi tri interesne grupe**:** društvena zajednica (privreda), korisnici i organizatori prevoza (prevoznici). Zahtevi prevoznika usmereni su ka obezbeđenju eksternih uslova (fer uslovi na tržištu, jednak tretman svih prevoznika, bolja mreža linija itd) i internih uslova (tehničko - tehnološki razvoj, savremen pristup menadžmentu, razvoj informacionog sistema itd) u kojima mogu efikasno i efektivno egzistirati kao pravni subjekti.

U transportu, kao i u drugim oblastima materijalne proizvodnje, sva tehničko - tehnološka i organizaciona rešenja dobijaju svoju upotrebnu vrednost tek kroz njihovu uspešnu ekonomsku valorizaciju. Ekonomski efekti podrazumevaju efikasnost transportnog sistema. Transportna preduzeća koja se bave prevozom putnika na

međumesnim linijama imaju problem rentabilnosti rada linija, a time i efikasnosti. Problem kapaciteta sa kojim se susreću preduzeća su: *koliki* kapacitet imati, *kada* ga povećati ili umanjiti, *koji tip* kapaciteta dodati i *gde*. Sprovedena istraživanja pokazuju da u posmatranom periodu referentnog preduzeća iz prakse, i za usvojenu liniju transporta putnika na veličinu ukupnog prihoda, odnosno dobiti, utiče veliki broj činilaca, kao što su:

- tržište koje utiče preko veličine zahteva za obimom transportne usluge i cene tih usluga, nabavne cene pogonskog goriva, materijala, transportnih sredstava i dr,
- ostvareni obim transportnih usluga,
- racionalno korišćenje transportnih kapaciteta,
- efikasno korišćenje obrtnih sredstava,
- troškovi poslovanja,
- broj i struktura postojećih kadrova itd.

Analize uspešnosti transportnog sistema mogu biti sprovedene korišćenjem brojnih različitih tehnika. Generalno, eksperti ih razlikuju kao parametarske i neparametarske metode, ili pak kao metode koje koriste indeks funkcije produktivnosti ili ne koriste ništa od ovoga. Postoje tri glavna pristupa za procenu: korišćenje pokazatelja, korišćenje funkcija proizvodnje i korišćenje neparametarskih metoda. Što se tiče korelacije i pouzdanosti pregled literature pokazuje da sve metode obezbeđuju pouzdanu procenu efikasnosti, jer se njihovi rezultati podudaraju do odgovarajuće mere (Markovits - Somogyi, 2011).

Različiti istraživači kreiraju svoje pristupe. Obeng i Sakano (2002) na primer razlažu ukupne faktore produktivnosti posebne efekte: ulaz je potražnja, čist efekat je skala, izlaz su indirektni efekti i čista tehnička promena. Takav primer razloženih faktora produktivnosti može se naći i kod Graham (2008) koji je korišćen za analizu efikasnosti 89 gradskih železničkih kompanija. Tongzon (2001) je prvi primenio DEA analizu u lukama i ispitao efikasnost 16 međunarodnih kontejnerskih luka. Yu (2008) izvršava drugi nivo DEA metode, fokusirajući se prvo na tehničku efikasnost (prevozni kapacitet kompanija), zatim na servise efikasnosti (broj prodatih mesta) kod železnice. Sampaio R. S., Neto and Sampaio Y. (2008) ocenjuje 19 kompanija za javni prevoz u Brazilu i Evropi, Hirchhausen i Cullmann (2010) su istraživali efikasnost 179 nemačkih autobuskih kompanija. Georgiadis, Politis i Papaioannou (2014) su primenom DEA metode izvršili procenu efikasnosti rada pojedinih autobuskih linija na mreži javnog prevoza u Solunu kako bi utvrdili mere za ekonomičnije poslovanje. Analizom produktivnosti autobuskih preduzeća i definisanjem razlika u efikasnosti njihovog poslovanja primenom DEA metode bavili su se Novaes, Silveira i Medeiros (2010). Soltani, Marandi i Ivaki (2013) su vrednovali rad autobuskih linija upotrebom dve metode Fuzzy AHP i Topsis metodu. Na ovaj način bi omogućili donosiocima mera u autobuskom prevozu da unaprede rad postojećih linija ili da formiraju nove linije spajanjem postojećih.

Kategorije koje pokazuju rezultate rada autotransportnog preduzeća su (Vešović i Bojović, 2002):

- ***Kvalitet transportne usluge*** koji je značajan za korisnike transportnih usluga, ali i za autotransportna preduzeća, jer je to jedan od elemenata na osnovu kojeg se korisnici usluga opredeljuju za jedan vid saobraćaja,
- ***Ekonomičnost*** - na ekonomičnost utiče veliki broj činilaca kao što su: stepen zaposlenosti sa aspekta korišćenja kapaciteta i kadrova, promena dužine prevoznog puta, uslovi tržišta,
- ***Rentabilnost*** predstavlja odnos između ostvarene dobiti i vrednosti angažovanih sredstava za proizvodnju transportne usluge,
- ***Profit (dobit)*** se definiše kao uvećanje vrednosti poslovnih sredstava, odnosno kao novostvorena vrednost u procesu reprodukcije. Prodajna cena (tarifa) umanjena za jedinične troškove transporta određuje profit (dobit) po jedinici proizvodnje i predstavlja krajnji pokazatelj uspešnosti poslovanja transportnog preduzeća na tržištu.

U ovom radu predstavljena je metodologija za procenu rentabilnosti rada linije uz postojeći kapacitet metodom uzorka. Proračun odgovarajućih pokazatelja i izmeritelja rada izvršen je u referentnom transportnom preduzeću. Kao metodološki postupak za analizu proizvodne efikasnosti, cene transporta i profita rada međumesnih autobuskih linija, usvojeno je poređenje, sa referentnom organizacijom iz delatnosti i preporukama teorije i prakse.

2. ANALIZA TRANSPORTNOG PREDUZEĆA

Istraživanje je vršeno praćenjem rada međumesne linije tokom dve godine i proračunom odgovarućih pokazatelja i izmeritelja u referentnom transportnom preduzeću. Preduzeće ima više linija u međumesnom i međunarodnom transportu putnika, autobuse visoke turističke klase i dvadeset i pet stalno zaposlenih radnika. Preduzeće prevozi putnike na šest redovnih linija, od kojih su dve međumesne, a četiri međunarodne linije. Ukupna dužina linija iznosi 5328 (km), od toga ukupna dužina međumesnih linija je 1520 (km), a međunarodnih linija 3808 (km). Istraživanje je urađeno na međumesnoj liniji Subotica - Pirot jer je duga 992km što pretstavlja veoma dugu liniju za međumesne linije prevoza putnika.

Inventarski vozni park je heterogene strukture tj. sastoji se od šest marki, jedanaest tipova vozila i šest različitih kapaciteta vozila. U inventarskom voznom parku autotransportnog preduzeća najviše su zastupljena vozila kapaciteta sa više od 54 mesta (55%), sa 54 mesta - 18%, a manje od 54 mesta - 27%. Analiza ostvarenih rezultata rada vozila u voznom parku izvršena je na osnovu transporta putnika u linijskom saobraćaju. Eksploatacioni izmeritelji rada voznog parka za period od dve godine (2012. i 2013. godina), prikazani su u tabeli 1. (Podaci preuzeti iz referentnog preduzeća gde se radilo istraživanje)

Tabela 1. Eksploatacioni pokazatelji rada voznog parka

Naziv pokazatelja	Simbol pokazatelja	Vrednost pokazatelja
		2012/2013
Inventarski broj vozila	A_i	0,846
Inventarski auto-dani	AD_i	0,848
Auto-dani sposobni	AD_s	0,846
Auto-dani na radu	AD_r	1,031
Auto-dani nesposobni	AD_n	0,925
Auto-časovi na radu	AH_r (h)	1,031
Auto-časovi u vožnji	AH_w (h)	1,031
Ukupni autokilometri	AK (km)	1,149
Auto-kilometri sa putnicima	AK_t (km)	1,177
Auto-kilometri bez putnika	AK_p (km)	0,300
Nulti autokilometri	AK_n (km)	0,201
Broj vožnji sa putnicima	AZ_λ	0,875
Broj prevezenih putnika	P	1,578
Ostvareni transportni rad	U (putnik*km)	2,007

Srednje vrednosti parametara proizvodne efikasnosti tj. rada autobusa na posmatranoj liniji za period od dve godine na osnovu obrazaca za proračun parametara (Gladović, 2014), dati su ispod po grupama. Obrađeni su podaci za 211 polazaka u periodu karakterističnih meseci u toku godine (mart, april, oktobar i novembar). Odnosno,

Parametri grupe I:

- broj transportovanih putnika P_λ=105 (putnika)
- moguć maksimalan broj prevezenih putnika-$P_{\lambda max}$=1210 (putnika)
- ukupan broj prevezenih putnika-Q_λ =316 (putnika)
- prosečan protok putnika po jednoj deonici linije u toku dana-$\bar{q}_{\lambda Q}$ =14,38 (putnika)

Parametri grupe II:

- koeficijent izmene putnika–η_{sm}=3,85
- koeficijent statičkog iskorišćenja kapaciteta autobusa–γ=0,26
- transportni rad autobusa–U=13838 (putnik∗km)
- mogući transportni rad autobusa–U_{max}=54551 (putnik∗km)
- koeficijent dinamičkog iskorišćenja kapaciteta autobusa–ε=0,25

Parametri grupe III:

- prosečna dužina vožnje autobusom–$K_{SP\lambda}$=508,81 (km)
- srednja dužina vožnje jednog putnika–K_{SP1}=132,48 (km)

- Srednja dužina vožnje jednog putnika predstavlja rastojanje koje pređe jedan putnik u vožnji u jednom smeru na liniji. Dobija se na osnovu broja prevezenih putnika na plouobrtu po deonicama.
- neravnomernost putničkog toka na liniji za obim prvoza-Ψ_P=4,70
- neravnomernost putničkog toka na liniji za izvršen transportni rad-Ψ_U=5,61
- prosečan broj putnika po kilometru linije za transportni rad- $\bar{q}_{\lambda U}$ =13,95 (putnika)

U okviru istraživanja analizirani su određeni ulazni parametri koji su predstavljeni u tabeli 2.

Tabela 2. Ulazni parametri

	KOEFICIJENT	VREDNOST
Koeficijenti vremenskog bilansa rada vozila u danima i časovima	koeficijent tehničke ispravnosti	α_t=0,97
	koeficijent iskorišćenja tehnički ispravnog-sposobnog za rad voznog parka	α'=0,61
	koeficijent iskorišćenja voznog parka	α=0,59
	koeficijent iskorišćenja vremena u toku 24 časa	ρ=0,50
	koeficijent iskorišćenja radnog vremena	δ=0,86
	KOEFICIJENT I IZMERITELJ	VREDNOST
Izmeritelji i koeficijenti iskorišćenja pređenog puta	koeficijent iskorišćenja pređenog puta	β=0,98
	koeficijent nultog pređenog puta	ω=0,006
	srednja dužina vožnje sa putnicima (km)	$K_{st\lambda}$=330,163
	srednja dužina vožnje jednog putnika (km)	K_{sp1}=367,941
	srednji dnevni pređeni put vozila (km)	K_{sd}=473,088
	KOEFICIJENT	VREDNOST
Izmeritelji iskorišćenja kapaciteta vozila	koeficijent statičkog iskorišćenja kapaciteta	γ=0,71
	koeficijent dinamičkog iskorišćenja kapaciteta	ε=0,71
	IZMERITELJ	*VREDNOST*
Izmeritelji uslova izvršenja transportnog procesa	srednja saobraćajna brzina (km/h)	V_s=45,66
	eksploataciona brzina (km/h)	V_e=39,42
	IZMERITELJ	VREDNOST
Rezultativni izmeritelji rada voznog parka	radna proizvodnost vozila za ostvareni transportni rad (putnik*km /h_r) radna proizvodnost za ostvareni obim prevoza (put/h_r),	$W_U^{'}$ =1575,140 $W_P^{'}$ =4,146
	puna proizvodnost vozila za ostvareni transportni rad (putnik*km /h_i) puna proizvodnost za ostvareni obim prevoza (put/h_i)	W_U =464,065 W_P =1,222

3. PROCENA RENTABILNOSTI LINIJE METODOM UZORKA

Na osnovu prethodno predstavljenih parametara i njihovih rezultata, napravljena je procena rentabilnosti linije metodom uzorka za transportna preduzeća. Posmatrana linija spada u kategoriju linijskog međumesnog transporta putnika. Dužina cele linije je 992 (km), planirano vreme poluobrta traje 8 (h) i 10 (min), na liniji postoji 12 stanica u jednom smeru, kapacitet autobusa je 55 mesta (Miličić, 2011). Na osnovu ulaznih parametara vrši se proračun izmeritelja rada autobusa na liniji, proizvodnosti kao funkcija dve promenljive i usvajanje uticajnih parametara: koeficijenta statičkog iskorišćenja kapaciteta transportnog sredstva (γ) i koeficijenta dinamičkog iskorišćenja kapaciteta transportnog sredstva (ε). U okviru istraživanja varirane su vrednosti ulaznih parametara i analiziran je njihov uticaj na cenu prevoza, troškove, prihod i na profit kao krajnji rezultat. Za analizu rezultata primenjen je statistički program Minitab.

Proizvodnost voznog parka, cene koštanja jedinice transportnog rada i profit (dobit) su deo efektivnosti rada transportnog preduzeća, tako da je posmatrajući troškove i prihod moguće na osnovu izdvojenih uticajnih parametara (q, ε) i (q, γ) prikazati odgovarajuće funkcije sa dve promenljive iz kojih se vidi njihov uticaj na profit (dobit). U tabelama 3 i 4 dati su tipovi funkcija zavisnosti profita (dobiti) u odnosu na dva promenljiva parametra proizvodne efikasnosti (Miličić, 2011).

*Tabela 3. Funkcija profita (dobiti) P_U (eura/putnik*km)u zavisnosti od dva parametra proizvodne efikasnosti*

Nezavisno promenljiva (x,y)	Tip funkcije P_U (x, y)	Vrednost konstante a, b, z
q, ε	$P_U = \frac{a \cdot xy - b}{xy \cdot z}$	$a = \vartheta_{tU} \cdot (\alpha\beta\rho K_{SP\lambda} V_S)$ $b = \vartheta_p \cdot (\alpha\rho K_{SP\lambda} V_S) + \vartheta_s t_{ui} \beta V_s + \vartheta_s K_{SP\lambda}$ $z = \alpha\beta\rho K_{SP\lambda} V_s$

Tabela 4. Funkcija profita (dobiti) P_P (eura/put) u zavisnosti od dva parametra proizvodne efikasnosti

Nezavisno promenljiva (x, y)	Tip funkcije P_P (x, y)	Vrednost konstante a, b, z
q, γ	$P_P = \frac{a \cdot xy - b}{xy \cdot z}$	$a = \vartheta_{tP} \cdot (\alpha\beta\rho V_S)$ $b = \vartheta_p \cdot (\alpha\rho K_{SP\lambda} V_S) + \vartheta_s t_{ui} \beta V_s + \vartheta_s K_{SP\lambda} \beta$ $z = \alpha\beta\rho V_s$

gde su:

- $\vartheta_{tU}, \vartheta_{tP}, \vartheta_{tAK}$ - prevozna tarifa po putnik-kilometru, putniku, kilometru pređenog puta transportnog sredstva;
- ϑ_S - stalni troškovi (eura/h_i);
- ϑ_P - promenljivi troškovi (eura/km);
- α - koeficijent iskorišćenja autobusa na liniji u toku godine;
- ρ - koeficijent iskorišćenja vremena u toku 24 časa;
- $K_{SP\lambda}$ - srednja dužina vožnje sa putnicima;
- V_S - srednja saobraćajna brzina;
- t_{ui} - vreme dangube;
- ε - koeficijent dinamičkog iskorišćenja kapaciteta autobusa;
- q - kapacitet autobusa;
- β - koeficijent iskorišćenja pređenog puta;
- γ - koeficijent statičkog iskorišćenja kapaciteta autobusa;
- K_{SP1} - srednja dužina vožnje jednog putnika.

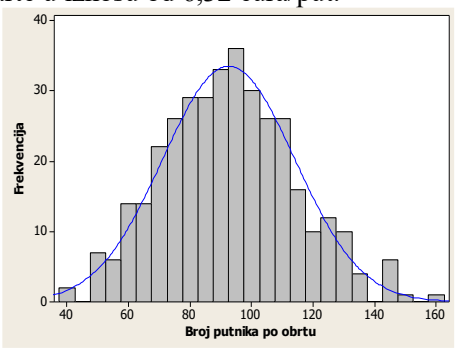
Osnovni skup je broj putnika po obrtu za svaki dan na liniji Subotica - Pirot za godinu dana (2013.godina). Na grafiku 2 prikazan je histogram raspodele broja putnika po obrtu za posmatranu liniju. Sa grafika se vidi da ispitivana promenljiva ima normalnu raspodelu, što je i dokazano Anderson - Darlingovim testom, p=0,502 >0,05 (grafik 3).

Procena prihoda metodom uzoraka izvršena je na osnovu rezultata poslovanja preduzeća za poslovnu 2013.godinu. Statistički parametri koji se odnose na podatke o broju putnika za svaki obrt za 2013. godinu na liniji Subotica - Pirot dati su u tabeli 5.

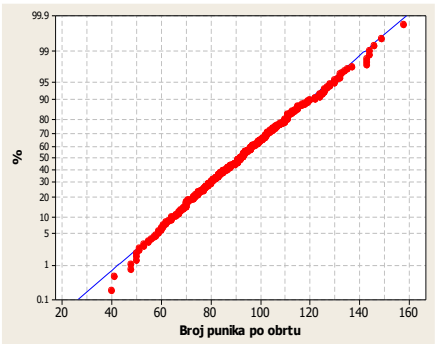
Tabela 5. Statistički parametari za ceo obrt na liniji

N (broj uzoraka)	Mean (aritmetička sredina)	StDev (standardna devijacija)	$\sum$ (suma)	X_{min} (minimum)	X_{max} (maksimum)	S (greška)
360	92,53	21,44	33310	41	158	1,1302

Istraživanjem je utvrđeno da ukupan broj prevezenih putnika na liniji Subotica - Pirot iznosi 33310, ukupno ostvareni broj obrta 360 a prosečan broj putnika po obrtu autobusa je 92,52 putnika. Isto tako, dobijen je ukupan prihod za posmatranu liniju od 210458,41 eura zatim prihod po jednom obrtu od 584,61 eura/obrtu i prosečna cena karte u iznosu od 6,32 eura/put.



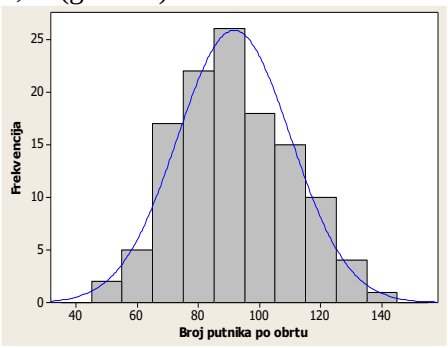
Grafik 2. Histogram broja putnika po obrtu za 2013. godinu na linji



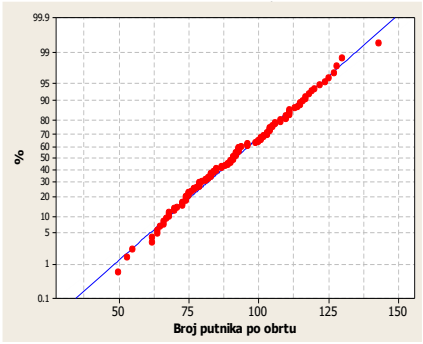
Grafik 3. Anderson - Darlingov test za normalnu raspodelu broja putnika za 2013. godinu na linji

Podskupovi (uzorci) iz osnovnog skupa se formiraju tako što se u svakom narednom uzorku korak K povećava za jedan. Prvi uzorak je uzet za korak K=3 (što znači da se u uzorku razmatra svaka treća vrednost broja putnika po obrtu). Sledeći korak je K=4 i K=5.

Na grafiku 4 prikazan je histogram raspodele broja putnika za svaki treći obrt za posmatranu liniju. Sa grafika se vidi da ispitivana promenljiva ima normalnu raspodelu, što je i dokazano Anderson - Darlingovim testom, p=0,467>0,05 (grafik 5).



Grafik 4. Histogram broja putnika za svaki treći obrt za 2013. godinu na liniji



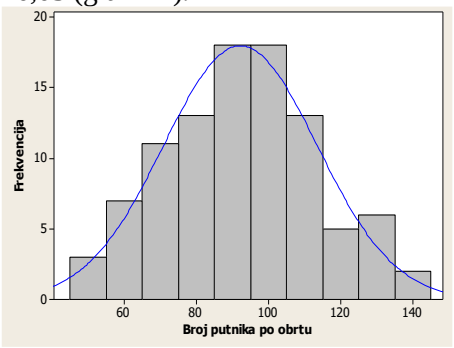
Grafik 5. Anderson - Darlingov test za normalnu raspodelu broja putnika – svaki treći obrt

Statistički parametri koji se odnose na podatke o broju putnika za svaki treći obrt za 2013. godinu na liniji Subotica - Pirot dati su u tabeli 6. Utvrđeno je da prosečan broj putnika po obrtu iznosi 91,67, a prosečna cena karte iznosi 6,32 eura/put. Takođe, dobijeno je da procenjeni ukupni prihod iznosi 208524,89 eura, dok je greška procene u odnosu na ukupno ostvareni prihod 0,9973.

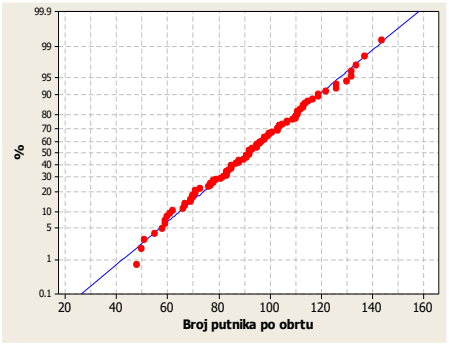
Tabela 6. Statistički parametari za svaki treći obrt na liniji

N (broj uzoraka)	Mean (aritmetička sredina)	StDev (standardna devijacija)	∑ (suma)	X_{min} (minimum)	X_{max} (maksimum)	S (greška)
120	91,67	18,52	11000	50	143	1,6913

Na grafiku 6 prikazan je histogram raspodele broja putnika za svaki četvrti obrt za posmatranu liniju. Sa grafika se vidi da ispitivana promenljiva ima normalnu raspodelu, što je i dokazano Anderson - Darlingovim testom, p=0,952>0,05 (grafik 7).



Grafik 6. Histogram broja putnika za svaki četvrti obrt za 2013. godinu na liniji



Grafik 7. Anderson - Darlingov test za normalnu raspodelu broja putnika - svaki četvrti obrt

Statistički parametri koji se odnose na podatke o broju putnika za svaki četvrti obrt za 2013. godinu na liniji Subotica - Pirot dati su u tabeli 7. Rezultati pokazuju da je prosečan broj putnika po obrtu 92,19, a prosečna cena karte 6,32 eura/put. Takođe, dobijen je procenjeni ukupni prihod u iznosu od 209706,89 eura, dok je greška procene u odnosu na ukupno ostvareni prihod 0,9864.

Tabela 7. Statistički parametari za svaki četvrti obrt na liniji

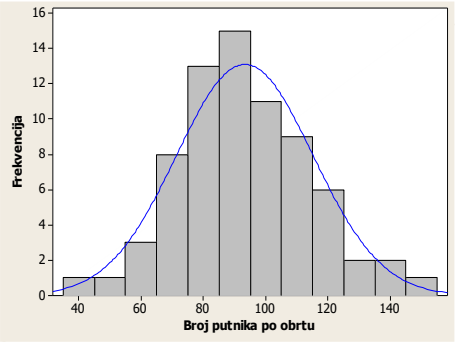
N (broj uzoraka)	Mean (aritmetička sredina)	StDev (standardna devijacija)	∑ (suma)	X_{min} (minimum)	X_{max} (maksimum)	S (greška)
96	92,19	21,33	8850	48	144	2,1787

Na grafiku 8 prikazan je histogram raspodele broja putnika za svaki peti obrt za posmatranu liniju. Sa grafika se vidi da ispitivana promenljiva ima normalnu raspodelu, što je i dokazano Anderson - Darlingovim testom, p=0,770>0,05 (grafik 9).

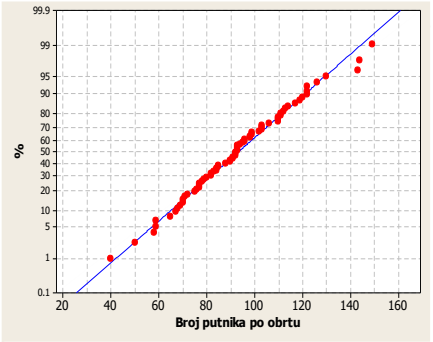
Statistički parametri koji se odnose na podatke o broju putnika za svaki peti obrt za 2013. godinu na liniji Subotica - Pirot dati su u tabeli 8.

Tabela 8. Statistički parametari za svaki peti obrt na liniji

N (broj uzoraka)	Mean (aritmetička sredina)	StDev (standardna devijacija)	∑ (suma)	X_{min} (minimum)	X_{max} (maksimum)	S (greška)
72	92,29	21,92	6717	50	149	2,589



Grafik 8. Histogram broja putnika za svaki peti obrt za 2013. godinu na liniji



Grafik 9. Anderson - Darlingov test za normalnu raspodelu broja putnika - svaki peti obrt

Za svaki peti obrt je utvrđeno da je prosečan broj putnika po obrtu 93,29, a prosečna cena karte 6,32 eura/put. Isto tako, dobijen je procenjeni ukupni prihod u iznosu od 212209,09 eura, dok je greška procene u odnosu na ukupno ostvareni prihod 0,9817.

3.1 Dobijeni rezultati

Rezultati t - testa prikazani su u tabeli 9.

Tabela 9. Rezultati t - testa o prosečnom broju putnika za svaki treći, četvrti i peti obrt na liniji

Svaki treći obrt		Aritmetička sredina	Standardno odstupanje	t-test	P
	Osnovni skup	92,53	21,44	0,14	0,890
	Svaki treći obrt	91,67	18,52		
Svaki četvrti obrt		Aritmetička sredina	Standardno odstupanje	t-test	P
	Osnovni skup	92,53	21,44	0,42	0,673
	Svaki četvrti obrt	92,19	21,33		
Svaki peti obrt		Aritmetička sredina	Standardno odstupanje	t-test	P
	Osnovni skup	92,53	21,44	0,27	0,788
	Svaki peti obrt	93,29	21,92		

Procena troškova izvršena je na osnovu rezultata poslovanja preduzeća za poslovnu 2013. godinu. Istraživanjem je utvrđeno:

- ukupan broj prevezenih putnika na liniji Subotica - Pirot iznosi 33310;
- ukupno ostvareni broj obrta 360;
- ukupani troškovi iznose 169860,98 eura;
- troškovi po jednom obrtu su 471,84 (eura/obrtu);
- prosečan broj putnika po obrtu autobusa je 92,52;
- prosečni troškovi po putniku iznose 5,09 (eura/put).
- Svaki treći obrt:
- prosečan broj putnika po obrtu je 91,67;
- prosečni troškovi po jednom putniku iznose 5,09 (eura/put);
- procenjeni ukupni troškovi iznose 168298,89 eura;
- greška procene u odnosu na ukupno ostvareni prihod iznosi 0,9908%.
- Svaki četvrti obrt:
- prosečan broj putnika po obrtu je 92,19;
- prosečni troškovi po jednom putniku iznose 5,09 (eura/put);
- procenjeni ukupni troškovi iznose 169253,57 eura;
- greška procene u odnosu na ukupno ostvareni prihod iznosi 0,9904.

Svaki peti obrt:

- prosečan broj putnika po obrtu je 93,29;
- prosečni troškovi po jednom putniku iznose 5,09 (eura/put);
- procenjeni ukupni troškovi iznose 171273,08 eura;
- greška procene u odnosu na ukupno ostvareni prihod iznosi 0,9937.

Analiza t - testa pokazuje da nije bilo signifikantne razlike u prosečnom broju putnika osnovnog skupa u odnosu na prosečan broj putnika svakog trećeg, četvrtog i petog obrta, p=0,890, p=0,673 i p=0,788, respektivno. Ovo ukazuje da su uzorci pripadali osnovnom skupu. Greška procene ukupnog prihoda na godišnjem nivou na posmatranoj liniji analizom svakog trećeg obrta nije veća od 1%, tj. dovoljno je uzeti u razmatranje treći obrt da bi se videlo da su procenjene vrednosti ukupnog prihoda na liniji veće od procenjenih vrednosti troškova, te da linija ostvaruje profit. Na ovaj način se može posmatrati rad svake nove otvorene linije i tako proceniti njena rentabilnost u kratkom vremenskom periodu a pri tome ne napraviti veće troškove transportnog procesa.

4. ZAKLJUČAK

Tokom sprovedenih istraživanja u cilju utvrđivanja eksploatacionih pokazatelja i njihovog uticaja na rentabilnost rada autobuske linije utvrđeno je da su određeni parametri od najvećeg uticaja na ostvarenje prihoda i profita transportnog preduzeća: koeficijent statičkog iskorišćenja kapaciteta autobusa **(γ)**, koeficijent dinamičkog iskorišćenja kapaciteta autobusa **(ε)** i kapacitet autobusa **(q)**, što ukazuje da je moguće uvesti, ukoliko se pokaže da je to potrebno, vozila manjeg kapaciteta i time smanjiti troškove.

Procena rentabilnosti rada linije u ovom radu opisuje ekonomske karakteristike transportnog sistema u statičkom smislu, odnosno za dati vremenski period i za analizu ponašanja sistema u promenljivim uslovima (pri izmeni vrednosti eksploataciono-tehničkih parametara). Posmatrana linija sadrži osnovni skup od 360 elemenata (broja obrta autobusa u toku godine) sa transportovanim putnicima na osnovu čega se ostvaruje određeni prihod i realizuju odgovarajući troškovi. Primenom opisane metode utvrđeno je da na osnovu uzorka iz osnovnog skupa, može da se posmatra broj transportovanih putnika u svakom trećem obrtu, pri čemu se postiže greška procene ukupnog prihoda na godišnjem nivou na posmatranoj liniji koja nije veća od 1%. S toga, dovoljno je primeniti u razmatranju profita (dobiti) svaki treći obrt čime se utvrđuje da su procenjene vrednosti ukupnog prihoda na liniji veće od procenjenih vrednosti troškova, te da linija ostvaruje akumulaciju.

Predloženi metod moguće je primeniti u procesu transportne proizvodnje u cilju utvrđivanja normativa troškova i prihoda na međumesnim autobuskim linijama, budući da se na linijama tih klasa ne vrši analiza rentabilnosti rada linije na osnovu troškova.

Ovo je pionirski rad iz ove oblasti kako bi se podstakli prevoznici na razmišljanje da uz pomoć informacionih sistema moguće je napraviti model za praćenje rentabilnosti linija. Potrebno je još rada da bi se sačinio potpuni model koji bi postigo odgovarajuću tačnost koja će biti merodavna za otvaranje novih linija, zadržavanje starih ili po potrebi gašenje nekih linija koje su ne rentabilne.

5. LITERATURA

Georgiadis, G., Politis, I., i Papaioannou, P. (2014). Measuring and improving the efficiency and effectiveness of bus public transport system. Research in Transportation Economics, 48, 84-91.

Gladović, P. (2014). Tehnologija drumskog sobraćaja. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.

Graham, J. D. (2008). Productivity and efficiency in urban railways: Parametric and non-parametric estimates. Transportation Research Part E:Logistics and Transportation Review, 44, 84-99.

Hirschhausen, C.V., i Cullmann, A. (2010). A nonparametric efficiency analysis of German public transport companies. Transportation Research Part E:Logistics and Transportation Review, 46, 436-445.

Markovits-Somogyi, R. (2011). Review and systematization of efficiency measurement methods used in the transport sector. Promet - Traffic&Transportation, Scentific Journal on Traffic and Transportation Technology, 23(1), 39-47.

Miličić, M. (2011). Contribution to Research of Profit of work of Bus Lines Between Cities. PhD thesis, University of Novi Sad, Facultu of Technical Sciences, Novi Sad.

Noves, A.G.N., Silveira, S.F., i Medeiros, H.C. (2010). Efficiency and productivity analysis of the interstate bus transportation industry in Brazil. Pesquisa Operacional, 30(2), 465-485.

Obeng, K., i Sakano, R. (2002). Total factor productivity decomposition, input price inefficiences, and public transit system. Transportation Research Part E:Logistics and Transportation Review, 38, 19-36.

Sampaio, R.S., Neto, O.L., i Sampaio, Y. (2008). Efficiency analysis of public transport systems: Lessons for institutional planning. Transportation Research Part A:Policy and Practice, 42, 445-454.

Soltani, A., Marandi, Z.E., i Ivaki, E.Y. (2013). Bus route evaluation using a two-stage hybrid model of Fuzzy AHP and TOPSIS. Journal of Transport Literature, 7(3), 34-58.

Tongzon, J. (2001). Efficiency measurements of selected Australian and other international port using data envelopment analysis. Transportation Research Part A:Policy and Practice, 35,107-122.

Vešović, V. i Bojović, N. (2002). Organizacija saobraćajnih preduzeća. Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.

Yu, M.M. (2008). Assessing the technical efficiency, service effectiveness, and technical effectiveness of the world's railways throgh NDEA analysis. Transportation Research Part A:Policy and Practice, 42, 1283-1294.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

REVIEW OF THE APPLICABLE METHODS IN ROUTING VEHICLES OF DANGEROUS GOODS

PREGLED PRIMENJENIH METODA U RUTIRANJU VOZILA SA OPASNOM ROBOM

Vladimir Stojković[a], Siniša Sremac[a], Ilija Tanackov[a], Gordan Stojić[a]

[a] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradović Square 6, Novi Sad 21000, Serbia, vladimir.stojkovicns@gmail.com, sremacs@uns.ac.rs, ilijat@uns.ac.rs, gordan@uns.ac.rs*

Abstract: *This paper presents a review of applied methods in solving the problem of vehicle routing (VRP - Vehicle Routing Problem) with dangerous goods based on works published in renowned international journals and conferences during 2008 - 2018. Using a several of methods for vehicle routing of dangerous goods in order to solve problems in the real world was significantly improved during this period. Based on a detailed review of the published works, the criteria that influence the routing of vehicles in the transport of dangerous goods have been identified. In this paper, innovations in the methodologies used by researchers to solve various problems in routing vehicles with dangerous goods are presented.*

Key words: *Dangerous goods, routing vehicles, review of methods*

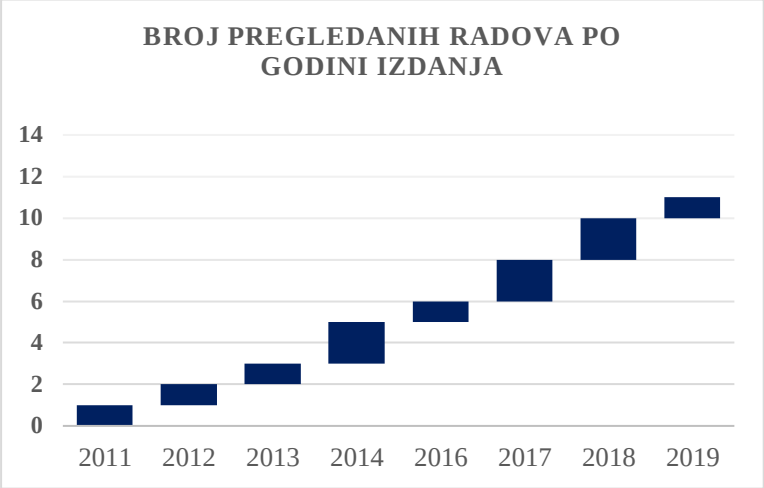
Apstrakt: *U radu je predstavljen pregled primenjenih metoda u rešavanju problema rutiranja vozila (VRP - Vehicle Routing Problem) sa opasnom robom na osnovu radova objavljenih u renomiranim međunarodnim časopisima i na konferencijama tokom 2008 – 2019. Korišćenje raznih metoda za rutiranje vozila opasne robe u cilju rešavanja problema u stvarnom svetu značajno je unapređeno tokom ovog perioda. Na osnovu detaljnog pregleda objavljenih radova identifikovani su kriterijumi koji utiču na rutiranje vozila u transportu opasne robe. U radu su predstavljene inovacije u metodologijama koje istraživači koriste za rešavanje različitih problema u rutiranju vozila sa opasnom robom.*

Ključne reči: *Opasna roba, rutiranje vozila, pregled metoda.*

1. UVOD

Problem rutiranja vozila (VRP - Vehicle Routing Problem) je tema brojnih istraživanja i predstavlja jedan od najviše razmatranih problema optimizacije za koji je razvijen veliki broj egzaktnih i heurističkih pristupa. Oblasti primene VRP-a je praktično neograničena i odnosi se na svaki sistem u kojem postoji potreba za transportom robe za više korisničkih lokacija. VRP spada u grupu izuzetno teških problema optimizacije. Treba imati u vidu i činjenicu da sama praktična implementacija jednog ovako složenog problema često podrazumeva da se to uradi sa više algoritama, metoda i pristupa. Razlog tome je što je često nemoguće unapred tačno predvideti ponašanje različitih algoritama, njihove performanse, kao i moguće nedostatke.

Naučni radovi iz kojih se preuzimaju podaci o algoritmima obično u najboljem svetlu predstavljaju sopstveni algoritam, te (ne) namerno izostavljaju neka njegova važna ograničenja. Zbog sve veće važnosti rutiranja vozila, značajan broj radova je objavljen u poslednjih desetak godina. Rutiranjem vozila sa opasnom robom smatra se jednim od najvažnijih načina za promovisanje održivog razvoja. Sa druge strane, problem rutiranja vozila je postao veoma ozbiljan. U upravljanju VRP-a u transportu opasne robe često se naglašava ublažavanje negativnih posledica, posebno onih koji se tiču bezbednosti i uticaja na stanovništvo i životnu sredinu. VRP se može formulisati kao problem linearnog programiranja (Yongheng i Grossmann, 2015) i rešiti primenom simpleks metode (Pilla i dr., 2012), algoritam raspoređivanja koji se često naziva Mađarski metod (Rais i dr., 2014), mrežni algoritam (Salari i Naji-Azimi, 2012) ili transportni metod (Veluscek i dr., 2015) kao i njegova proširenja (Masson i dr., 2015). VRP zauzima centralno mesto u upravljanju transportom i svakodnevno ga koriste desetine hiljada prevoznika širom sveta. Sa tim u vezi, poslednjih 10-ak godina posvećena je velika pažnja na unapređenju i razvijanju novih metoda za kontrolu i praćenje vozila opasne robe.



Dijagram 1: Broj pregledanih radova po godini izdanja

Metode rutiranja vozila su korišćene u širokom spektaru stvarnih životnih problema, kao što je prikazano značajnim brojem istraživanja u oblasti rutiranja vozila tokom poslednjih godina. Modeli za rutiranje vozila se obično odnose na specifična transporta okruženja, kao što su gradski saobraćaj (Pamučar i dr., 2016), a istaknuti kriterijumi za rutiranje vozila su: ukupni troškovi transporta, profit i rizik.

Sadašnja literatura obuhvata različite tehnike modeliranja za pomoć u usmeravanju opasne robe između isporučioca i primaoca robe. Tehnike se razlikuju po tipu kriterijuma koji se ispituje i metodama pomoću kojih se ovi kriterijumi kombinuju. Najčešće primenjene metode su prikazane u ovom radu sa akcentom na mogućnost primene u realnom svetu.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA I PRIMENJENIH METODA

Relevantni radovi i metode koji se bave istraživanjem i rešavanjem problema rutiranja vozila su prikazani u nastavku. U ovom preglednom radu prikazan je spisak primenjenih metoda u rutiranju vozila za transport opasne robe u Tabeli 1 i sveobuhvatno je analizirano i identifikovano više naučno-stručnih recenzija i radova.

Tabela 1: Spisak primenjenih metoda u rutiranju vozila za transport opasne robe

Metoda	**Objavljeni rad**	**Autor**
GA - *Genetski Algoritam* PSO - *Particle Swarm Optimization* HPSO - *Hibridni PSO algoritam*	Meta heuristic algorithms for vehicle routing problem with stochastic demands.	Shanmugam i dr., 2011
GIIS - *Global Integrated Information System*	Dangerous Goods Transportation by Road: a Risk Analysis Model and a Global Integrated Information System to Monitor Hazardous Materials Land Transportation in Order to Protect Territory.	Giacone i dr., 2012
SDP - *Stochastic Dynamic Programming*	Solution time reduction techniques of a stochastic dynamic programming approach for hazardous material route selection problem.	Desai i Lim, 2013
VaR - Value-at-Risk *Lagrangian relaxation solution method*	Generalized route planning model for hazardous material transportation with VaR and equity considerations.	Kang i dr., 2014
Bi-objective decision support system	Bi-objective decision support system for routing and scheduling of hazardous materials.	Pradhananga i dr., 2014
ANFIS-D - *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*	Managing the hazardous material transportation process using the adaprive neural networks and Dijkstra algorithm	Pamučar i dr., 2016

MVRP – *Multi Vehicle Routing Problem* MDVRP - *Multiple Depot Vehicle Routing Problem*	Multilevel programming model for multiple depots capacitated vehicle routing problem with urban hazmat transportation.	Jiaoman i Xiang, 2017
HAMER – *Hazardous Material Emergency Response system* HAZMAT PATH Spatial DSS TrHaM - *Transport of Hazardous Materials*	Decision support systems for assessing risks involved in transporting hazardous materials.	Torretta i dr., 2017
ANFIGS metoda - *Adaptive Neuro Fuzzy Inference Guidance System* DGR - *Dynamic Route Guidance*	Vehicle route selection with an adaptive neuro fuzzy inference system in uncertainty conditions.	Pamučar i Ćirović, 2018
VRPPD - *Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery* LIFO - *Last-In-First-Out* CVRP - *Capacitated Vehicle Routing Problem* GVRP - *Green Vehicle Routing Problem*	A novel odv based genetic algorithm model for green VRPs.	Ramachandiran i dr., 2018
FUCOM - *Full Consistency Method* TOPSIS - *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* MABAC - *Multiattributive Border Approximation area Comparison*	Route planning for hazardous materials transportation: Multicriteria decision making approach.	Noureddine i Ristic, 2019

SVRP (Stochastic Vehicle Routing Problem) razmatra rutiranje vozila sa opasnom robom (Shanmugam i dr., 2011) gde se za slučajnu promenljivu smatra verovatnoća distribucije. U VRPSD (Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands) cilj je pronaći rutu koja smanjuje očekivanu udaljenost da li vozilo treba da se vrati u skladište na ponovno punjenje pre posete sledećem kupcu kako bi se umanjili ukupnu očekivani troškovi putovanja. U radu je prikazano GA (Genetic algorithm), PSO (Particle Swarm Optimization), DP (Dynamic Programming) i hibridni PSO.

Model analize rizika (Giacone i dr., 2012) razvijen u „Destinaciji“ pruža podršku svim učesnicima koji su uključeni u prevozu opasne robe u svim fazama. Model pruža informacije o dostupnim skupovima podataka o teritorijalnim i ekološkim ugrožavanju. U radu je razmatrano 58 opasnosti od interesa za projekat „Destinacija“ i 10 modalnih supstanci koje predstavljaju glavne scenarije događaja. Pored GIIS (Global Integrated Information System), rezultat projekta je i osnova za definisanje smernica korištenih za unapređenje propisa.

Desai i Lim, 2013 koriste stohastičko dinamički programski pristup (SDP - Stochastic Dynamic Programming) za rešavanje problema određivanja optimalnog rutiranja vozila opasne robe. Za rešavanje SDP-a predlažu tri tehnike kako bi se ubrzao proces dobijanja optimalnih ruta. Tehnike uključuju: (1) upotrebu stohastičkih gornjih/donjih granica, (2) prethodnu obradu stohastičkih dinamičkih mreža koristeći vreme početka i lokaciju vozila, (3) kombinaciju prethodne obrade i gornju/donji granicu. Glavno zapažanje autora je da računarska prednost strategije zavisi od vremena unosa problema.

Kang i dr., 2014 proširuju okvir VaR (Value-at-Risk) na dva načina: prvo, kako primeniti koncept VaR na višekriterijumske rute i vrste opasne robe, a istovremeno zadovoljavajući sva ograničenja, drugo, pokazuju kako implementirati algoritam za jednu vrstu opasne robe Lagrangianom okviru. Rezultati su pokazali da se može postići visok stepen disperzije rizika uz kontrolu vrednosti VaR unutar željenog nivoa pouzdanosti. Pradhananga i dr., 2014 prikazuju dvo-objektivnu optimizaciju problema usmeravanja i zakazivanja vozila sa opasnom robom na vremenskim intervalima, kao i prikaz njegove primene u realnom vremenu. Predložen je i algoritam meta-heurističkog rešenja Pareto-a na temelju ukupnog vremena putovanja i ukupnog rizika kompletnog postupka prevoza. Algoritam deluje u jednom koraku, istovremeno određujući rutu vozila i odabire optimalne rute u smislu vremena putovanja i vrednosti nivoa rizika.

ANFIS-D (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) model je korišćen za rešavanje problema rutiranja vozila opasne robe u gradskim zonama (Pamučar i dr., 2016). Autori konstatuju da jedan od prednosti ovog modela u odnosu na postojeće modele kompleksno razmatranje većeg broja parametara koji utiču na rizik prilikom transporta opasne robe u gradskim zonama.

MVRP (Multi vehicle routing problem) korišćena je u radu (Jiaoman, Lei i Xiang, 2017) koji su razvili programski model za smanjenje ukupnog transportnog rizika pri isporučivanju proizvoda opasne robe kupcima iz više depoa. Formulacija više depoa raspoređuje kupce po skladištima u skladu sa kapacitetom i zahtevima kupaca dok niži nivo određuje optimalan put za svaku grupu depoa i kupaca. Za dobijanje optimalnog rešenja za predloženi model definisano je četiri fuzzy simulacijinih heurističkih algoritama. Pretpostavke u radu su date za: broj i lokacija kupaca koji su unapred određeni, poznati su zahtevi kupaca i kapaciteti depoa, svako vozilo počinje i završava u istom skladištu, svaki kupac može biti opslužen sa više depoa, količina ukupnih zahteva je jednaka ukupnim planiranim zahtevima. Doprinosi su formulisanje MDVRP za transport opasne robe, koncept modeliranja pristupa programiranja, optimizacija merenja rizika prilikom transporta između depoa i kupaca, simulacija heurističkog algoritma. HAMER, HAZMAT PATH Spatial DSS (SDSS), TrHaM, TrHaz Gis, TRAT-GIS, DESTINATION project 2014 – SIIG su neki od najpopularnijih sistema razvijenih tokom poslednjih godina. (Torretta i dr., 2017) Predstavljaju pregled iskustava softverskih sistema u poslednjih nekoliko godina. Za sve modele HAMER (Hazardous Material Emergency Response system), TrHaM (Transport of Hazardous Materials) je urađen pregled upravljanja rizikom, transport opasne robe i teritorijalno planiranje.

ANFIGS metoda prema autorima (Pamučar i Ćirović, 2018) treba da ima sposobnost da efikasno podrži vozača u odlučivanju o optimalnoj ruti prema njegovim željama. Autori navode da metod DGR (Dynamic Route Guidance) usmerava vozače koristeći trenutne uslove saobraćaja, a da ANFIGS metod može vozaču pružiti stvarne savete za usmeravanje u realnom vremenu. Kao rezultat istraživanja, pokazano je da predloženi model može biti prilagodljiv za transport opasne robe koji ima sposobnost učenja, imitiranja procesa odlučivanja vozača i dispečera kao i pokazivanja nivoa kompetentnosti koji je uporediv sa kompetencija sistema. Takođe, pokazalo se da predloženi adaptivni fuzzy sistem, koji ima sposobnost učenja, može imitirati donošenje odluka rukovodioca za podršku u transportu i pokazati nivo stručnosti koji se može uporediti sa nivoom njihove stručnosti. VRPPD (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery), VRP LIFO (Last-In-First-Out), VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Windows), CVRP (Capacitated Vehicle Routing Problem) i GVRP (Green Vehicle Routing Problem) su metode koje su korišćene u radu i glavni doprinos ovog istraživanja je da se stvori nova varijanta problema rutiranja vozila nazvana problemom rutiranja zelenih vozila (Ramachandiran i dr., 2018).

MABAC (Multi Attributive Border Approximation area Comparison) je prikazana u radu (Noureddine i Ristić, 2019). TOPSIS metoda je metoda koja vrednuje varijante na osnovu udaljenosti u odnosu na idealno i anti-idealno rešenje. Karakteristično za ovu metodu je formiranje otežane normalizovane matrice i formiranja idealnog i anti-idealnog rešenja. Takođe kod ove metode se izračunava i udaljenost svake alternative od idealnog i anti idealnog rešenja i relativna bliskost alternative idealnom rešenju. FUCOM (Full Consistency Method) je korišćen za određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma. Model FUCOM-TOPSIS-MABAC je testiran na primeru izbora optimalnih ruta evro dizela u Ministarstvu odbrane Republike Srbije. Ova analiza sadrži pet kriterijuma i to: broj železničkih putnih prelaza, gustina saobraćajnog toka, broj saobraćajnih nezgoda u poslednjih 10 godina, reakcija službi za spasavanje i dužina putne linije. Novi model FUCOM-TOPSIS-MABAC pruža objektivno sabiranje stručnih odluka, a takođe i veliki doprinos ovog modela je procena težinskih koeficijenata za evaluaciju. Treći doprinos je poboljšanje metodologije evaluacije rute za transport opasne robe kroz novi pristup za određivanje težinskog koeficijenta rute. Korišćenjem hibridnog modela FUCOM -TOPSIS-MABAC moguće je rešiti problem višekriterijumskog donošenja odluka na jednostavan način i donošenje odluka koje imaju značajan uticaj na povećanje sigurnosti i smanjenje rizika u transportu opasne robe. Analiza rezultata je pokazala da su redovi alternativa po LP (Linear Programming) – TOPSIS modela u potpunoj korelaciji sa dobijenim redovima LP-MABAC modela.

Metode rutiranja vozila u ovom pregledu svoju primenu nalaze u različitim oblastima, a među veoma zastupljenim oblastima interesovanja se sasvim logično nalaze transportne mreže. U njima proces rutiranja je implementiran i za potrebe organizovanja transporta opasne robe. Kako se rute baziraju na postojećim saobraćajnicama, vrlo važan resurs za primenu metoda rutiranja u oblasti transporta opasne robe jeste odabir relavantnih kriterijuma za analizu.

3. ZAKLJUČAK

Pregledani naučni radovi kao i sagledane primenjene metode za rutiranje vozila, predstavljaju tehnološki napredak koji transportnim kompanijama pruža odgovarajuće alate za upravljanje vozilima u realnom vremenu. Bez obzira na to, ove nove metode uvode i više složenosti u zadacima upravljanja vozilima, otkrivajući upotrebu sistema podrške prilikom odlučivanja prilagođenu dinamičkim kontekstima. S toga, tokom poslednje decenije, istraživači su pokazali veliki napredak za osnovne probleme optimizacije rutiranja vozila, što je dovelo do kreiranje novih pristupa posebno dizajniranih za efikasno i nezavisno upravljanje vozilima. Pregled postojeće literature otkriva da veliki deo naučnih radova koji se obavlja u oblasti dinamičkog usmeravanja vozila ne uzima u obzir stohastičke aspekte. Uvereni smo da će razvoj algoritama koji koristi stohastičke informacije poboljšati performanse rutiranja i smanjiti opertivne troškove.

Neke od najčešće korišćenih metoda za rutiranje vozila su: MABAC (Multi Attributive Border Approximation area Comparison), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution), ACO (Algorithm Colony Optimization), VEGA (Vector Evaluated Genetic Algorithm), SPEA2 (Strength Pareto Evolutionary Algorithm), ANFIS-D (Adaptive Neural Network and Dijkstra Algorithm), FUCOM (Full Consistency Method) i druge.

Analizirajući trenutno stanje, mogu se izvući neki pravci za buduća istraživanja u ovoj oblasti. Prvo, dalji rad treba da ima za cilj stvaranje klasifikaciju problema dinamičkog rutiranja vozila i moguća proširenja postojećih istraživanja, što bi omogućilo precizniju klasifikaciju pristupa, procenu sličnosti između problema i podsticanje daljih razvoja metoda. Drugo, trenutno postoji nedovoljna referentna tačka za probleme dinamičkog rutiranja vozila, pa zbog toga, postoji potreba za razvojem javno dostupnih referentnih vrednosti za najčešće dinamičke probleme u rutiranju vozila.

Ovaj pregled metoda pruža izvor referenci za istraživače koji su zainteresovani za pitanje rutiranja vozila u istraživanju i modeliranju, podstaknuti njihovu dodatnu pažnju i pomoći im da unaprede svoj rad u budućnosti.

ZAHVALNICA

Istraživanja realizovana u okviru rada je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta tehnološkog razvoja broj 36012.

4. LITERATURA

Ćirović, G., Pamučar, D., & Božanić, D. (2014). Green logistic vehicle routing problem: Routing light delivery vehicles in urban areas using a neuro-fuzzy model. Expert Systems with Applications, 41(9), 4245-4258.

Desai, S., & Lim, G. J. (2013). Solution time reduction techniques of a stochastic dynamic programming approach for hazardous material route selection problem. Computers & Industrial Engineering, 65(4), 634-645.

Dragan Pamučar (2016), Primena GIS tehnologije i fuzzy višekriterijumske tehnike za određivanje lokacija solarnih farmi, ISSN br.0354-8651

Giacone, M. O., Brattaa, F., Gandinib, P., & Studerb, L. (2012). Dangerous goods transportation by road: a risk analysis model and a global integrated information system to monitor hazardous materials land transportation in order to protect territory. CHEMICAL ENGINEERING, 26.

Jiang, Y., & Grossmann, I. E. (2015). Alternative mixed-integer linear programming models of a maritime inventory routing problem. Computers & Chemical Engineering, 77, 147-161.

Jiaoman, D., Lei, L., & Xiang, L. (2017, October). Multilevel programming model for multiple depots capacitated vehicle routing problem with urban hazmat transportation. In 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (pp. 3614-3618). IEEE.

Kang, Y., Batta, R., & Kwon, C. (2014). Generalized route planning model for hazardous material transportation with VaR and equity considerations. Computers & Operations Research, 43, 237-247.

Milica M.i Nenad K. (2018), RISK ASSESSMENT OF THE LANDSLIDE BY APPLICATION OF THE ANFIS MODEL, ICMNEE 2018 The 2nd International Conference on Management, Engineering and Environment

Noureddine, M., & Ristic, M. (2019). Route planning for hazardous materials transportation: Multicriteria decision making approach. Decision Making: Applications in Management and Engineering, 2(1), 66-85.

Pamučar, D., & Ćirović, G. (2018). Vehicle route selection with an adaptive neuro fuzzy inference system in uncertainty conditions. Decision Making: Applications in Management and Engineering, 1(1), 13-37.

Pamučar, D., & Ćirović, G. (2015). The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). Expert systems with applications, 42(6), 3016-3028.

Pamučar, D., Ljubojević, S., Kostadinović, D., & Đorović, B. (2016). Cost and risk aggregation in multi-objective route planning for hazardous materials transportation - A neuro-fuzzy and artificial bee colony approach. Expert Systems with Applications, 65, 1-15.

Pradhananga, R., Taniguchi, E., Yamada, T., & Qureshi, A. G. (2014). Bi-objective decision support system for routing and scheduling of hazardous materials. Socio-Economic Planning Sciences, 48(2), 135-148.

Ramachandiran, R., Joseph, K. S., Ramapraba, K., & Paul, P. V. (2018). A NOVEL ODV BASED GENETIC ALGORITHM MODEL FOR GREEN VRPs. International Journal of Pure and Applied Mathematics, 119(14), 427-446.

Rais, A., Alvelos, F., & Carvalho, M. S. (2014). New mixed integer-programming model for the pickup-and-delivery problem with transshipment. European Journal of Operational Research, 235(3), 530-539.

Salari, M., & Naji-Azimi, Z. (2012). An integer programming-based local search for the covering salesman problem. Computers & Operations Research, 39(11), 2594-2602.

Shanmugam, G., Ganesan, P., & Vanathi, D. P. (2011). Meta heuristic algorithms for vehicle routing problem with stochastic demands. Journal of Computer Science, 7(4), 533.

Torretta, V., Rada, E. C., Schiavon, M., & Viotti, P. (2017). Decision support systems for assessing risks involved in transporting hazardous materials: A review. Safety science, 92, 1-9.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

THE PROBLEM WITH VEHICLES MOVEMENT THROUGH A ROUNDABOUT

PROBLEM KRETANJA VOZILA U KRUŽNIM TOKOVIMA

Bojan Marić[a], Nenad Branković[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, bojan.maric@sf.ues.rs.ba, nenad.brankovic@live.com*

***Abstract**: The main goal of implementing and introducing roundabouts is increasing efficiency and safety of traffic, as well as reducing the number of conflict points compared to „classic" intersections. However, the construction of roundabouts, in addition to all its advantages, must be done in accordance with regulations and standards, with some experience from countries that have identified problem of movement through roundabouts. Therefore, in this article, based on video footage taken at roundabout located in Rebrovac in Banja Luka, are identificated most frequent conflict points. Despite the smaller number of conflict points compared to „classic" intersections roundabouts continue to be a problem in these areas. The problem of irregularly movement through roundabouts shouldn't be ignored as there are an increasing number of traffic accidents in ones.*

***Key words:** roundabout, conflict points, traffic safety*

***Apstrakt:** Cilj primjene i uvođenja kružnih raskrsnica jeste efikasnije i bezbjednije funkcionisanje saobraćaja, kao i smanjenje broja konfliktnih tačaka u odnosu na raskrsnice sa direktnim ukrštanjem tokova. Međutim, izgradnja kružnih raskrsnica pored svih svojih prednosti se mora raditi u skladu sa propisima i standardima, uz određeno iskustvo zemalja koje su prepoznale probleme kretanja kroz iste. S tim u vezi, u ovom radu su na osnovu video snimaka na kružnoj raskrsnici u naselju Rebrovac u Banjoj Luci identifikovane najčešće konfliktne tačke. Bez obzira na manji broj konfliktnih tačaka u odnosu na raskrsnice sa direktnim ukrštanjem tokova, kružne raskrsnice na ovim prostorima i dalje predstavljaju problem. Problem nepravilnog kretanja kroz kružne tokove ne treba zanemarivati, jer je sve veći broj saobraćajnih nezgoda u kružnim raskrsnicama.*

***Ključne riječi:** kružna raskrsnica, konfliktne tačke, bezbjednost saobraćaja*

1. UVOD

Raskrsnice predstavljaju ozbiljan bezbjednosni problem u saobraćaju, s obzirom da je na njima zbog saobaraćajnih tokova koji se ukrštaju, povećan rizik od nastanka saobraćajnih nezgoda. Razna istraživanja pokazuju da su kružne raskrsnice nešto bezbjednije u odnosu na klasične sa direktnim ukrštanjem, odnosno da se na njima bilježi manji broj saobraćajnih nezgoda (Gross et al., 2013). Klasična četverokraka raskrsnica ima 32 konfliktne tačke. Njih čini 16 presjecanja, 8 ulivanja i 8 izlivanja. Kružna četverokraka raskrsnica sa jednom saobraćajnom trakom ima 8 konfliktnih tačaka (4 ulivanja i 4 izlivanja). Upravo to smanjenje broja konfliktnih tačaka dovelo je do povećanja bezbjednosti kod raskrsnica sa kružnim tokom. Pored toga, smanjena je brzina kretanja vozila kako pri ulasku, tako i pri vožnji kroz raskrsnicu, što je posljedica građevinsko-tehničkih elemenata raskrsnice, odnosno defleksije putanje vozila. Smanjenje broja konfliktnih tačaka odnosi se na konfliktne tačke između vozila, odnosno na konfliktne tačke između pješaka i vozila. Ukoliko se kružna raskrsnica sastoji od dvije saobraćajne trake, broj konfliktnih tačaka se povećava srazmjerno broju traka. Bezbjednost saobraćaja u kružnim tokovima direktno je uslovljena brojem saobraćajnih traka. Što je broj saobraćajnih traka u kružnoj raskrsnici veći – manja je bezbjednost saobraćaja i obrnuto.

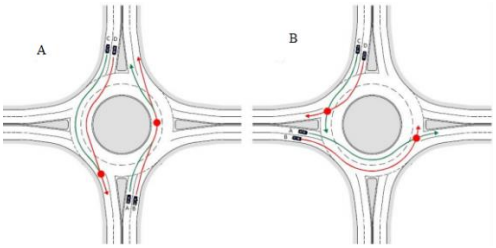
Kružne raskrsnice se u posljednjih nekoliko godina intenzivno grade u zemljama okruženja, pa tako i u Republici Srpskoj. Njihovom izgradnjom nastoji se povećati bezbjednost saobraćaja, mogućnost propuštanja saobraćajnih tokova velikog intenziteta, manja buka i emisija štetnih gasova, smanjenje kako broja, tako i posljedica saobraćajnih nezgoda (Milinković i Radović, 2016). Trenutno Banja Luka broji 10 kružnih tokova, a u posljednjih nekoliko godina njihova izgradnja je intenzivirana. Samo prošle godine na području Banjaluke su

izgrađene četiri kružne raskrsnice, i to dvije u Aleji Svetog Save, kod zgrada Osnovnog suda i Adiko banke. Izgrađena je po jedna na Rebrovcu kod crkve i na ukrštanju istočnog tranzita sa Bulevarom Desanke Maksimović. Uzimajući sve to u obzir, kao i podatak da Zakonima i odgovarajućim pravilnicima nisu tačno definisana pravila kretanja vozila u kružnom toku, može se pretpostaviti da veliki broj učesnika u saobraćaju ne poznaje pravilan način kretanja u kružnoj raskrsnici. Kod nešto starijih vozača, vožnja u kružnom toku nije bila dio kako praktičnog, tako i teorijskog dijela obuke.

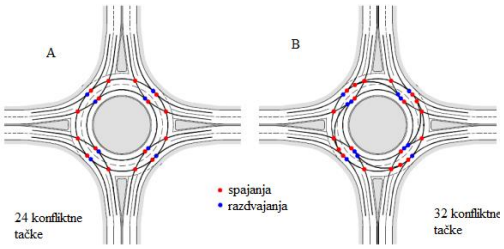
2. METOD ISTRAŽIVANJA

Konfliktne tačke su tačke u kojima se sukobljavaju saobraćajni tokovi. To su tačke u kojima je narušena bezbjednost saobraćaja (Čabarkapa, 2015). Kod višetračnih kružnih raskrsnica postoji veliko smanjenje broja konfliktnih tačaka kada se porede sa odgovarajućim višetračnim klasičnim raskrsnicama sa direktnim ukrštanjem tokova. Ipak, usljed većeg broja saobraćajnih traka na ulazima, izlazima i u samom kružnom toku, višetračne kružne raskrsnice imaju veći broj konfliktnih tačaka, u odnosu na jednotračne kružne raskrsnice. S druge strane, broj saobraćajnih nezgoda sa nastradalim licima u kružnim raskrsnicama je u velikoj mjeri niži kako za jednotračne, tako i za dvotračne kružne raskrsnice (Rodegerdts et al., 2010). Kada se uporede sa jednotračnim kružnim raskrsnicama, kod višetračnih kružnih raskrsnica se javljaju konflikti kojih kod jednotračnih nema i to:

- konflikti prilikom promjene trake u samom kružnom toku (Slika 1 - A, gdje je prikazano nepravilno kretanje vozila „B“ i „D“, koja ne nastavljaju kretanje ispravnom saobraćajnom trakom),
- konflikti prilikom ulaska u kružni tok i izlaska iz njega u/iz pogrešne saobraćajne trake (Slika 1 - B, gde je prikazano nepravilno kretanje vozila „B“ i „D“ koja koriste pogrešne saobraćajne trake), (Savićević, 2017).

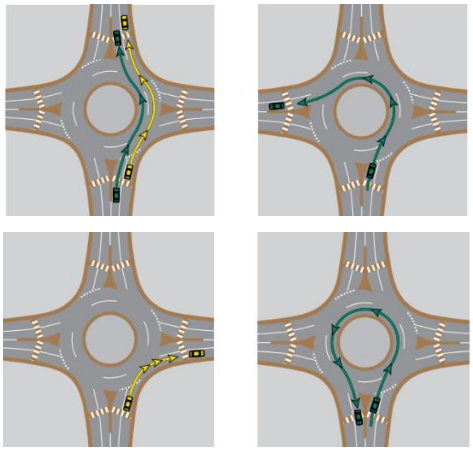


Slika 1. Konflikti usljed nepravilnog kretanja (Bastos Silva et al., 2014)



Slika 2. Uporedni prikaz konfliktnih tačaka kod pravilnog i nepravilnog kretanja vozila u kružnoj raskrsnici (Bastos Silva et al., 2014)

Opšte pravilo kretanja vozila u dvotračnim kružnim raskrsnicama (osim ako drugačije nije regulisano) je da desnu saobraćajnu traku zauzimaju vozila koja skreću desno ili idu pravo, dok lijevu saobraćajnu traku koriste vozila koja idu pravo, skreću lijevo ili se okreću nazad. Poštujući ovo pravilo broj konfliktnih tačaka na dvotračnoj četvorokrakoj kružnoj raskrsnici je ograničen na 24. Međutim, usljed različitih faktora vozači često ne ulaze u dvotračnu kružnu raskrsnicu koristeći odgovarajuću saobraćajnu traku. U radu Bastos Silva et al. (2014) pokazano je da u Portugalu oko 40% vozača na prilazu kružnoj dvotračnoj raskrsnici koristi desnu saobraćajnu traku iako skreću lijevo, a oko 20% koristi lijevu saobraćajnu traku iako skreću desno. U tom slučaju broj konfliktnih tačaka može porasti na 32 (Bastos Silva et al., 2014). Putanje kretanja vozila kroz kružnu raskrsnicu sa dvije trake prikazane su na slici 3. (WSDOT, 2015).



Slika 3. Putanje kretanja vozila kroz kružnu raskrsnicu sa dvije trake (WSDOT, 2015)

Sa slike se može uočiti da je na svim prilazima desna saobraćajna traka isključivo namjenjena za skretanje desno, kao i za pravo, a lijeva saobraćajna traka za smjer lijevo i za polukružno (U) okretanje, odnosno vraćanje na mjesto polaska. Istraživanje u ovom radu sprovedeno je 5. i 6.8.2019. godine u naselju Rebrovac u Banjoj Luci. Predmet istraživanja jeste ponašanje učesnika i analiza saobraćajnog toka na dvotračnoj kružnoj raskrsnici. Kružna raskrsnica je locirana između Bulevara Desanke Maksimović, Bulevara vojvode Petra Bojovića sa jedne i Bulevara vojvode Stepe Stepanovića sa druge strane.

Slika 4. Posmatrana kružna raskrsnica iz pravca Starčevice – iz pravca snimanja

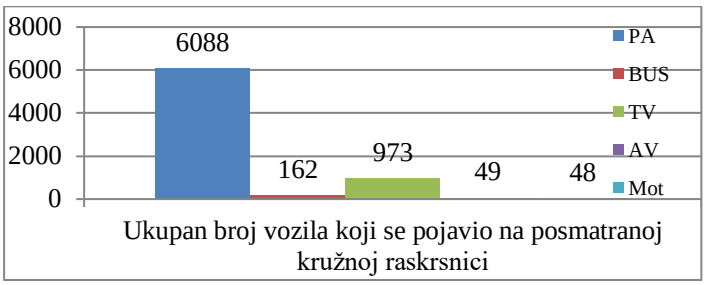
Slika 5. Posmatrana kružna raskrsnica iz pravca Čelinca

Snimanje kružne raskrsnice je vršeno u dva termina, u prijepodnevnom (8-9 časova) i poslijepodnevnom terminu (15-16 časova). Analizom video-snimaka utvrđen je ukupan broj vozila koji se pojavio na posmatranoj kružnoj raskrsnici, kao i konfliktne tačke. Ukupno vrijeme snimanja je 240 minuta, odnosno 4 sata.

Slika 6. Pozicija snimanja na posmatranoj kružnoj raskrsnici

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na osnovu rezultata dobijenih analizom video snimaka u periodu trajanja od 240 minuta (4 časa) utvrđeno je da se na posmatranoj kružnoj raskrsnici ukupno pojavilo 7.320 vozila, od kojih 6.088 čine putnički automobili, 162 autobusa, 973 teretna vozila, 49 auto-vozova i 48 motocikala (slika 7.).



Slika 7. Ukupan broj vozila koji se pojavio na posmatranoj kružnoj raskrsnici

Pretpostavka pravilnog kretanja u kružnoj raskrsnici je bila da se obje trake mogu koristiti za kretanje pravo, dok se desna uvijek koristi za skretanje desno, a lijeva za skretanje lijevo i polukružno okretanje. U ovom slučaju posmatrane su tri kategorija konflikta u dvotračnoj kružnoj raskrsnici, a to su ulivanje, izlivanje i presjecanje. Važno je naglasiti da su potencijalni konflikti, blagi konflikti i ozbiljni konflikti svrstani u jednu veliku grupu – konflikti.

Tabela 1. Konfliktne tačke

Broj konflikata/h	Ulivanje	Izlivanje	Presjecanje	UKUPNO
Prijepodnevni časovi	631	145	260	1036
Poslijepodnevni časovi	946	225	419	1590
UKUPNO	1577	370	679	2626

Za izvršeno istraživanje su razdvojeni konflikti pri presjecanju i to na:

- one ostvarene iz unutrašnje trake i
- one ostvarene iz spoljašnje trake.

Tabela 2. Konflikti pri presjecanju

Konflikti pri presjecanju/h	Iz unutrašnje trake	Iz spoljašnje trake	UKUPNO
Prijepodnevni časovi	160	100	260
Poslijepodnevni časovi	279	140	419
UKUPNO	439	240	679

Na osnovu tabele se lako može zaključiti da je broj presjecanja iz unutrašnje trake značajno veći u odnosu na one iz spoljašnje trake i to za skoro 30%. Drugim riječima, od ukupnog broja konflikata pri presjecanju, 439 je ostvareno iz unutrašnje trake, a 240 iz spoljašnje trake.

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Bez obzira što kružna raskrsnica ima manji broj konfliktnih tačaka, u odnosu na raskrsnicu sa direktnim ukrštanjem tokova, postoji mogućnost da se broj konfliktnih tačaka još više smanji.

4.1 Izmjena i dopuna ZoOBS-A

Na osnovu Zakona o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini ("Službeni glasnik Bosne i Hercegovine", br. 6/2006, 75/2006 - ispr, 44/2007, 84/2009, 48/2010, 48/2010 - dr. zakon, 18/2013, 8/2017, 89/2017 i 9/2018) u članu 50 je navedeno sledeće:

- Vozač koji se približava raskrsnici mora da vozi sa povećanom opreznošću, koja odgovara uslovima saobraćaja na raskrsnici.
- Vozač koji se približava raskrsnici dužan je da vozi takvom brzinom da može da se zaustavi i propusti vozila koja na raskrsnici imaju prvenstvo prolaza.
- Vozač je dužan da pred raskrsnicom vozilom zauzme položaj na dovoljnoj udaljenosti, na onoj saobraćajnoj traci kojom mora da prođe kroz raskrsnicu.

- Prilikom regulisanja saobraćaja u raskrsnici sa kružnim tokom potrebno je saobraćaj regulisati tako da vozila u kružnom toku imaju prvenstvo prolaza (Zakon o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini, 2006).

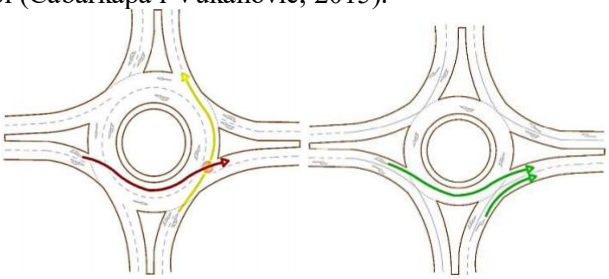
Iz navedenog se može jasno zaključiti da u Bosni i Hercegovini ne postoje jasno i precizno deinisana pravila ponašanja na kružnoj raskrsnici. Samo jedan stav (stav 4, čl. 50) odnosi se na kružne raskrsnice. Dakle, određenom izmjenom i dopunom Zakona veoma jednostavno se može urediti način kretanja vozila kroz kružni tok tako što se definiše šta je pravilno, a šta nepravilno.

4.2 Eliminisanje konflikta ukrštanja na izlazu

Tipična dvotračna kružna raskrsnica ima ulazni saobraćajni tok vozila namjenom desne saobraćajne trake za smjerove kretanja: desno i pravo i namjenom lijeve saobraćajne trake za smjerove kretanja: pravo i lijevo. Pri ovakvom regulisanju ulaznog saobraćajnog toka, osim konflikta na ulazu i koflikta u raskrsnici u preplitanju, postoji i konflikt na izlazu.

Polazeći od stava da se kružna raskrsnica, u opštem funkcionalnom aspektu, može posmatrati kao „input-output sistem“ i postavljanjem bezbjednosti saobraćaja ciljem bez konkurencije u dvotračnoj kružnoj raskrsnici, formulisana je hipoteza: „kontrola ulaza eliminiše konflikt vozila ukrštanjem na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice”. Za testiranje ove hipoteze postavljena je kontrola ulaznog saobraćajnog toka vozila namjenom desne saobraćajne trake samo za smjer desno i namjenom lijeve saobraćajne trake za smjerove kretanja pravo i lijevo (slika 8). Kada se ovaj pristup kontrole ulaska primjeni na svim priključcima puteva koji se spajaju sa kružnim jednosmjernim putem oko ostrva, uz oblikovanje razdjelnog ostrva uvlačenjem u kružni jednosmjerni put oko ostrva za širinu spoljne trake, dobija se model kontrole ulaska vozila u dvotračnu kružnu raskrsnicu koji potvrđuje postavljenu hipotezu.

Time se broj konfliktnih tačaka u dvotračnoj kružnoj raskrsnici smanjuje na 8 (0 ukrštanja, 4 spajanja i 4 razdvajanja) i 4 konfliktna područja preplitanja se eliminišu, čime se izjednačava sa brojem konfliktnih tačaka u jednotračnoj kružnoj raskrsnici (Čabarkapa i Vukanović, 2015).



Slika 8. Dozvoljeni smjerovi na ulazu (Čabarkapa i Vukanović, 2015)

4.3 Turbo-kružne raskrsnice

Kružna raskrsnica sa spiralnim kružnim tokom - turbo kružna raskrsnica je kanalisana višetračna raskrsnica ovalnog oblika sa nepregaznim ili djelimično pregaznim centralnim ostrvom, te kružnim kolovozom spiralnog oblika u koji se ulivaju tri ili četiri puta, sa većim brojem centara unutrašnjih i spoljašnjih prečnika, te sa dvije ili tri trake na kružnom kolovozu (spiralni kružni tok). U turbo kružnoj raskrsnici su saobraćajni tokovi vođeni odvojeno još ispred uliva u kružnu raskrsnicu, razdvojene trake zauzimaju sve vrijeme vožnje kroz kružnu raskrsnicu, a odvojeno su saobraćajni tokovi vođeni i na izlivu iz kružne raskrsnice.

Fizička odvojenost saobraćajnih traka se prekida samo na mjestima predviđenog uliva (unutrašnja kružna saobraćajna traka) u kružnu raskrsnicu. Fizičko razdvajanje se postiže elementima posebnog oblika koji ograničavaju (ali ne i spriječavaju) promjenu saobraćajnih traka u kružnoj raskrsnici. Kada se vozač na ulivu u turbo kružnu raskrsnicu odluči na kojem izlivu će napustiti kružnu raskrsnicu, odluku više nije moguće mijenjati. Vozač mora da izabere odgovarajuću voznu traku već na ulivu u kružnu raskrsnicu, jer ovaj tip kružne raskrsnice ne dozvoljava promjenu voznih traka u kružnoj raskrsnici. Ovaj, naizgled, nedostatak je u suštini osnovna prednost turbo kružne raskrsnice, jer nema konfliktnih tačaka preplitanja. Zato su i protočnost i nivo saobraćaja u dvotračnoj turbo kružnoj raskrsnici veći nego u "običnoj" dvotračnoj kružnoj raskrsnici sa po dvije ulivne i izlivne trake na svakom kraku raskrsnice.Glavna prednost turbo kružne raskrsnice u poređenju sa "običnom" dvotračnom kružnom raskrsnicom sa dvotračnim ulivima i izlivima je:

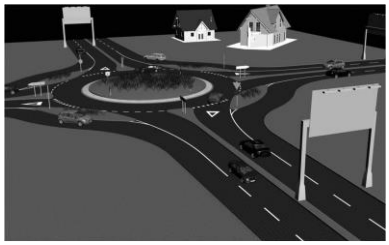
- manji broj konfliktnih tačaka ukrštanja: koji je ostvaren smanjenjem broja ukrsnih saobraćajnih tokova,
- eliminacija konfliktnih tačaka preplitanja na kružnom kolovozu: koja je ostvarena odvojenim vođenjem pojedinačnih saobraćajnih struja (Putevi Srbije, 2012).

Slika 9. Primjer turbo-kružne raskrsnice u Sloveniji u Mariboru (Tollazzi et al., 2012)

Slika 10. Specifični detalji turbo-kružne raskrsnice (Tollazzi, 2014)

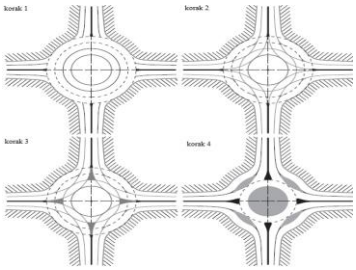
4.4 Kružne raskrsnice sa izdvojenom trakom za desna skretanja

Postavlja se pitanje da li je moguće kombinovati samo dobre karakteristike različitih tipova kružnih raskrsnica, dok se u isto vrijeme eliminišu one negativne? Da li je moguće eliminisati konflikte kod ukrštanja i preplitanja tokova kako bi se uticalo na povećanje bezbjednosti bez da se utiče na smanjenje kapaciteta kružne raskrsnice. Riješenje je kružna raskrsnica sa izdvojenom trakom za desna skretanja (koja je još poznata i kao "flower roundabout"). Jedna od osnovnih karakteristika ove kružne raskrsnice jeste fizičko razdvajanje saobraćajnih traka u kružnom toku – baš kao i kod turbo-kružnih raskrsnica.



Slika 11. Kružna raskrsnica sa izdvojenom trakom za desna skretanja (Tollazzi et al., 2011)

Vjerovatno i najbolja karakteristika kružnih raskrsnica sa izdvojenom trakom za desna skretanja jeste da se može primjeniti na već postojećoj "normalnoj" dvotračnoj kružnoj raskrsnici. Za razliku od turbo-kružne raskrsnice nema potrebe za pomjeranjem vanjskog ivičnjaka izvan same kružne raskrsnice, pa samim tim nema troškova kupovine dodatnog zemljišta oko kružne raskrsnice. Pri zamjeni "normalne" kružne raskrsnice kružnom raskrsnicom sa izdvojenim desnim skretanjima, svi ivičnjaci, razdjelna ostrva i prilazni putevi ostaju u istom položaju (ostaju netaknuti).



Slika 12. Procedura zamjene "normalne" dvotračne kružne raskrsnice kružnom raskrsnicom sa izdvojenim desnim skretanjem (Tollazzi et al., 2011)

Kružna raskrsnica sa izdvojenim desnim skretanjem ne bi trebalo da se primjenjuje onoga momenta kada je dostignut kapacitet jednotračne kružne raskrsnice (Tollazzi et al., 2011).

4.5 Nivo znanja i edukacija

Treba navesti da je za povećanje bezbjednosti učesnika u saobraćaju na kružnoj raskrsnici pored tehničkih i građevinskih mjera bitno vršiti i edukaciju učesnika u saobraćaju. Ispitivanje znanja vozača o pravilima bezbjednog ponašanja na kružnim raskrsnicama na teritoriji Republike Srpske sprovedeno je u oktobru 2014. godine (Pešić et al., 2014). Pokazano je da je ukupan prosječni procenat tačnih odgovora o poznavanju pravila kretanja u kružnim tokovima 56,1%, što predstavlja nizak nivo znanja, s obzirom da su anketirani isključivo vozači motornih vozila. Statistička analiza podataka je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika u nivou znanja o pravilima koja važe u kružnim raskrsnicama po polu, obrazovanju ispitanika, učestalosti korišćenja motornog vozila i kategorijama vozačke dozvole koju posjeduju. Razloge loših rezultata treba tražiti i u analizi rada auto-škola, saobraćajne policije, učestalosti primjene kampanja, ali i radu lokalnih zajednica na poslovima unapređenja oblasti edukacije i bezbjednosti saobraćaja. Za poboljšanje trenutnog nivoa znanja o poznavanju pravila koja važe u kružnim raskrsnicama, poželjno je pratiti strana iskustva o periodičnim provjerama znanja vozača, kao i razmotriti mogućnost implementacije tih programa u Republici Srpskoj. Za sve vozače bi trebalo organizovati edukaciju i provjeru znanja putem medija i sistema obrazovanja čime bi se podigla društvena odgovornost učesnika u saobraćaju, kao i nivo znanja, a time i veća bezbjednost u saobraćaju ne bi izostala (Pešić et al., 2014). Uzimajući u obzir da je izgradnja kružnih raskrsnica počela relativno skoro, može se pretpostaviti da stariji vozači nisu prošli dio obuke koji je vezan za kretanje kroz kružnu raskrsnicu. Prema tome, jedan od prijedloga jeste i doobuka kandidata.

U procesu edukacije i promjeni ponašanja vozača koji se nepravilno kreću u kružnoj raskrsnici bi trebali učestvovati i saobraćajna policija, auto-škole i ponajviše mediji. S tim u vezi, ukoliko se prihvate gore navedeni tehničko-građevinski prijedlozi i kretanje vozila u kružnoj raskrsnici se jasno definiše u Zakonu (da koriste desnu saobraćajnu traku ukoliko svoje kretanje nastavljaju desno ili pravo, a obavezno lijevu saobraćajnu traku ukoliko svoje kretanje nastavlju lijevo ili vrše polukružno okretanje), te da je uz sve to pojačana kontrola, uticalo bi se na promjenu nepravilnog ponašanja učesnika u saobraćaju, a sve to bi vodilo ka povećanju bezbjednosti saobraćaja što i jeste osnovi cilj, te bi se izbjegla suicidna ponašanja prikazana na slici 13.

Slika 13. Primjer nepravilnog kretanja kroz kružni tok koje se desilo 06.05.2019 u Banjoj Luci (www.atvbl.com, 2019)

5. LITERATURA

Bastos Silva, A., Vasconcelos, L., Santos, S. (2014) „Moving from Conventional Roundabouts to Turbo-Roundabouts". Procedia - Social and Behavioral Sciences 111

Čabarkapa, M. (2015) „Opasna situacija u saobraćajnim nezgodama sudara vozila u kružnoj raskrsnici". XIV Simpozijum "Vještačenje saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju"

Čabarkapa, R. M., Vukanović, M. S. (2015) „Kontrola ulaza eliminiše konflikt vozila na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice". Tehnika – Saobraćaj 62

Gross, F. et al. (2013) „Safety effectiveness of converting signalized intersections to roundabouts". Accident Analysis and Prevention 50, pp.

Milinković, M., Radović, D. (2016) „Analiza saobraćaja na dvotračnoj kružnoj raskrsnici - studija primjera kružna raskrsnica „Petrićevac" na magistralnom putu M-16". V Međunarodna Konferencija „Bezbjednost saobraćaja u lokalnoj zajednici", Banja Luka

Pešić, D. et al. (2014) „Ispitivanje znanja vozača o pravilima bezbjednog ponašanja na kružnim raskrsnicama na teritoriji Republike Srpske". III Međunarodna Konferencija „Bezbjednost saobraćaja u lokalnoj zajednici", Banja Luka

Putevi Srbije (2012) Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, 5. Funkcionalni elementi i površine puteva, 5.3 Kružne raskrsnice, Beograd

Rodegerdts, L. et al. (2010) „Roundabouts: An informational gude". Report 672 - Second Edition. Transportation Research Board – National Cooperative Highway Research Program. Washington DC, USA

Savićević, I. M. (2017) „Efektivnost zamjene raskrsnica sa direktnim ukrštanjem tokova kružnim raskrsnicama sa aspekta bezbjednosti saobraćaja". Doktorska disertacija. Beograd: Univerzitet u Beogradu.

Tollazzi, T. (2014) „Modern types of roundabouts – trends and expectations" III Međunarodna Konferencija „Bezbjednost saobraćaja u lokalnoj zajednici", Banja Luka

Tollazzi, T., Renčelj, M., Turnšek, S. (2011) New type of roundabout: Roundabout with "depressed" lanes for right turning - "flower roundabout". Traffic Infrastructure. Preliminary communication. Promet – Traffic&Transportation. Vol.23

WSDOT (2015) „Rules of the roundabout".

Zakon o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini ("Službeni glasnik Bosne i Hercegovine", br. 6/2006, 75/2006 - ispr, 44/2007, 84/2009, 48/2010, 48/2010 - dr. zakon, 18/2013, 8/2017, 89/2017 i 9/2018)

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

IMPACT OF MODERN SYSTEMS ON IMPROVING SAFETY FEATURES OF COMMERCIAL VEHICLES

UTICAJ SAVREMENIH SISTEMA NA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSNIH SVOJSTVA PRIVREDNIH VOZILA

Dušan Mladenović[a], Krsto Lipovac[a], Ivan Ivković[a], Dragan Sekulić[a], Đorđe Stanisavljević[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, d.mladenovic@sf.bg.ac.rs, k.lipovac@sf.bg.ac.rs, i.ivkovic@sf.bg.ac.rs, d.sekulic@sf.bg.ac.rs, djordjevr@gmail.com*

Abstract: *Commercial vehicles have a major impact on the development of every society. With the increasing number of vehicles on the roads, improving traffic safety becomes more important. Commercial vehicles are involved in many fatal traffic accidents. The most traffic accidents occur due to driver error. Advanced active safety systems of commercial vehicles can significantly influence on improving traffic safety, by eliminating weaknesses and wrong driver decisions. Influence assessment of active safety systems of commercial vehicles on improving road safety is very important. In this paper will be present the basic working principle of some active safety systems of commercial vehicles and their influence on improving traffic safety. Based on previous research, in this paper will be presented the possibility of reducing the number of fatalities in traffic accidents involving commercial vehicles in the Republic of Serbia, using some of the vehicles active safety systems. The results of this paper are reflected in the importance of applying some active safety systems of commercial vehicles.*

Key words: *traffic safety, commercial vehicles, active safety systems*

Apstrakt: *Privredna vozila imaju veliki uticaj na razvoj svakog društva. Sa povećanjem broja vozila na putevima, unapređenje bezbednosti saobraćaja postaje sve značajnije. Privredna vozila učestvuju u velikom broju saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima. Najviše saobraćajnih nezgoda nastaje usled greške vozača. Savremeni sistemi aktivne bezbednosti privrednih vozila mogu značajno uticati na unapređenje bezbednosti saobraćaja, eliminisanjem slabosti i pogrešnih odluka vozača. Procena uticaja sistema aktivne bezbednosti privrednih vozila na unapređenje bezbednosti saobraćaja je veoma važna. U ovom radu biće predstavljen osnovni princip rada pojedinih sistema aktivne bezbednosti privrednih vozila i njihov uticaj na unapređenje bezbednosti saobraćaja. Na osnovu dosadašnjih istraživanja, u ovom radu biće predstavljena mogućnost smanjenja broja poginulih lica u saobraćajnim nezgodama u kojima učestvuju privredna vozila u Republici Srbiji, upotrebom pojedinih savremenih sistema aktivne bezbednosti vozila. Rezultati ovog rada ogledaju se u značaju primene pojedinih sistema aktivne bezbednosti privrednih vozila.*

Ključne riječi: *bezbednost saobraćaja, privredna vozila, sistemi aktivne bezbednosti*

1. UVOD

Privredna vozila (teretna vozila i autobusi) mogu biti različitih kategorija i zadovoljavaju širok spektar funkcija. Teretna vozila pružaju najfleksibilniji način transporta robe i tereta. U Evropi, teretna vozila prevezu 14 milijardi tona robe godišnje, što čini 75% ukupno prevezene robe (https://www.acea.be/automobile-industry/trucks-vans-buses, 21.12.2018.). Autobusi predstavljaju najčešće korišćeni vid javnog transporta putnika. Na nivou Evropske Unije, 55,7% ukupnog javnog transporta putnika ostvareno je autobusima (https://www.acea.be/automobile-industry/buses, 21.12.2018.).

Na nivou Evropske Unije, u nijednom drugom zanimanju nema toliko poginulih na radu kao u zanimanju profesionalni vozač (DEKRA, 2018). Saobraćajne nezgode u kojima učestvuju privredna vozila obično imaju ozbiljnije posledice zbog mase samih privrednih vozila. Pored direktnih posledica (nastradala lica, materijalna šteta, troškovi hitnih službi itd.) velike troškove ovih nezgoda predstavlja i izbubljena produktivnost privrednih vozila. Imajući u vidu da je u proteklih 25 godina na međunarodnom nivou prisutan konstantan porast broja privrednih vozila, u zemljama koje imaju visok nivo bezbednosti saobraćaja njihov uticaj na bezbednost

saobraćaja konstantno se prati. Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku Republike Srbije, u 2018. godini u Republici Srbiji registrovano je 228.900 teretnih vozila i 9.880 autobusa (http://publikacije.stat.gov.rs/G2019/Pdf/G20191062.pdf, 10.04.2019.). Prema podacima Agencije za bezbednost saobraćaja Republike Srbije, u 2018. godini prosečna starost vozila u voznom parku u Republici Srbiji iznosila je 18,8 godina (http://www.abs.gov.rs/admin/upload/documents/20181213101928--starost-vozila-voznog-parka 2018.pdf, 10.04.2019.), a 73,6% vozila u voznom parku imala su lošije bezbednosne karakteristike od merodavnog vozila (http://www.abs.gov.rs/admin/upload/documents/ 20181213101953--bezbedonosne-karakteristike-voznog-parka-2018.pdf, 10.04.2019.).

Prema podacima iz baze podataka Agencije za bezbednost saobraćaja Republike Srbije (http://195.222.96.212/ibbsPublic/, 12.04.2019.), privredna vozila su u periodu od 2013. do 2018. godine učestvovala u 819 saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u kojima je poginulo 954 lica. U posmatranom periodu prosečno godišnje učešće privrednih vozila u ukupnom broju saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima iznosilo je 26% a učešće poginulih lica u saobraćajnim nezgodama sa privrednim vozilima u ukupnom broju poginulih lica u svim saobraćajnim 27%. U posmatranom vremenskom periodu u saobraćajnim nezgodama sa teretnim vozilima poginulo je prosečno godišnje 18 lica a u nezgodama sa autobusima 4,5 lica. Najčešći drugi učesnici saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u kojima su učestvovala privredna vozila su putnička vozila i pešaci.

U vremenskom periodu od 2013. do 2015. godine, najčešći vidovi saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u kojima su učestvovala privredna vozila su: sudari iz suprotnih smerova, obaranje ili gaženje pešaka, sudari pri vožnji u istom smeru i bočni sudari. Za ovaj vremenski period u tabeli 1. prikazan je prosečan godišnji broj saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u kojima su učestvovala privredna vozila prema pojedinim vidovima nezgoda i prosečan godišnji broj poginulih lica u ovim nezgodama.

U vremenskom period od 2016. do 2018. godine, najčešće grupe uticajnih faktora koje su uticale na nastanak saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u kojima su učestvovala privredna vozila su: preduzimanje nepromišljenih radnji od strane vozača i pogrešno izvođenje radnji u saobraćaju od strane vozača. Od pojedinačnih uticajnih faktora na nastanak saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima najviše su uticali: neprilagođena brzina uslovima saobraćaja i propust vozača koji se odnosi na nepravilno sagledavanje saobraćajne situacije. Treba napomenuti da na nastanak jedne saobraćajne nezgode može uticati više uticajnih faktora. U posmatranom periodu usled vožnje pod uticajem alkohola dogodilo se prosečno godišnje 14 saobraćajnih nezgoda sa poginulima licima u kojima su učestvovala privredna vozila, što čini 6% prosečnog godišnjeg broja svih saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u kojima su učestvovala privredna vozila. U ovim nezgoda je prosečno godišnje poginulo 10 lica što čini 6% prosečnog godišnjeg broja svih poginulih lica u saobraćajnim nezgodama sa privrednim vozilima.

Tabela 1. Prosečan godišnji broj saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u kojima su učestvovala privredna vozila prema pojedinim vidovima nezgode za period od 2013. do 2015. godine i prosečan godišnji broj poginulih lica u ovim nezgodama

Vid saobraćajnih nezgoda	Saobraćajne nezgode sa poginulim licima		Poginula lica	
Sudari iz suprotnih smerova	49	37%	62	40%
Bočni sudari	11	8%	13	8%
Sudari pri vožnji u istom smeru	19	14%	21	13%
Sudari pri uporednoj vožnji	1	1%	1	1%
Udar vozila u drugo zaustavljeno ili parkirano vozilo	6	4%	8	5%
Udar vozila u neki objekat na putu	0	0%	0	0%
Sletanje vozila sa puta	5	4%	6	4%
Sletanje sa kolovoza i udar u objekat pored puta	4	3%	4	3%
Obaranje ili gaženje pešaka	32	24%	32	21%
Ostali vidovi nezgoda	6	5%	8	5%
Ukupno	133	100%	155	100%

2. SAVREMENI SISTEMI AKTIVNE BEZBEDNOSTI PRIVREDNIH VOZILA I NJIHOV UTICAJ NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Razvoj vozila je nesumnjivo usmeren ka razvoju potpuno autonomnih vozila. Smatra se da zamena vozača automatizovanim sistemima u monotonim situacijama u vožnji ili u svakodnevnom saobraćaju nudi značajan potencijal u smanjenju broja saobraćajnih nezgoda, povećanju komfora vozača i smanjenju emisije štetnih gasova. Potencijalna vrednost razvoja integrisanog pristupa bezbednosti vozila povezivanjem preventivnih mera, mera zaštite u sudaru, mera posle sudara, kao i komunikacije između vozila i vozila, i vozila i infrastrukture sve se ozbiljnije shvata. Nivoi automatizacije vozila definisani od strane SAE (*Society of Automobile Engineers*) su:

- Nivo 0: bez automatizacije,
- Nivo 1: pomoć vozaču,
- Nivo 2: delimična automatizacija,
- Nivo 3: uslovna automatizacija,
- Nivo 4: visoka automatizacija,
- Nivo 5: potpuna automatizacija.

Kod vozila sa nivoima automatizacije 3, 4 i 5, automatizovani sistemi u vozilima prate okruženje vozila i mogu uticati na kretanja vozila. Testovi vozila sa nivoima automatizacije 4 i 5 već su u toku (European Commission, 2018).

Postoji velika mogućnost za smanjenje broja žrtava u budućnosti primenom savremenih sistema u vozilima koji za cilj imaju izbegavanje sudara. Procena uticaja savremenih sistema u vozilima na unapređenje bezbednosti saobraćaja je veoma važna. Iako su sprovedene mnoge studije o savremenim sistemima aktivne bezbednosti vozila, istraživanja o efektima pojedinih sistema u smanjenju broja žrtava u praksi tek počinju.

U daljem radu biće predstavljen osnovni princip rada pojedinih sistema aktivne bezbednosti privrednih vozila i njihov potencijalni uticaj na unapređenje bezbednosti saobraćaja. U ovom trenutku za većinu sistema ne postoji univerzalni naziv već svaki proizvođač ima svoj naziv.

2.1 Sistem elektronske kontrole stabilnosti

Sistem elektronske kontrole stabilnosti (engl. *Electronic stability control*) stabilizuje kretanje vozila u svim uslovima i situacijama u vožnji u okviru granica fizike. Sistem koristi senzore za određivanje brzine okretanja svakog točka, ugla zakretanja upravljačkih točkova, bočnog ubrzanja i okretanja vozila oko vertikalne ose. Sistem ima mogućnost nezavisnog kontrolisanja pritiska u kočnicama na svakom točku putem elektromagnetnih ventila i mogućnost elektronske kontrole momenta motora. Kontrolno upravljačka jedinica sistema analizira podatke dobijene od senzora i određuje potrebne akcije. Na osnovu podataka o uglu zakretanja upravljačkih točkova određuje željeni pravac kretanja vozača, a kada u analizu uzme i podatke o bočnom ubrzanju i okretanju vozila oko vertikalne ose dobija trenutni pravac kretanja vozila. Ukoliko kontrolno upravljačka jedinica odredi da se željeni pravac kretanja vozača i trenutni pravac kretanja vozila razlikuju, računa potrebnu korekciju i interveniše primenom specifičnog pritiska u kočnicama na jednom i/ili više točkova, i ukoliko je potrebno elektronski smanjuje moment motora. Sistem elektronske kontrole stabilnosti ima veliki uticaj na sprečavanje prevrtanja privrednih vozila.

Sistemom elektronske kontrole stabilnosti smanjuje se rizik učešća u saobraćajnim nezgodama sa poginulim licima za 18% (COWI, 2006).

2.2 Sistem pomoći pri kočenju

Sistem pomoći pri kočenju (engl. *Brake assist system*) usmeren je na rešavanje problema nedovoljnog pritiska na pedalu kočnice od strane vozača u kritičnim situacijama. Sistem prati način na koji vozač koristi pedalu kočnice. Ukoliko prepozna panični zahtev za kočenjem automatski povećava pritisak u kočnicama sa ciljem stvaranja veće sile kočenja čime se ostvaruje kraći zaustavni put vozila. Sistem prepoznaje panične zahtev za kočenjem na osnovu primenjene sile na pedali kočnice i brzine pritiskanja pedale kočnice.

Sistemom pomoći pri kočenju smanjuje se rizik učešća u saobraćajnim nezgodama sa poginulim licima za po 8% u sledećim vidovima nezgoda: sudari iz suprotnih smerova, sudari pri vožnji u istom smeru, bočni sudari,

obaranje ili gaženje pešaka, udar vozila u drugo zaustavljeno ili parkirano vozilo i udar vozila u neki objekat na putu (COWI, 2006).

2.3 Sistem upozorenja na sudar

Sistem upozorenja na sudar (engl. *Collision warning system*) dizajniran je sa ciljem da upozorenjem vozača usmeri njegovu pažnju na opasnost od sudara. Za praćenje okruženja vozila sistem koristi radarske senzore, optičke radare (lidare), infracrvene senzore i kamere. Na osnovu obrade dobijenih podataka, kontrolno upravljačka jedinica sistema određuje da li se ispred vozila nalazi neka prepreka (vozilo, pešak, biciklista, itd.) i na kom rastojanju. Zatim poredi rastojanje do prepreke i potreban zaustavni put vozila za trenutnu brzinu kretanja uzimajući u obzir i vreme reagovanja vozača. Ukoliko proceni da postoji rizik od sudara, u određenom trenutku upozorava vozača na opasnost. Ograničenja sistema zavise od ograničenih mogućnosti njihove percepcije, odnosno prepoznavanja drugih vozila, pešaka, biciklista itd. Privredna vozila mogu biti opremljena i sistemima koji nadgledaju nepregledne zone oko vozila i upozoravaju vozača na sudar pri skretanju, promeni saobraćajne trake ili pri vožnji unazad.

Sistemom upozorenja na sudar smanjuje se rizik učešća u saobraćajnim nezgodama sa poginulim licima za po 12% u sledećim vidovima nezgoda: sudari iz suprotnih smerova, sudari pri vožnji u istom smeru, bočni sudari, obaranje ili gaženje pešaka, udar vozila u drugo zaustavljeno ili parkirano vozilo i udar vozila u neki objekat na putu (COWI, 2006).

2.4 Sistem inteligentnog prilagođavanja brzine

Sistemi inteligentnog prilagođavanja brzine kretanja (engl. *Intelligent speed adaptation*) upozoravaju i/ili ograničavaju vozača da prekorači brzinu. Sistemi se razlikuju prema načinu na koji određuju dozvoljenu brzinu, načinu upozorenja vozača, da li mogu biti isključeni ili ne, i kako i da li preduzimaju akcije ka sprečavanju prekoračenja ograničenja brzine. U ovom radu biće razmatrani efekti sistemi sa promenljivim ograničenjem brzine koji ograničenje brzine određuju upotrebom GPS – a i digitalnih mapa sa informacijama o ograničenjima brzine, ili koriste kamere za prepoznavanje znakova ograničenja brzine, i ograničavaju vozača da prekorači brzinu smanjenjem dotoka goriva u pogonski agregat. Iz bezbednosnih razloga kod ovih sistema je ostavljena mogućnost da vozač zaobiđe dejstvo sistema pritiskom pedale gasa u potpunosti. Efekti sistema sa dinamičkim ograničenjem brzine koji prilikom određivanja ograničenja brzine uzimaju u obzir i druge faktore (uslove puta i saobraćaja, vremenske uslove itd.) su još veći.

Sistemom inteligentnog prilagođavanja brzine kretanja smanjuje se rizik učešća u saobraćajnim nezgodama sa poginulim licima za po 50% u sledećim vidovima nezgoda: sudari iz suprotnih smerova, sudari pri vožnji u istom smeru, bočni sudari, obaranje ili gaženje pešaka, udar vozila u drugo zaustavljeno ili parkirano vozilo i udar vozila u neki objekat na putu (COWI, 2006).

2.5 Prilagodljivi sistem za kretanje konstantnom brzinom

Prilagodljivi sistem za kretanje konstantnom brzinom (engl. *Adaptive cruise control*) omogućava da se vozilo kreće na zadatom odstojanju do vozila ispred, ili zadatom brzinom bez potrebe da vozač pritiska pedalu gasa. Ukoliko se odstojanje do vozila ispred smanji, sistem usporava vozilo smanjenjem dotoka goriva u pogonski agregat, ili ukoliko to nije dovoljno u saradnji sa sistemom elektronske kontrole stabilnosti generisanjem pritiska u kočnicama. Ukoliko se vozilo ispred nalazi na većem odstojanju od zadatog, ili nema vozila ispred, sistem prilagođava brzinu kretanja vozila zadatoj brzini. Zadata brzina se postiže elektronskom kontrolom dotoka goriva u pogonski agregat. Sistem za detektovanje vozila ispred koristi radarske senzore. Kontrolno upravljačka jedinica sistema na osnovu podataka sa senzora određuje rastojanje do vozila ispred i brzinu kretanja vozila ispred. Ukoliko se radarski signal odbije od više vozila koristi sledeće kriterijume za određivanje vozila ispred kojeg treba pratiti: smer kretanja, najmanje podužno rastojanje, najmanje ubrzanje i najmanje rastojanje od centra putanje kretanja vozila. Pojedini sistemi za preciznije detektovanje vozila ispred koriste i kamere.

Prilagodljivim sistem za kretanje vozila konstantnom brzinom smanjuje se rizik učešća u sudarima pri vožnji u istom smeru u kojima ima poginulih lica za 25% (COWI, 2006).

2.6 Sistem upozorenja na izlazak vozila iz saobraćajne trake

Sistem upozorenja na izlazak vozila iz saobraćajne trake (engl. *Lane departure warning system*) upozorava vozača na neželjeni izlazak vozila iz saobraćajne trake kojom se kreće. Neželjeni izlazak podrazumeva da vozač nije uključio pokazivač pravca. Sistem poseduje kamere i/ili optičke radare (lidare) za praćenje površine puta. Kontrolno upravljačka jedinica sistema na osnovu obrade podataka dobijenih sa kamera i/ili optičkih radara (lidara), određuje položaj horizontalne signalizacije (ivičnih/razdelnih linija) i položaj vozila unutar saobraćajne trake. Na osnovu položaja vozila u saobraćajnoj traci, odnosno udaljenosti vozila od ivične/razdelne linije, određuje da li postoji potreba za upozorenjem vozača. Ovakvi sistemi nemaju direktan uticaj na pravac kretanja vozila već samo upozoravaju vozača sa ciljem da usmere njegovu pažnju na potencijalnu opasnost.

Sistemom upozorenja na izlazak vozila iz saobraćajne trake smanjuje se rizik učešća u saobraćajnim nezgodama sa poginulim licima i to za po 25% u sledećim vidovima nezgoda: sudari iz suprotnih smerova, sudari pri uporednoj vožnji, sletanje vozila sa puta i sletanje sa kolovoza i udar u objekat pored puta (COWI, 2006).

2.7 Alkohol brave

Alkohol brave (engl. *Alcohol ignition interlocks*) su sistemi dizajnirani sa ciljem da spreče vožnju pod dejstvom alkohola zahtevajući od vozača da „duva" u alkometar (inhalator) pre pokretanja vozila. Pojedini sistemi su programirani tako da zahtevaju od vozača da „duva" u alkometar (inhalator) i u toku vožnje na određenim vremenskim intervalima.

Alkohol bravama smanjuje se rizik učešća u saobraćajnim nezgoda sa poginulim licima koje nastaju usled vožnje pod dejstvom alkohola za 75% (COWI, 2006).

2.8 Sistemi za detekciju umora i pospanosti vozača

Sistemi za detekciju umora i pospanosti vozača (engl. *Drowsy and fatigued driver detection*) na osnovu praćenja određenih parametara upozoravaju vozača na umor, pospanost i nepažnju. Ovi sistemi se mogu podeliti na sisteme koji prate stanje vozača direktno, indirektno (praćenjem parametara kretanja vozila koji direktno zavise od vozača) i kombinovane. Sistemi koji prate stanje vozača direktno mere brzinu (sporost) zatvaranja očnih kapaka i prate pomeranja zenice očiju, mišića lica i glave. Zatvorenost očnih kapaka procenjuje se na osnovu infracrvenog svetla koje je usmereno ka očima. Svetlost koja se odbije od očiju bude zabeležena posebnom kamerom. Među najboljim sistemima pokazali su se oni koji prate i parametre kao što su moždani impulsi, otkucaji srca i puls. Međutim, ovakvi sistemi zahtevaju direktan kontakt sa vozačem (vozač mora biti povezan sa aparatom) što stvara osećaj nelagodnosti kod vozača. Kod sistema koji prate parametre kretanja vozila, stanje vozača se procenjuje na osnovu podataka o položaju vozila u saobraćajnoj traci, vremenu do prelaska ivične/razdelne linije, promeni saobraćajne trake, brzini, ubrzanju, bočnom ubrzanju, okretanju vozila oko vertikalne ose i pokretima upravljača. Efikasnost sistema za detekciju umora i pospanosti vozača zavisi i od načina i trenutka upozorenja vozača na njegovo stanje.

Sistemom za detekciju umora i pospanosti vozača smanjuje se rizik učešća u saobraćajnim nezgoda sa poginulim licima za 10% (COWI, 2006).

3. UTICAJ SAVREMENIH SISTEMA PRIVREDNIH VOZILA NA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA U REPUBLICI SRBIJI

Metodom proračuna i poređenja sa javno dostupnim bazama podatak procen je mogući doprinos savremenih bezbednosnih sistema pomoći kod privrednih vozila na smanjenje broja poginulih lica u saobraćajnim nezgodama. S` obzirom da je u Republici Srbiji zastupljenost ovih sistema u privrednim vozilima izrazito mala, procena se zasniva na pretpostavci da sva vozila budu opremljena pojedinim sistemima. Za procenu uticaja pojedinih sistema na smanjenje verovatnoće nastanka određenih vidova/tipova saobraćajnih nezgoda u Republici Srbiji korišćena je pocena iz projekta *„Cost-benefit assessment and prioritisation of vehicle safety technologies"* čiji je naručilac Evropska Komisija. Podaci o saobraćajnim nezgodama u Republici Srbiji preuzeti su iz baze podataka Agencije za bezbednost saobraćaja Republike Srbije.Na osnovu detaljne analize saobraćajnih nezgoda moguće je proceniti potencijalni uticaj savremenih sistema aktivne bezbednosti privrednih vozila na unapređenje bezbednosti saobraćaja. U ovom radu za procenu uticaja pojedinih sistema na unapređenje

bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji korišćeni su prosečan godišnji broj saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u kojima su učestvovala privredna vozila prema pojedinim vidovima nezgoda za period od 2013. do 2015. godine i prosečan godišnji broj poginulih lica u ovim nezgodama (tabela 1.). Za procenu efekta alkohol brava korišćen je prosečan godišnji broj saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u kojima su učestvovala privredna vozila a koje su nastale usled vožnje pod uticajem alkohola za period od 2016. do 2017. godine i prosečan godišnji broj poginulih lica u ovim nezgodama. U tabeli 2. prikazani su godišnji efekti savremenih sistema privrednih vozila na unapređenje bezbednosti saobraćaja, odnosno prikazana je mogućnost smanjenja broja saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima i broja poginulih lica upotrebom pojedinih sistema.

Tabela 2. Godišnji efekti savremenih sistema privrednih vozila na unapređenje bezbednosti saobraćaja

Sistem		Sudari iz suprotnih smerova	Bočni sudari	Sudari pri vožnji u istom smeru	Sudari pri uporednoj vožnji	Udar vozila u drugo zaustavljeno ili parkirano vozilo	Sletanje vozila sa puta	Sletanje sa kolovoza i udar u objekat pored puta	Obaranje ili gaženje pešaka	Ukupno
Elektronska kontrola stabilnosti	SNPOG	-	-	-	-	-	-	-	-	23.9
	POG	-	-	-	-	-	-	-	-	27.9
Pomoć pri kočenju	SNPOG	3.9	0.9	1.5	-	0.5	-	-	2.6	9.4
	POG	5.0	1.0	1.7	-	0.6	-	-	2.6	10.9
Upozorenje na sudar	SNPOG	5.9	1.3	2.3	-	0.7	-	-	3.8	14.0
	POG	7.4	1.6	2.5	-	1.0	-	-	3.8	16.3
Inteligentno prilagođavanje brzine	SNPOG	24.5	5.5	9.5	-	3.0	-	-	16.0	58.5
	POG	31.0	6.5	10.5	-	4.0	-	-	16.0	68.0
Adaptivni tempomat	SNPOG	-	-	4.8	-	-	-	-	-	4.8
	POG	-	-	5.3	-	-	-	-	-	5.3
Upozorenje na izlazak vozila iz saob. trake	SNPOG	12.3	-	-	0.3	-	1.3	1.0	-	14.8
	POG	15.5	-	-	0.3	-	1.5	1.0	-	18.3
Alkohol brave	SNPOG	-	-	-	-	-	-	-	-	10.5
	POG	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5
Detekcija umora i pospanosti vozača	SNPOG	-	-	-	-	-	-	-	-	13.3
	POG	-	-	-	-	-	-	-	-	15.5

4. DISKUSIJA

Iz tabele 2. se može videti da najveće efekte pruža sistem inteligentnog prilagođavanja brzine. Upotrebom ovog sistema u svim privrednim vozilima moguće je godišnje sprečiti nastanak 59 saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima i time sačuvati 68 života. Upotrebom sistema elektronske kontrole stabilnosti u svim privrednim vozilima moguće je godišnje sprečiti nastanak 24 saobraćajne nezgode sa poginulim licima i time sačuvati 28 života.

Ova procena efekta savremenih sistema privrednih vozila na unapređenje bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji zasniva se na pretpostavci da su sva vozila opremljena predmetnim sistemima i da su sistemi stalno uključeni kretanja vozila. Za detaljniju procenu potrebni su podaci o saobraćajnim nezgodama u kojima su učestvovala privredna vozila a koje su nastale usled greške vozača privrednih vozila, kao i podaci o sistemima u privrednim vozilima koja su učestvovala u saobraćajnim nezgodama i podaci o zastupljenosti pojedinih sistema u privrednim vozilima. Kako bi se detaljnije procenili kratkoročni, srednjoročni i dugoročni efekti pojedinih sistema potrebna je procena njihovih efekta za prosečan godišnji broj novoregistrovanih privrednih vozila u Republici Srbiji, uz pretpostavku da su sva nova vozila opremljena tim sistemima.

5. SAOBRAĆAJNE NEZGODE KOJE SU MOGLE BITI IZBEGNUTE UPOTREBOM SAVREMENIH SISTEMA PRIVREDNIH VOZILA

5.1 Primer 1.

Pri vožnji brzinom od 90 km/h u dnevnim uslovima teretno vozilo udarilo je u putničko vozilo koje se kretalo ispred njega brzinom 30 – 50 km/h. Oko 34 m posle mesta sudara, putničko vozilo koje je teretno vozilo guralo udarilo je u autobus koji se nalazio ispred njih (slika 1.). Kao odgovor na zagušenje saobraćaja koje se nalazilo ispred njih, vozači putničkog vozila i autobusa su pravovremeno smanjili brzine, a utvrđeno je da su sva svetla na ovim vozilima bila ispravna i propisno funkcionisala. Naknadnim tehničkim pregledom teretnog vozila nije utvrđeno da je sistem za kočenje bio neispravan. Vidljivost je bila dobra a površina kolovoza suva. U ovoj saobraćajnoj nezgodi poginula su dva putnika iz putničkog vozila i lakše su povređena nekoliko putnika iz autobusa. Prema analizi saobraćajne nezgode uzrok nezgode je neprilagođena brzina teretnog vozila uslovima saobraćaja i nereagovanje vozača u cilju izbegavanja sudara. Sudar je mogao biti izbegnut da je teretno vozilo bilo opremljeno sistemom upozorenja na sudar ili naprednim/autonomnim sistemom za pomoć pri kočenju u slučaju opasnosti (engl. *Advanced/autonomous emergency brake assistance system*) ili prilagodljivim sistemom za kretanje konstantnom brzinom (DEKRA, 2018).

Slika 1. Fotografije lica mesta saobraćajne nezgode i ilustracija nezgode (DEKRA, 2018)

5.2 Primer 2.

Vozač teretnog vozila koje je prevozilo silos skrenuo je ulevo, probio zaštitnu ogradu i sudario se sa teretnim vozilom koje se kretalo suprotnom stranom autoputa (slika 2.). Na mestu nezgode nije bilo nagiba puta, a kolovoz je u vreme nezgode bio mokar. U ovoj saobraćajnoj nezgodi vozač jednog teretnog vozila je poginuo. Naknadnim tehničkim pregledom nisu utvrđene nikakve tehničke neispravnosti teretnog vozila koje su mogle prouzrokovati nezgodu. Uzrok nezgode je nepažnja, odnosno ljudska greška. Saobraćajna nezgoda je mogla biti izbegnuta da je teretno vozilo bilo opremljeno sistemom za detekciju umora i pospanosti vozača ili sistemom upozorenja na izlazak vozila iz saobraćajne trake ili sistemom zadržavanja vozila u saobraćajnoj traci.

Slika 2. Fotografije lica mesta saobraćajne nezgode (DEKRA, 2018)

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Cilj ovog rada je da ukaže na značaj i mogući nivo doprinosa savremenih sistema aktivne bezbednosti privrednih vozila. Kako ljudske greške i dalje predstavljaju glavni uzrok saobraćajnih nezgoda, mere usmerene ka smanjenju ljudskih grešaka imaju značajnu ulogu. Vozaču je očigledno potrebna pomoć a savremeni sistemi u vozilu mogu u velikoj mere eliminisati njegove slabosti i pogrešne odluke. U okviru Strategije bezbednosti saobraćaja na putevima Republike Srbije za period od 2015. do 2020. godine definisano je da vozilo ne sme da bude uzrok saobraćajne nezgode, da vozilo treba da spreči saobraćajnu nezgodu kada dođe do greške učesnika u saobraćaju, greške puta ili druge opasne situacije, i da vozilo treba da spreči ili ublaži posledice nastale u saobraćajnoj nezgodi. U ovom radu utvrđeno je da ukoliko bi sva privredna vozila u Republici Srbiji bila opremljena sistemom inteligentnog prilagođavanja brzine godišnje je moguće sačuvati 68 života, sistemom elektronske kontrole stabilnosti 28 života, a sistemom za upozorenje na izlazak vozila iz saobraćajne trake 19 života.

Zastupljenost savremenih sistema u vozilima direktno je povezana sa prosečnom starošću voznog parka. Novija vozila opremljena savremenim sistemima aktivne i pasivne bezbednosti su daleko bezbednija od starih. Potrebno je obezbediti fiskalne i druge olakšice za nabavku priverednih vozila opremljenih savremenim sistemima aktivne bezbednosti. Pravilna upotreba naprednih sistema je podjednako važna kao i njihova ugradnja. Kako bi se u potpunosti iskoristili svi efekti koje sistemi pružaju potrebna je odgovarajuća obuka vozača.. Savremeni sistemi u vozilima mogu imati i negativni uticaj na vozača. Ukoliko se vozač tokom vožnje previše osloni na sisteme može doći do smanjenja njegove pažnje. Na smanjenje pažnje može uticati i veliki broj informacija i upozorenja koje vozač dobija od sistema. Preveliko poverenje u sisteme može uticati na to da vozač preduzme neke rizične manevre u saobraćaju. Potrebno je uspostaviti praćenje efekta savremenih sistema aktivne bezbednosti privrednih vozila i proceniti njihov kratkoročni, srednjoročni i dugoročni uticaj na bezbednost saobraćaja. Podizanje standarda vezanih za obavezuću primenu savremenih bezbednosnih sistema na privrednim vozilima je siguran puta ka unapređenju bezbednosti saobraćaja u najširem smislu.

7. LITERATURA

ABS, Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije, Procenat vozila u voznom parku sa lošijim bezbednosnim karakteristikama od merodavnog vozila u 2018. godini

ABS, Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije, Prosečna starost vozila voznog parka u Republici Srbiji 2018. godine

COWI, Cost-benefit assessment and prioritisation of vehicle safety technologies, TREN-ECON2-002, Produced for European Commission - DG TREN, January 2006.

DEKRA, Dekra Road Safety Report 2018 Transport of Goods, May 2018

European Commission, Vehicle Safety, European Commission, DG Tren, February 2018.

RZS, Republički zavod za statistiku Republike Srbije, Registrovana drumska motorna i priključna vozila i saobraćajne nezgode na putevima, 2018.

V. Dedović, D. Mladenović, D. Sekulić, Dinamika vozila, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni Fakultet, 2018.

http://195.222.96.212/ibbsPublic/, Integrisana baza podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja, Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije, preuzeto 10.12.2018.

https://www.acea.be/automobile-industry/trucks-vans-buses, preuzeto 21.12.2018.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

EFFECT OF ACCESS POINTS ON CONDITIONS OF VEHICULAR MOVEMENTS IN TRAFFIC FLOW

UTICAJ PRISTUPNIH TAČAKA NA USLOVE KRETANJA VOZILA U SAOBRAĆAJNOM TOKU

Marko Subotić[a], Dunja Radović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, marko.subotic@sf.ues.rs.ba, dunja.radovic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Access or access point usually presents approaching roadway constructed directly along the driveway of the main road through whom vehicles are entering on or exiting from private property, but also it implies commercial approaching and access roads. Increased access-point density connected on the main road affects the disorder of functional dependence of fundamental parameters of traffic flow. An increase of access-point density on main road has the effect of decrease of capacity and speed of traffic flow, but also increase of travel time. This paper is the outcome of research on several roadway segments in Bosnia and Herzegovina, and results are presenting the distribution of access points in a function of section lenght. Key results are related to access-point density, i.e. number of access points on both sides of two-lane highways divided by the length of the roadway segment. Depending on access-point density, decrease of free flow speed appears on mentioned sections which value goes from 2,35 km/h to 21,53 km/h and that is significant dispersion determined free flow speeds on given sections. In this paper is analyzed unplanned and uncontrolled construction of a large number of access points along the driveway of two-lane highway, which does not attract significant attention in our country and neighborhood. The main goal of this paper is to determine decrease of speed on segment of representative road network depending on access-point density and highlight the importance and necessity of increased control of access points.*

Key words: *access point, access-point density, time delay*

Apstrakt: *Pristup ili pristupna tačka najčešće predstavlja prilazni put izgrađen neposredno uz kolovoz primarne saobraćajnice putem koga vozila ulaze na privatni posjed ili izlaze sa istog, a takođe podrazumijeva i komercijalne prilazne puteve i priključke. Povećana gustina pristupa spojenih na primarni put utiče na poremećaj funkcionalne zavisnosti osnovnih parametra saobraćajnog toka. Povećanje gustine pristupa na glavnom pravcu ima za posledicu smanjenje propusne sposobnosti i brzine saobraćajnog toka, kao i pojavu povećanja vremena putovanja. Ovaj rad je proizvod istraživanja na nekoliko deonica u Bosni i Hercegovini, a rezultati predstavljaju raspodelu pristupnih tačaka u funkciji od dužine odseka. Ključni rezultati se odnose na gustinu pristupa, tj. broj pristupnih tačaka sa obe strane dvotračnih puteva po jedinici dužine deonice. U zavisnosti od gustine pristupa, javlja se smanjenje brzine u slobodnom toku na navedenim deonicama koje se kreće u rasponu od 2,35 km/h do 21,53 km/h, što je znatna disperzija utvrđenih brzina slobodnog toka na datim deonicama. U radu je analizirana neplanska i nekontrolisana izgradnja velikog broja pristupa uz kolovoz dvotračnog puta, što ne zavređuje značajniju pažnju u našoj državi i okruženju. Cilj ovog rada je utvrditi smanjenje brzine na delu reprezentativne mreže u zavisnosti od gustine pristupa i istaknuti značaj i neophodnost uvođenja povećane kontrole pristupa.*

Ključne reči: *pristupna tačka, gustina pristupa, vremenski gubici*

1. UVOD

Sa pojavom prvih puteva, dolazi i do razvoja pristupa na njima. Razvoj pristupa se posebno odražava na značaju usputnih stajališta, konačišta, kao i raznih utvrđenja napravljenih sa ciljem obezbeđenja smeštaja i hrane (Anđus, 1995). Prema saobraćajnoj funkciji javni putevi se dele na daljinske, vezne, sabirne i pristupne puteve (Pardillo i Llamas, 2003; Maletin i dr., 2015). Na osnovu važećeg (Zakona o osnovama bezbjednosti saobraćaja

u Bosni i Hercegovini), kao i prema (Zakonu o javnim putevima) dvotračni putevi se, zavisno od svog privrednog i društvenog značaja, dele na:

- Magistralne puteve
- Regionalne puteve
- Lokalne puteve i
- Ulice u naseljima.

Značajem i uticajem pristupa na deonice puteva se bavi američki priručnik za kapacitet puteva HCM-2010 (Highway Capacity Manual 2010), koji vrši klasiranje dvotračnih puteva na tri klase, od kojih se putevi Klase III posebno odnose na problem pristupa na dvotračnim putevima. Putevi klase III predstavljaju deonice u umereno razvijenim područjima. Na ovim deonicama dolazi do mešanja tranzitnog saobraćaja sa ostalim lokalnim saobraćajnim tokovima, a gde je gustina nesignalisanih pristupnih tačaka znatno veća nego na vangradskim deonicama (HCM, 2010).

U (HCM, 2000) je prvi put predstavljen uticaj pristupnih tačaka na brzinu u slobodnom toku na dvotračnim putevima. Podaci ukazuju na to da sva pristupna tačka po kilometru smanjuje procenjenu brzinu u slobodnom toku za oko 0,4 km/h. Analizom smernica datih u Priručniku za kapacitet puteva HCM, u verziji HCM-2010 uvodi se niz značajnih promena u inženjerskoj praksi, s obzirom na to da se poseban značaj daje multimodalnosti, odnosno procedurama sveobuhvatnih analiza gde se objedinjeno posmatraju svi načini putnog saobraćaja (automobilski, pešački i biciklistički).

Gustina pristupa na deonicama dvotračnih puteva predstavlja ukupan broj pristupa sa obe strane po jedinici dužine deonice. Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da gustina pristupa ima nizak uticaj na brzinu, jer povećanje gustine pristupa dovodi do promene eksploatacione brzine. Ipak, i ovaj uticaj je značajan, tako da se može dati hipotetička pretpostavka ovog rada, da sa povećanjem gustine pristupnih tačaka po kilometru progresivno dolazi do smanjenja slobodne brzine kretanja saobraćajnog toka. Takođe, cilj ovog rada je da ukaže na nekontrolisanu izgradnju velikog broja pristupa na dvotračnim putevima, što ne zavređuje pažnju nadležnih institucija. Metod istraživanja preuzet je iz HCM-2010 metodologije, a prikupljanje podataka rađeno je vizuelnim posmatranjem na urbanim i ruralnim vangradskim deonicama.

2. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE

Veoma mali broj istraživača se bavio problemom gustine pristupa u relevantnoj literaturi. Ipak, prethodno pomenute verzije HCM priručnika daju metode za analizu ovog pokazatelja. S obzirom na to da HCM-2010 daje svoje smernice za utvrđivanje broja pristupa na tri klase puta, potrebno je istaći da ovaj priručnik u metodologiji za proračun kapaciteta definiše sljedeće pokazatelje nivoa usluge za dvotračne puteve: prosečna brzina putovanja i procenat vožnje u koloni. Slobodna brzina se može proceniti indirektnim putem, ako nema dostupnih terenskih podataka. Slobodna brzina na dvotračnim putevima se kreće u rasponu od 75 km/h do 110 km/h (HCM, 2010; Vidas, 2017). Da bi se procenila slobodna brzina, neophodno je da se na osnovu poznatih pokazatelja o karakteristikama puta prvo definiše bazna slobodna brzina, koja prikazuje idealne uslove, a zatim da se utvrdi širina saobraćajne trake, udaljenost bočnih smetnji i broj pristupnih tačaka. Projektna brzina puta bila bi prihvatljiva osnova za procenu bazne slobodne brzine (s obzirom na to da je bazirana primarno na uzdužnom i poprečnom nagibu). Gruba procena bazne slobodne brzine može se uzeti kao ograničenje brzine gde je dodato još 15 km/h (HCM, 2010; Vidas, 2017).

Takođe, u datoj metodologiji poseban uticaj na ova tri pokazatelja efikasnosti ima gustina pristupa (sa jedne strane), koja se preporučuje za prethodno navedene tri klase puta. Za klasu I i II preporučuje se 13 [pristupa/km], dok se za klasu III preporučuje 25 [pristupa/km] (Vidas, 2017).

Prema aktuelnoj literaturi, kontrola pristupa značajno utiče na vreme putovanja vozila, a samim tim i na prosečnu brzinu putovanja. Dakle, produženje vremena putovanja je u direktnoj zavisnosti sa povećanjem broja pristupnih tačaka. Takođe, sa povećanjem broja pristupnih tačaka, dolazi do povećanja i vremena putovanja, a smanjenja brzine putovanja. Produženje vremena putovanja takođe zavisi i od rastojanja između pristupnih tačaka. Sa smanjenjem rastojanja između pristupnih tačaka, smanjuje se i vreme putovanja (Rose i dr., 2000). Takođe, istraživanja su pokazala da je prosečna eksploataciona brzina u vršnim periodima znatno veća na putevima sa dobrom kontrolom pristupa, nego na putevima bez kontrole pristupa (Maze i dr., 2000).

Upravljanje pristupima se može prikazati preko neprekidnog ciklusa koji prikazuje neraskidivu vezu između saobraćaja i korišćenja zemljišta (Tubić i Vidas, 2014).

3. METOD ISTRAŽIVANJA

S obzirom na to da HCM metodologija (HCM 2010) za proračun slobodne brzine posebno izdvaja factor f_A kao pokazatelj gustine pristupnih tačaka, onda je potrebno uvesti u analizu ovu geometrijsku karakteristiku. Slobodna brzina na dvotračnim putevima, prema HCM-2010, se proračunava preko sledeće relacije:

$$V_{SL} = V_{SL0} - f_{BS} - f_A \quad (1)$$

gde je:

- V_{SL} – brzina u slobodnom toku;
- V_{SL0} – bazna slobodna brzina;
- f_{BS} – smanjenje brzine zbog uticaja širine saobraćajne trake i udaljenosti bočnih smetnji;
- f_A – smanjenje brzine zbog uticaja broja pristupa (Tabela 1.).

Tabela 1. Uticaj broja pristupa na slobodnu brzinu f_A (HCM, 2010)

Gustina pristupa (broj pristupa/km)	Smanjenje slobodne brzine (km/h)
0	0,0
10	6,4
20	12,8
30	19,2
40	25,6

Prethodna tabela profilisana od strane HCM-2010, daje elementarni pokazatelj da svaki pristup smanjuje slobodnu brzinu za 0,417 km/h. Do ovih rezultata se došlo poređenjem pokazatelja brzine i gustine pristupnih tačaka dobijenih na četiri lokacije u Florida Keys-u.

U okviru ovog rada prihvaćena je metodologija utvrđivanja broja pristupnih tačaka data u priručniku HCM-2010, pri čemu je analizirano obaranje slobodne brzine za date deonice, prema dobijenim empirijskim istraživanjima na 18 vangradskih deonica.

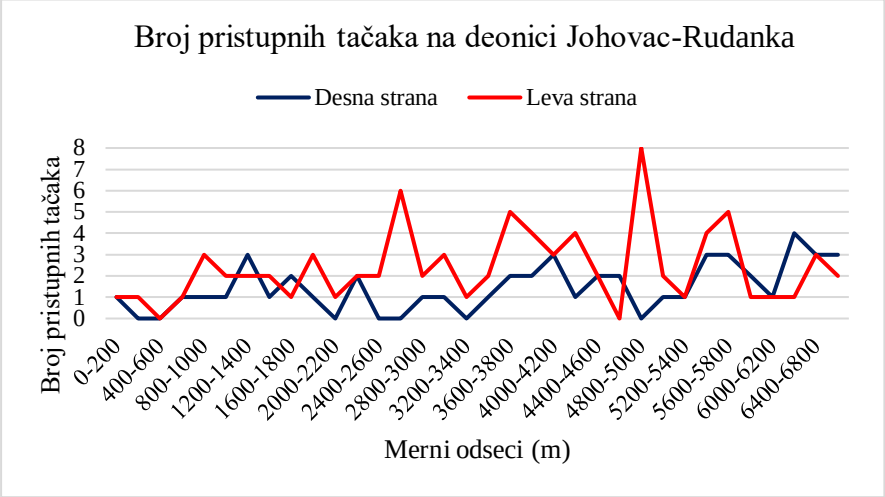
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U radu je analizirano 18 deonica dvotračnih puteva na teritoriji Bosne i Hercegovine. Opsežna analiza je sprovedena isključivo na magistralnim putnim pravcima I reda, broja puta M-4 i M-17. Metodom posmatranja, u pokretnom vozilu, vršeno je merenje broja pristupnih tačaka na magistralnim putnim pravcima na svakih 200 metara mernog vozila.

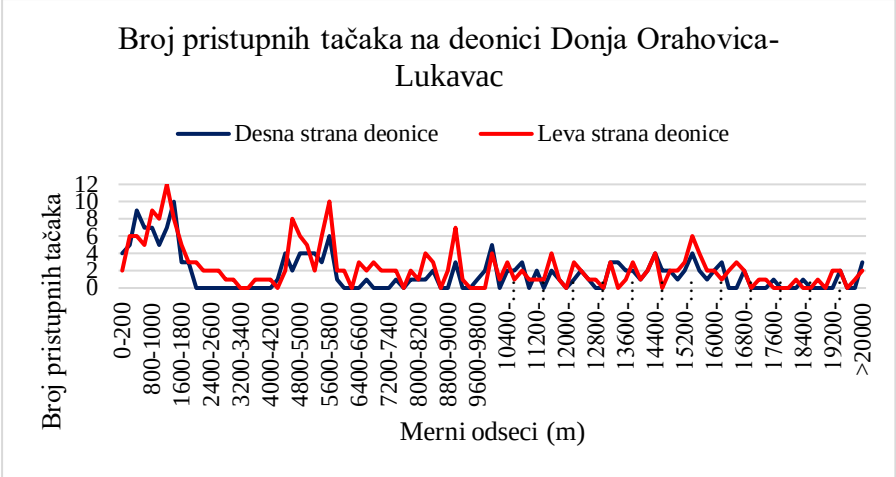
U okviru ove analize, pod pristupnom tačkom podrazumeva se svaka vrsta pristupa na magistralni put, gde je moguće prići putu motornim vozilom. Takođe, terminali za snabdevanje gorivom su računati kao dva pristupa, a autobuska stajališta su posmatrana kao jedna pristupna tačka. Svako ukrštanje puta istog ranga je posmatrano kao jedna pristupna tačka, što je okvirni nedostatak ovog istraživanja, s obzirom na to da su privatni put i put višeg ranga klasifikovani kao ista pristupna tačka.

Na datim deonicama, beležen je broj pristupnih tačaka sa ciljem utvrđivanja smanjenja slobodne brzine u funkciji povećanja broja pristupa. Na dijagramu 1. deonice Johovac-Rudanka M-17, prikazana je pojava broja pristupnih tačaka sa leve i desne strane deonice na pododsecima od 200 metara dužine, čime se jasno mogu uočiti povećanja pristupnih tačaka u datim ekstremumima. Na navedenoj deonici dužine 6,854 km nije uočen veliki broj pristupnih tačaka, a u proseku sa obe strane iznosi 8.

Na dijagramu 2. deonice puta Donja Orahovica-Lukavac M-4 posebno se ističe povećanje broja pristupnih tačaka na prvih 2 km deonice, kao i na odseku od četvrtog do šestog kilometra, gde dolazi do povećanja broja pristupnih tačaka. U navedenim zonama, potrebno je istaći da su u pitanju zone posebne naseljenosti, gdje je izraženo prisustvo administrativnih i kulturnih centara, što geometrijski utiče na slobodne brzine u datim zonama. Ovaj uticaj odražava se i na povećanje vremena putovanja dnevnih putnika.



Dijagram 1. Broj pristupnih tačaka na pododsecima od 200m Johovac-Rudanka



Dijagram 2. Broj pristupnih tačaka na pododsecima od 200m Orahovica-Lukavac

S obzirom na to da je sprovedena analiza obuhvatila 18 reprezentativnih deonica u Bosni i Hercegovini magistralnih putnih pravaca M-4 i M-17, rezultati utvrđenog broja pristupnih tačaka sa leve i desne strane na pododsecima dužine od 200m navedeni su u tabeli 2., gde skraćenica ASPT označava aritmetičku sredinu pristupnih tačaka. Na datim deonicama, uočen je raspon broja pristupnih tačaka sa obe strane od niskog (Doboj Novi-Doboj (Poljice)) koji iznosi 5,63 do jako visokog broja pristupnih tačaka (na deonici Jelah-Karuše) koji iznosi 51,63. Ipak, deonica Jelah-Karuše sa ovoliko velikim brojem pristupnih tačaka, predstavlja izuzetno privredno razvijeno područje u samoj zoni magistralnog puta, dok deonica Doboj Novi-Doboj (Poljice) nije naseljena zona.

Pojava povećanog broja pristupnih tačaka značajno utiče i na smanjenje slobodne brzine (V_{SL}) kao što je prikazano u navedenoj metodologiji preuzetoj iz HCM-2010. Ovakav pristup navedene metodologije, gde se navodi da svaki pristup utiče na smanjenje slobodne brzine za 0,417 km/h, pokazuje to smanjenje na navedenim deonicama M-4 i M-17 putnih pravaca, preporučenih od strane HCM-a. Ovo smanjenje V_{SL} kreće se u rasponu od 2,35 km/h do 21,53 km/h, što je znatna disperzija utvrđenih brzina slobodnog toka na datim deonicama preporučenim iz navedenog priručnika. Naravno, usled određenih planskih i projektantskih analiza, ne može se zanemariti činjenica preporučenih vrednosti smanjenja brzine slobodnog toka na datim deonicama koja je pre svega funkcionalno zavisna od broja izmerenih pristupnih tačaka na datim deonicama.

Na osnovu sprovedenog istraživanja, potrebno je istaći da se na posmatranim putnim pravcima neplanski uvode pristupni putevi i priključci na put, bez UT (urbanističko-tehničke) saglasnosti upravitelja puta, a jako malo se posvećuje pažnje sabirnim putevima i ulicama.

Tabela 2. Rezultati broja pristupnih tačaka i smanjenja brzine prema HCM-2010

Redni broj	Deonica	Oznaka deonice	Dužina deonice (km)	ASPT/200m -desna strana	ASPT/200m -leva strana	ASPT /km	Smanjenje V_{SL} u f-ji f_A
1	Doboj Novi-Doboj (Poljice)	M-4	1,469	0,25	0,88	5,63	2,35
2	Doboj (Poljice)-Granica RS-FBiH	M-4	2,945	1,00	1,21	11,07	4,62
3	Doboj-Granica RS-FBiH (Karuše)	M-17	3,517	0,67	1,83	12,50	5,21
4	Donja Orahovica-Lukavac	M-4	20,155	1,66	2,33	19,95	8,32
5	Gračanica-Donja Orahovica	M-4	6,89	3,29	5,14	42,14	17,57
6	Granica RS-FBiH-Gračanica	M-4	15,095	3,16	3,51	33,36	13,91
7	Granica RS-FBiH-Jelah	M-4	6,01	3,84	2,84	33,39	13,92
8	Jelah-Karuše	M-4	10,265	5,29	5,04	51,63	21,53
9	Rudanka-Doboj	M-17	7,405	2,66	4,42	35,39	14,76
10	Johovac-Rudanka	M-17	6,854	1,44	2,38	19,12	7,97
11	Karuše-Maglaj	M-17	19,03	2,45	2,15	22,97	9,58
12	Klupe-Teslić (Barići)	M-4	16,734	2,36	1,90	21,31	8,89
13	Lukavac-Šićki Brod 2	M-4	5,641	0,90	1,07	9,83	4,10
14	Maglaj-Ozimica	M-17	10,520	1,30	1,74	15,19	6,33
15	Obodnik-Klupe	M-4	20,134	0,84	1,05	9,46	3,94
16	Ozimica-Žepče	M-17	6,187	1,39	1,39	13,87	5,78
17	Šešlije-Johovac	M-17	4,701	0,79	1,21	10,00	4,17
18	Teslić (Barići)-Granica RS-FBiH	M-4	6,646	2,15	1,97	20,29	8,46
Srednja dobijena vrednost pristupnih tačaka na datim deonicama						**21,51**	**8,97**

Takođe, na osnovu tabelarno dobijenih podataka, uočeno je da broj pristupnih tačaka od deonice do deonice, ne može imati neku značajniju zakonitost pojavljivanja i nije zavisan od dužine deonice.

5. DISKUSIJA

Na osnovu sprovedene analize na svih 18 deonica magistralnih putnih pravaca M-4 i M-17 utvrđeno je da povećanje gustine pristupa nije na svim putnim pravcima ravnomerno raspoređeno, već je gustina pristupa zavisna od neposrednih sadržaja datih zona. Broj pristupnih tačaka deonica puteva nije planski definisan, niti postoji bilo kakva strategija da se postojeće pristupne tačke objedinjavaju u sabirni put (ulicu), što je negativan trend u putogradnji.

Analizom dobijenih rezultata, moguće je istaći izuzetno kritične deonice sa više od 30 pristupnih tačaka po kilometru (PT/km), respektivno, Jelah-Karuše (51,63 PT/km), Orahovica-Granica RS (42,14 PT/km), Doboj-Johovac (35,39 PT/km), FBiH-Jelah (33,39 PT/km) i Gračanica-Granica RS (33,36 PT/km). Ovaj broj pristupnih tačaka posebno se povećava u administrativno-poslovnim i stambenim odsecima datih deonica.

Specifična deonica je i Obodnik-Klupe, koja je i najduža deonica iz datog uzorka (20,134km). Specifičnost ove deonice se odražava u tome da se na njoj nalazi samo 9,46 PT/km. Ova deonica se nalazi većim svojim delom na planinskom terenu i skoro da nema pristupnih tačaka na većem delu deonice (osim u zoni turističkog rizorta), a njihov povećani broj javlja se na završetku deonice ulaskom u naseljeno mesto. U slučaju ove deonice, evidentno je da se broj pristupnih tačaka smanjuje sa karakterom planinskog terena.

Uzevši u obzir to da svaka pristupna tačka smanjuje brzinu slobodnog toka (prema HCM-2010) za 0,417 km/h, deonice sa povećanim brojem pristupnih tačaka umnogome utiču na vrednosti eksploatacione brzine za bilo koju klasu vozila. Ujedno, postavljanje ograničenja brzine na datim deonicama, prema ovako dobijenim terenskim vrednostima mora imati znatan uticaj u odlučivanju postavljanja adekvatnih ograničenja. Takođe, postavljena ograničenja brzine i revidiranje njihovih vrednosti predmet su kredibiliteta brzina na magistralnim putnim pravcima, a u funkcionalnoj zavisnosti sa brojem pristupa.

Posebno je potrebno istaći da nadležni održavaoci puteva „Putevi RS“ i „Ceste BiH“ liberarno pristupaju donošenju odluke da se neki od novootvorenih privrednih subjekata ili naseljene parcele priključe na magistralni put, često i bez projektnog rešenja. Ujedno, u mnogim opštinama, priključci na put nisu regulisani regulacionim planom opštine, što dovodi do povećanog broj pristupnih tačaka po kilometru.

6. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani dobijeni rezultati na navedenim deonicama, prilikom čega se izdvaja pet ključnih deonica sa izuzetno visokim brojem pristupnih tačaka (PT>30). Takođe, dokazano je primenom date metodologije da sa povećanjem broja pristupnih tačaka na deonicama, dolazi do smanjenja slobodne brzine, kao i povećanja vremena putovanja na datim deonicama, s obzirom na to da pokazatelj broja pristupnih tačaka direktno utiče i na slobodnu brzinu.

U sprovedenom istraživanju, posebno odstupa deonica Jelah-Karuše sa prosečno 51,63 pristupne tačke po kilometru. Ovaj broj pristupnih tačaka, posebno se odnosi na zone privredno-administrativnih i trgovinskih centara u kojima se nedovoljno posvećuje pažnja gustini pristupnih tačaka, čime magistralni put prvog reda gubi na značaju prioriteta. Deonice sa niskim brojem pristupnih tačaka, uglavnom su deonice koje skoro i da ne poseduju administrativne i stambene centre.

Sprovedenom opsežnom analizom na 18 deonica, dokazano je da prosečan broj pristupnih tačaka na datim deonicama iznosi 21,51. Poređenjem sa HCM-2010, ovaj broj pristupnih tačaka smanjuje slobodnu brzinu za 8,97 km/h (≈9 km/h) na navedenim deonicama, što se reprezentativno može uzeti za Bosnu i Hercegovinu, ali ograničeno na uzorku od 18 deonica.

U narednom periodu, neophodno je izvršiti detaljno realno terensko snimanje broja pristupnih tačaka na svim deonicama dvotračnih puteva, a ujedno formirati i jedinstvenu bazu podataka o njihovom broju. Ovi pokazatelji bi morali biti ulazni parametar svih planerskih, projektantskih i operativnih analiza, kao i pokazatelja za izradu regulacionih planova datih područja.

7. LITERATURA

Anđus, V. (1995). Od rimskih puteva do savremenih autostrada, Serija PINUS, Beograd.

Maletin, M., Tubić, V., & Vidas, M. (2015). FUNCTIONAL CLASSIFICATION OF RURAL ROADS IN SERBIA. International Journal for Traffic and Transport Engineering.

Maze, T., Plazak, D., Witmer, J., & Schrock, S. (2000). Access management handbook. Center for Transport Research and Education, Iwa State University Park, Iowa.

National Research Council. (2000) Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board, Washington D.C. USA.

National Research Council. (2010). Highway Capacity Manual 2010. Transportation Research Board. Washington, DC., USA.

Pardillo, J. M., & Llamas, R. (2003). Relevant variables for crash rate prediction in Spain's two lane rural roads. In Proceedings of the 82nd Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC, USA.

Rose, D., Gluck, J., Demosthenes, P., Koepke, B., Levinson, H., & Armour, R. (2000). Review of SDDOT's Highway Access Control Process. South Dakota Department of Transportation, Office of Research.

Službeni glasnik Republike Srpske, broj 89/13, Zakon o javnim putevima.

Tubić, V., & Vidas, M. (2014). Upravljanje kontrolom pristupa – efikasnost i bezbednost putne mreže Srbije. Prvi srpski kongres o putevima.

Vidas, M. (2017). Uticaj kontrole pristupa na kapacitet i nivo usluge dvotračnih puteva, Doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet Beograd.

Zakon o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u BiH, "Službeni glasnik BiH" broj 6/06.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

RESEARCH OF THE EXPECTED QUALITY OF SERVICE IN TAXI TRANSPORT SYSTEM IN CITY OF KIKINDA

ISTRAŽIVANJE ZAHTEVANOG KVALITETA USLUGE U SISTEMU TAKSI TRANSPORTA PUTNIKA U GRADU KIKINDI

Andrea Nađ[a], Slaven M. Tica[a], Predrag Živanović[a], Stanko Bajčetić[a], Branko Milovanović[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, andrea@sf.bg.ac.rs, slaven.tica@sf.bg.ac.rs, p.zivanovic@sf.bg.ac.rs, s.bajcetic@sf.bg.ac.rs, b.milovanovic@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *The taxi system in the city transport system is an important factor in the development of the concept of combined mobility with a very significant impact on the quality and efficiency of citizens' lives in urban areas.*

In the process of planning and designing a taxi system, it is necessary to conduct continuous research of all forms of quality, in particular, the required levels of quality of services by direct users. Research results are a useful tool to ensure the system meets the actual needs of users and compliance with the real capabilities of the operator and adjust the system to the real transport market. These activities are directly designed in the feedback loop to improve the structure and functioning of such a system and increase its production and economic efficiency.This paper defines and analyzes the features and indicators of the quality of service in a real taxi system in Kikinda, taking into account the aims of the system as a whole and the convenience for practical application. In the process of research and analysis of the expected quality of service, specific methods, techniques and tools in the field of transport engineering were used. On the basis of the obtained research results, an analysis and ranking of the selected features of the quality of service were performed.

Key words: *system approach, taxi, transport, quality of service*

Apstrakt: *Taksi sistem u gradskom transportnom sistemu predstavlja važan faktor u razvoju koncepta kombinovane mobilnosti sa veoma izraženim uticajem na kvalitet i efikasnost života građana u urbanim područjima.*

U procesu planiranja i projektovanja taksi sistema, neophodno je kontinualno sprovoditi istraživanje svih oblika kvaliteta, a posebno zahtevanog nivoa kvalitata sistema i usluge od strane korisnika. Rezultati istraživanja su koristan alat kojim se obezbeđuje zadovoljenje stvarnih potreba korisnika sistema i prilagođavanje sistema realnom tržištu transportnih usluga. Navedene aktivnosti se u povratnoj vezi direktno projektuju na unapređenje strukture i funkcionisanja taksi sistema i povećanje njegove proizvodne i ekonomske efikasnosti. U radu su definisana i analizirana svojstva i podsvojstva kvaliteta usluge u realnom taksi sistemu u gradu Kikindi, imajući u vidu ciljeve celine sistema i pogodnost za praktičnu primenu. U procesu istraživanja i analize zahtevanog kvaliteta usluge korišćene su specifične metode, tehnike i alati iz oblasti transportnog inženjeringa. Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja izvršena je analiza i rangiranje izabranih svojstava kvaliteta usluge.

Ključne riječi: *sistemski pristup, taksi, transport, kvalitet usluge*

1. UVOD

Začarani krug problema širenja urbanih sredina, prenaseljenosti, nedostatka kvalitetnog životnog prostora, uz hronični nedostatak finansija i permanentnu ekspanziju potreba za mobilnošću, dovodi do narušavanja nivoa kvaliteta života u gradovima i opšte degradacije urbanih sredina u celini.

Zbog jake međuzavisnosti između transporta i urbanih područja, jedan od osnovnih ciljeva gradskih transportnih sistema danas je usmeren ka prilagođavanju sistema u odnosu na funkcije savremenog urbanog područja. Neefikasan gradski transportni sistem direktno utiče na degradaciju urbanih područja, naročito u periodu rasta populacije i prostorne ekspanzije.

Iz tih razloga, pred gradskim transportnim sistemom je izazov da postane ključni faktor u pružanju još fleksibilnijih i raznovrsnijih usluga u cilju realizacije mobilnosti svojih korisnika. Strategije razvoja gradskih transportnih sistema, danas se ostvaruju kroz vođenje politike koja kao osnov uzima princip realizacije mobilnosti stanovnika uz ograničeno korišćenje privatnih putničkih automobila (Tica S., 2016). Uspešni gradovi i gradovi pogodni za život se oslanjaju na efikasne konvencionalne sisteme javnog masovnog transporta putnika koji u sinergiji sa vidovima fleksibilog javnog transporta putnika (paratranzita), korisnicima pružaju kombinovanu transportnu uslugu, odnosno obezbeđuju stanovnicima gradskih aglomeracija tzv. uslugu kombinovane mobilnosti (UITP, 2011.).

U konceptu kombinovane mobilnosti različiti vidovni podsistemi su koordinisani tako da korisnici lako mogu obavljati putovanja kombinujući više vidova (podsistema), a da pri tome svaki podsistem obavlja ulogu koja mu fizički i operativno najviše odgovara. Primenom i razvojem koncepta kombinovane mobilnosti postiže se sveukupna pogodnost za korisnike, a sa druge strane, proizvodna, tehnička i ekonomska efikasnost gradskog transportnog sistema se podiže na optimum.

Podsistem fleksibilnog transporta putnika ili paratranzit, predstavlja podsistem transporta putnika dostupan za sve korisnike u prostoru i vremenu kao javna ili polujavna usluga, koju obezebeđuje operator u cilju zadavoljenja različitog stepena individualnih transportnih potreba. U pogledu osnovnih elemenata funkcionisanja, paratranzit najčešće nema fiksne trase linija i fiksne redove vožnje.

Jedan od najpoznatijih i najrazvijenijih podsistema paratranzita je podsistem taksi transporta putnika. Podsistem taksi transporta putnika proizvodi specifičnu transportnu uslugu, koja je po svojoj prirodi javna usluga koja ispunjava zadatak od zajedničkog interesa. Ovu uslugu definiše šira populacija, a obezbeđuje je nadležni organ grada/opštine (koji je vlasnik tržišta transportnih usluga) odgovoran da se društveni zahtevi izraze preko definisanih specifikacija i standarda mobilnosti.

Aarhaug J. (2016.) definiše taksi transport putnika kao „...vozilo sa vozačem javno dostupno za iznajmljivanje“. Tica S. (2016.) na sveobuhvatan način definiše podsistem taksi transporta putnika kao „podsistem fleksibilnog transporta putnika koji korisnicima pruža celodnevnu javnu uslugu vozilima malog kapaciteta (obično PA ili van vozilima) na kratkim relacijama prema zahtevima korisnika po unapred definisanom i poznatom tarifnom sistemu“. Transportnu uslugu obezbeđuje operator prema definisanom zahtevu korisnika (u pogledu vremena početka realizacije putovanja, trase, dužine transporta i sl.), za koju korisnik plaća cenu koja se određuje na osnovu unapred poznatog tarifnog modela.

Jedna od osnovnih karakteristika podsistema taksi transporta putnika je dualnost. Taksi podsistem je sistem za sebe, ali istovremeno i podsistem višeg sistema (sistema javnog gradskog transporta putnika). Ova dualnost važi do nivoa najnižih hijerarhijskih elementa sistema na kome se mogu meriti efekti rada celine sistema.

Ova činjenica zahteva specifičan način organizacije i upravljanja celinom sistema. Od cilja da sistem bezuslovno postigne maksimalnu proizvodnu efikasnost, težište upravljanja je usmereno na korisnike i na kvalitet usluge. Očekivanja korisnika sistema se stalno menjaju i u tom smislu se i realizovana transportna usluga treba konstantno prilagođavati zahtevima korisnika.

Istraživanje nivoa kvaliteta transportne usluge u taksi sistemu treba biti kontinuirana aktivnost. Predmet istraživanja treba da budu svi oblici kvaliteta usluge, a naročito očekivani (zahtevani) i ocenjeni (subjektivni) kvalitet usluge.

Zahtevani (očekivani) kvalitet usluge, predstavlja nivo kvaliteta usluge, koji eksplicitno ili implicitno zahtevaju korisnici od taksi sistema i predstavlja osnovu za planiranje, projektovanje i unapređenje kvaliteta transportne usluge. Taj nivo kvaliteta može se smatrati skupom izvesnog broja kriterijuma kvaliteta koji reprezentuju određena svojstva kvaliteta usluge.

U dostupnoj literature iz oblasti taksi transporta putnika autori su se na naučnom i stručnom nivou u poslednjoj deceniji najviše bavili problemima u domenu:

pristupa tržištu transportnih usluga i optimizaciji pojedinih podprocesa u okviru transportnog procesa (Nicholls D., 2011., Noble A.W.,2013., Seymour D., 2015.).

razvojem modela za određivanje optimalnog broja vozila u taksi sistemu (Salanova Grau J.M., 2013.),

modelovanjem taksi usluge, preko modelovanja transportne mreže sa fokusom na funkciju potražnje i gustinu saobraćajnog toka (Wong K., 2002.).

Takođe, poslednjih nekoliko godina kvalitet usluge je sve češće tema za koju se odlučuju autori koji se bave istraživanjima u oblasti taksi sistema:

Wong, R.C.P., Szeto, W.Y. (2018) predlažu metodologiju za procenu kvaliteta usluge u taksi sistemu i analiziraju ocenjeni nivo kvaliteta usluge sa aspekta korisnika,

Alonso, B., Barreda, R., dOlio, L., Ibeas A., (2018) se takođe fokusiraju na ocenjeni kvalitet usluge i predlažu metodologiju za utvrđivanje najznačajnijih svojstava kvaliteta usluge za interesne grupe u taksi sistemu.

Zahtevani kvalitet usluge nije detaljnije obrađivan u dostupnoj literaturi.

U skladu sa tim polazna hipoteza ovog rada je da definisanje najznačajnijih svojstava i podsvojstava kvaliteta usluge i prikaz rezultata primene, tako definisanih svojstava i podsvojstava u sprovedenim istraživanjima stavova korisnika u realnom taksi sistemu u gradu Kikindi, daju značajne rezultate u cilju projektovanja sistema po meri korisnika. Cilj istraživanja bio je da se utvrdi značaj pojedinačnih reprezentativnih svojstava zahtevanog kvaliteta usluge za korisnike i izvrši njihovo međusobno rangiranje prema stavovima korisnika taksi sistema u Kikindi.

2. METODE

Istraživanja zahtevanog kvaliteta usluge od strane korisnika taksi sistema u gradu Kikinda (Srbija) sprovedena su primenom metode neposrednog intervjua - Ankete korisnika taksi sistema u Kikindi na uzorku od 273 direktnih korisnika sistema, a analiza i prezentecija razultata istraživanja, korišćenjem metoda sistemskih nauka, metoda statistike, teorije verovatnoće i operacionih istraživanja, specifičnih metoda, tehnika i alata iz oblasti transportnog inženjeringa, itd. Ciljevi navedenih istraživanja bili su usmereni na definisanje svojstava i podsvojstava kvaliteta usluge i utvrđivanje njihove važnosti (ranga) od strane direktnih korisnika sistema, odnosno izvršeno je istraživanje ključnih elemenata očekivanog kvaliteta usluge prema sistemu.

U radu su korišćeni i rezultati sprovedenih istraživanja karakteristika funkcionisanja sistema taksi transporta putnika u Kikindi, dobijeni primenom specifičnih metoda transportnog inženjeringa, kroz analizu rada taksi vozila, analizu rada centara za rezervaciju vožnji, analizu karakteristika i stavova operatora u sistemu (anketa taksi vozača na uzorku od 94 ispitanika), itd. Navedena istraživanja, sprovedena u sistemu taksi transporta putnika u Kikindi, izvršena su od strane Univerziteta u Beogradu – Saobraćajnog fakulteta, Katedre za drumski i gradski transport putnika u martu 2017. godine.

Metodologija, istraživanja i analiza dobijenih rezultata predstavljaju deo rezultata doktorske disertacije doktoranda Andree Nađ, koja se sprovodi u okviru naučno-istraživačkih aktivnosti na Univerzitetu u Beogradu – Saobraćajnom fakultetu na Katedri za drumski i gradski transport putnika.

3. ISTRAŽIVANJA I ANALIZA REZULTATA

3.1 Definisanje svojstava i podsvojstava kvaliteta usluge

Svojstva kvaliteta sistema prema standardima, definišu se kao kompleks kvantitativnih i opisno uporedivih svojstava-karakteristika sistema, koja su okrenuta korisniku, odnosno kao kompleks svojstava pouzdanosti tehničkih i organizaciono-tehnoloških sistema.

Pokazatelji kojima se opisuje kvalitet sistema i usluge, mogu biti preuzeti kao karakteristični parametri iz standarda ili kao parametri koji su izvedeni od parametara iz standarda ili se mogu uvesti i opisati novi parametri. Bitno je naglasiti da suštinski svi parametri u realnom vremenu pokazuju kvalitet strukture i funkcionisanja sistema, da se mere (određuju), da imaju jasan fizički smisao, da pripadaju homogenim skupovima onih parametara koji se koriste u ocenjivanju i bilansiranju rada sistema (Tica S., 2011).

Svako svojstvo kojim se u zavisnosti od potrebe planira, projektuje i ocenjuje kvalitet sistema i usluge moguće je opisati određenim brojem kvantitativnih pokazatelja, koji mogu imati apsolutni, relativni, bezdimenzionalni ili oblik verovatnoće, a po načinu određivanja statistički, ekspertski ili teorijski.

Svojstva i podsvojstva kvaliteta koja su korišćena u radu (Tabela 1.), definisani su na osnovu preporuka datih u standardima (IEC 1991), analize stručne literature, i sopstvenih istraživanja (Tica S., Nađ A. i dr. (2017)).

Tabela 1. Svojstva i podsvojstva kvaliteta usluge

Svojstvo kvaliteta usluge	Podsvojstvo kvaliteta usluge	Opis podsvojstva
Organizaciona podrška usluge	Cena prevoza	Cena odgovara kvalitetu usluge
Stabilnost sistema	Pouzdanost	Nema otkaza u realizaciji putovanja
Raspoloživost usluge	Pristupačnost usluge	Usluga dostupna u prostoru i vremenu
Pogodnost za korišćenje	Komforno putovanje	Adekvatno i prilagođeno vozilo za rad u taksi sistem
Organizaciona podrška usluge	Vreme putovanja	Prihvatljivo ukupno vreme od početne do ciljne tačke
Pogodnost za korišćenje	Fleksibilnost u planiranju putovanja	Mogućnost sopstvenog planiranja i optimizacije putovanja shodno trenutnoj potrebi

3.2 Organizaciono-funkcionalne karakteristike sistema

Grad Kikinda nalazi se na severu Republike Srbije sa površinom gradske teritorije od 783 km^2. Prema poslednjem popisu stanovništva u Republici Srbiji 2011. godine, grad Kikinda ima 59.453 stanovnika, od kojih 35.065 stanovnika živi u gradskom naselju Kikinda, a 21.388 stanovnika živi u preostalih 9 prigradskih naselja.

Nadležnost u uspostavljanju delatnosti taksi transporta i sprovođenju zakonitosti u gardu Kikindi je u domenu organa za poslove saobraćaja gradske uprave grada Kikinde. Nadzor nad obavljenjem delatnosti i primenom odredbi Odluke o taksi prevozu putnika vrši Sekretarijat za inspekcijske poslove gradske uprave Kikinda.

Funkcionisanje, organizacija i upravljanje taksi sistemom je faktički potpuno deregulisano, i nezvanično delegirano operatorima, samim vozačima (preduzetnicima), udruženjima i preduzećima. Uslov za funkcionisanje taksi transporta u Kikindi jeste dobijanje odobrenja za obavljenje taksi transporta i taksi legitimacije, koje izdaje nadležni Sekretarijat za inspekcijske poslove gradske uprave.

Sistem taksi transporta putnika u Kikindi, funkcioniše u konceptu 24/7. U sistemu postoji ukupno 135 registrovanih-aktivnih taksista (imaju zvanično odobrenje za obavljanje taksi transporta). Od navedenog broja, 87 su članovi jednog od tri postojeća udruženja, a preostalih 48 aktivnih taksista, rade u režimu koji nije prepoznat u važećim zakonima Republike Srbije. Od njih 48, 29 radi na relacijama Kikinda - okolna satelitska naselja kao neka vrsta linijskog taksija (rade na fiksnim trasama sa fleksibilnim redovima vožnje), dok preostalih 19 uglavnom radi po tehnologiji linijskog međumesnog transporta putnika na relacijama Kikinda druge susedne opštine.

U kontekstu vremenske dostupnosti sistema, taksi sistem u Kikindi uglavnom funkcioniše u dve polu-smene, u vreme jutarnjeg i popodnevnog vršnog opterećenja, odnosno u periodima vremena kada su transportni zahtevi najintenzivniji. Ovo potvrđuju i rezultati ankete taksi vozača koji su se u velikoj većini izjasnili da najčešće rade u mešovitim smenama (kombinacija smena), odnosno njih 90%. Način prijema zahteva kod tri postojeća udruženja je putem radio veze, zaustavljanjem vozila od strane korisnika na ulici i prijemom zahteva na taksi stajalištu. Sam režim rada taksi vozila sa ili bez putnika, funkcioniše po određenim pravilima, koje definišu tehnologija sistema javnog transporta putnika, kao i tehnologija prijema, vožnje i naplate usluge prema izvršenom transportnom radu.

Istraživanja sprovedena u taksi sistemu u Kikindi pokazala su da taksi vozila tri taksi udruženja rade prosečno 8 časova i 40 minuta u toku prosečnog radnog dana, od čega je 27,80% vremena provedeno u vožnji sa putnicima, 19,32% u vožnji bez putnika i 52,89% iznosi vreme čekanja na vožnju. Jasno se uočava da vozila manje od trećine radnog vremena provedu u vožnji sa putnicima što se može oceniti kao nisko iskorišćenje angažovanih transportnih kapaciteta.

Odgovori vozača koji obavljaju taksi uslugu na relacijama Kikinda – prigradska naselja su obrađivani nezavisno u odnosu na rezultate koji su dobijeni obradom odgovora vozača iz udruženja. Razlog je neuporedivost podataka zbog različite tehnologije rada iz čega proizilaze velike razlike u prosečnim vrednostima ostvarenog transportnog rada i dužinama vožnje koje ostvaruju samostalni taksi vozači u odnosu na vozače organizaovanih u udruženja. Navedeni vozači, u odnosu na vozače u udruženjima, prosečno imaju kraće radno vreme (7 časova i 2 minuta), ali imaju nešto bolju iskorišćenost radnog vremena – 51,36% vožnji sa putnicima i 5,53% vožnji bez putnika. Kada se analiziraju vremena polazaka i uporede sa podacima da su vožnje u oba smera vožnje sa putnicima, može se zaključiti da vozači najčešće imaju uslovno rečeno fiksan red vožnje. Takođe, više od polovine vožnji realizuju na telefonski poziv – direktni kontakt sa stalnim putnicima.

Prosečno vreme opsluge analizirano za taksi vozila udruženja iznosi oko 8 minuta, a za vozače koji rade na relacijama grad Kikinda – prigradska naselja je oko 33 minuta. Srednja dužina vožnje za taksi udruženja iznosi 2,53 km, sa standardnim odstupanjem od 1,23 km. Koeficijent varijacije iznosi 0,486 što ukazuje na neznatna odstupanja od srednje vrednosti. Prosečna dužina vožnje koje ostvaruju samostalni taksi vozači na relacijama grad Kikinda – prigradska naselja iznosi 27,15 km, što je 10 puta veća vrednost od srednje dužine vožnje koje ostvare taksi vozači u udruženjima. Standardno odstupanje iznosi 21,40 km. Koeficijent varijacije je 0,788 što ukazuje na značajna odstupanja od srednje vrednosti.

Prema rezultatima istraživanja koji se odnose na taksi udruženja, prosečan broj realizovanih vožnji sa putnicima po vozilu je relativno visok i iznosi 16,50 vožnji, od čega je u periodu od 7 do 17 časova ostvareno 68% od ukupnog ostvarenog broja vožnji u toku dana. Od ukupnog broja vožnji najveći broj vožnji traje od 6 do 10 minuta (70,7% svih vožnji), s tim da su najzastupljenije vožnje u trajanju od 8 minuta (28,5% vožnji). Što se tiče tehnologije rada, 70,71% vožnji inicirano je radio vezom, dok su preostale vožnje realizovane direktnim ispostavljanjem zahteva za vožnjom od strane korisnika ili na taksi stajalištu ili direktno na ulici. Od svih realizovanih vožnji, ukupno 94,4% svih vožnji, ostvari se na kratkim relacijama od 1 do 4 kilometra, pri čemu je najveće učešće vožnji dužine 2 kilometra. Broj vožnji u toku dana na relacijama grad Kikinda – prigradska naselja karakterističan je po tome što se 92% vožnji realizuje do 16 časova, gde su izražena dva vršna perioda, od 7 do 9 časova i od 12 do 14 časova. Na relacijama grad Kikinda – prigradska naselja 90% vožnji traje od 14 do 46 minuta, a 88% vožnji se ostvaruje na kilometražama od 12 do 32 km.

Sistem u Kikindi raspolaže voznim parkom izražene heterogene strukture vozila u pogledu zastupljenih marki i tipova vozila (16 različitih marki i tipova vozila za 87 vozila u udruženjima i 7 marki i tipova za 12 vozila kod samostalnih vozača) i relativno nepovoljne starosne strukture u odnosu na slične sisteme: 13,63 za udruženja i 14,08 za vozače koji rade na relacijama grad Kikinda – prigradska naselja.

U taksi sistemu u Kikindi primjenjuje se jedinstven tarifni sistem, baziran na ostvarenom transportnom radu. Taksi usluga se naplaćuje po tri tarifna stava i to za: start vozila, vožnju po pređenom kilometru sa putnicima i po vremenu čekanja. Pored definisanih cena za start, vožnju po kilometru i vremenu čekanja, postoje i definisane posebne tarife za usluge na vangradskim relacijama – prigradska naselja, drugi susedni gradovi i opštine. Samostalni taksisti koji rade isključivo na relacijama grad Kikinda – prigradska naselja, prevoze putnike po istoj ceni kao autobuski podsistem na tim relacijama, ali se izmena putnika ne vrši na stajalištima, već se primenjuje tehnologija "od vrata do vrata".

U tri taksi udruženja postoje interni sistemi za monitoring i kontrolu rada vozila i vozača i sistem za rezervaciju vožnji i evidentiranje realizovanih i nerealizovanih vožnji, ali je otežano praćenje rezultata rada na nivou celine sistema (mali broj pokazatelja u postojećim bazama podataka), tako da praktično ne postoji evidentiranje rezultata rada na nivou sistema.

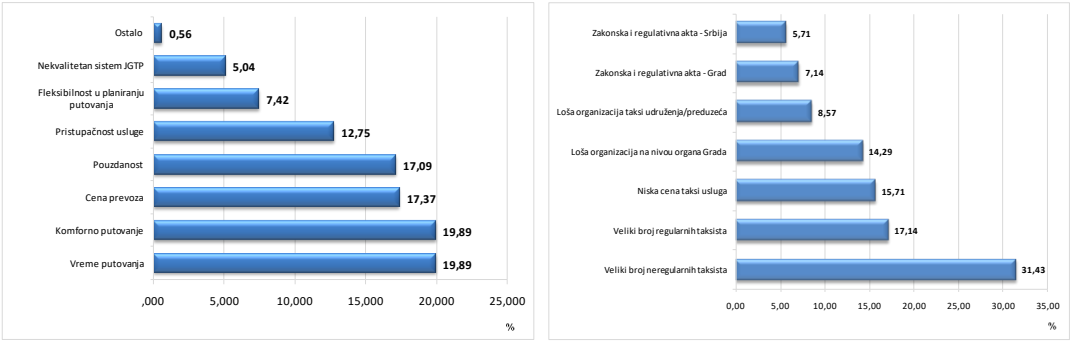
3.3 Istraživanje i analiza zahtevanog kvaliteta usluge

Imajući u vidu da je predmet rada istraživanje zahtevanog kvaliteta usluge u taksi sistemu u gradu Kikindi, u radu su selektovana svojstva i podsvojstva kvaliteta usluge koja, imajući u vidu ciljeve celine sistema i pogodnost za praktičnu primenu, generalno odražavaju kvalitet optimizacije ključnih procesa, podprocesa i aktivnosti funkcionisanja taksi sistema.

Korisnici sistema, koji su učestvovali u sprovedenom istraživanju, su se izjašnjavali o ponuđenim svojstvima kvaliteta transportne usluge, odnosno izjašnjavali su se o tome šta je njima najznačajnije u taksi sistemu u Kikindi. Rezultati su prikazani na slici 1. a).

Korisnici su od 8 ponuđenih odgovora imali mogućnost da izaberu tri podsvojstva kvaliteta usluge koja su po njihovom mišljenju najznačajnija. Istraživanje je pokazalo, da za korisnike taksi sistema u Kikindi najveći značaj imaju vreme putovanja i komfor prilikom putovanja. Za ova podsvojsta kvaliteta kao najvažnija, se izjasnilo ukupno 39,78% putnika, odnosno jednak broj anketiranih korisnika (19,89%) se izjasnio i za vreme putovanja i za komforno putovanje kao najvažnije podsvojstvo. Navedeni rezultati ukazuju da korisnici sistema zahtevaju efikasan, dinamičan i komforan sistem. Na trećem mestu po značaju je cena prevoza sa 17,37% odgovora. Približnu zastupljenost ima i parametar pouzdanost usluge sa 17,09% učešća. Veoma je interesantno da se pristupačnost usluge kao jedan od ključnih elemenata kvaliteta nalazi na petom mestu sa 12,75% učešća. Ovo podsvojstvo kvaliteta podrazumeva da će zahtevana usluga biti dobijena u prihvatljivom vremenu čekanja, što pokazuje da je postojeći sistem u Kikindi u pogledu dostupnosti usluge veoma cenjen od strane korisnika. Veoma je interesantan stav korisnika vezan za mogućnost direktnog učestvovanja u optimizaciji putovanja, izražen kroz parametar "Fleksibilnost u planiranju putovanja". Ovo podsvojstvo kvaliteta se nalazi praktično na

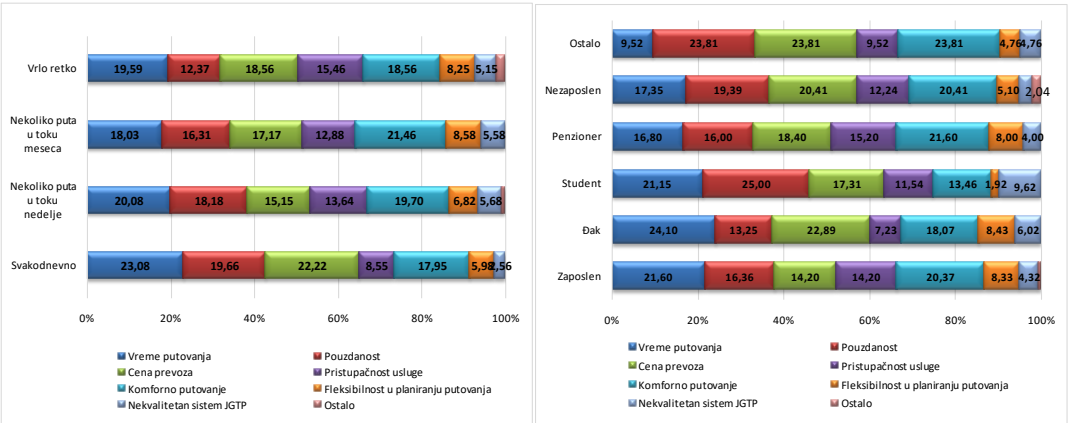
poslednjem mestu sa apsolutnim rangom zastupljenosti od 7,42%, od ukupnog broja ispitanika. Očigledno je da korisnici taksi transporta nemaju izraženu percepciju vezano za koristi prilikom direktnog planiranja svog putovanja. Nekvalitetan sistem javnog masovnog transporta putnika (postojeći autobuski podsistem) ima najmanji značaj za korisnike taksi sistema, za šta se izjasnilo 5,04% anketiranih korisnika.



Slika 1. a) Rangiranje značajnosti pojedinih svojstava zahtevanog kvaliteta usluge b) Osnovni problemi u funkcionisanju sistema taksi transporta putnika – stavovi operatora

Detaljnijom analizovom stavova pojedinih kategorija korisnika (prema zanimanju i učestanosti korišćenja) o značajnosti pojedinih podsvojstava kvaliteta transportne usluge, uočavaju se specifični stavovi svake od kategorija posebno.

Na slici 2. prikazani su stavovi anketiranih korisnika taksi sistema o važnosti određenih podsvojstava kvaliteta, prikazani po kategorijama korisnika prema zanimanju i učestanosti korišćenja sistema. Vreme putovanja i komforno putovanje kao podsvojstva kvaliteta, prema ukupnom broju odgovora, nalaze se na prvom mestu za kategorije korisnika "đaci" i "zaposleni". Korisnici iz kategorije "nezaposleni", pored komfornog putovanja, u identičnom broju su se izjasnili i o ceni putovanja kao najbitnijem svojstvu kvaliteta, njih 20,41%. Anketiranim studentima su najvažnija dva podsvojstva kvaliteta usluge: pouzdanost i vreme putovanja sa učešćem od 25,00% i 21,15% respektivno. Na trećem mestu se nalazi cena putovanja za koju se izjasnilo 17,31% anketiranih studenata. Najmanje učešće kod gotovo svih kategorija ima podsvojstvo nekvalitetan sistem javnog masovnog transporta putnika i kreće se u rasponu od 3,06% (nezaposleni) do 6,02% (đaci). Za kategoriju korisnika koja ovaj vid transporta koristi svakodnevno, najveću zastupljenost ima podsvojstvo kvaliteta - vreme putovanja sa 23,08% učešća, zatim 22,22% cena usluge, dok je pouzdanost na trećem mestu sa učešćem od 19,66%. Kod korisnika koji usluge taksi sistema koriste nekoliko puta u toku nedelje najveću zastupljenost, kao i kod svakodnevnih korisnika, ima podsvojstvo vreme putovanja sa 20,08%, dok nešto manju zastupljenost imaju podsvojstva komforno putovanje i pouzdanosti sa učešćem od 19,70% i 18,18%, respektivno.



Slika 2. Zahtevani kvalitet usluge po strukturi korisnika prema zanimanju i učestanosti korišćenja

Za dublju analizu stanja sistema, kao i za smernice daljeg razvoja taksi sistema u Kikindi, pored prethodno analiziranih stavova korisnika sistema, važno je poznavati i uvažavati i iskustva i stavove neposrednih izvršilaca ove delatnosti-operatora (Slika 1 b)). U okviru sprovedenog istraživanja stavova taksi vozača dobijeni rezultati pokazuju da svaki treći vozač (31,4%) smatra da je trenutno najveći problem u taksi sistemu u Kikindi veliki broj neregularnih taksista i veliki broj regularnih taksista na tržistu transpornih usluga (17,1%). Ako se na ove stavove nadovežu i stavovi operatora po pitanju organizacije sistema na nivou grada (14,3%) dobija se apsolutna potvrda svesnosti operatora za hitno sistemsko uređenja sektora u domenu elemenata funkcionisanja, orgnizacije i upravljanja sistemom. Za samostalne taksi vozače je takođe najveći problem veliko učešće

neregularnih taksista u gradu (30,8%), ali je za razliku od vozača udruženja, samostalnim taksistima od većeg značaja zakonska regulativa na nivou grada (23,1%). Interesantno je i to, da se u istovetnom procentu samostalni taksisti izjašnjavaju za preostala 4 ponuđena odgovora: nisku cenu usluge, visoku cenu usluge, kao i za lošu organizaciju na nivou grada i za zakonsku reguativu na nivou države (7,7%).

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Ciljnu funkciju taksi sistema putnika definišu veličina i karakteristike tržišta transportnih usluga i zahtevi ključnih aktera u sistemu, a sa druge strane, karakteristike strukture, tehnologije funkcionisanja, organizacije i upravljanja celinom sistema.

Efikasna organizacija i upravljanje taksi sistemom u konkretnim uslovima se ne može izvršiti bez reprezentativnog ocenjivanja sistema sa aspekta postavljenih ciljeva celine sistema, a te ciljeve direktno reprezentuju pokazatelji kvaliteta sistema i usluge.

Analizom funkcionisanja taksi sistema u gradu Kikindi i istraživanjem kvaliteta sistema i usluge u realnim uslovima eksplatacije, dolazi se do zaključka da taksi sistem u ovom preseku vremena ispoljava odgovarajuće slabosti. Postojeći tarifni sistem na urbanom delu teritorije grada Kikinda odgovara uslovima na tržištu taksi usluga, uz napomenu da bi Organ lokalne uprave trebalo da definiše minimalnu cenu po kojoj se obavlja delatnost, kao i proceduru za usklađivanje tarifnog sistema sa promenama koje utiču na troškove funkcionisanja sistema. Istraživanja su pokazala da je neophodno razmotriti uvođenje posebne tarife na vangradskim relacijama, jer učešće ovih vožnji ukupnom broju nije zanemarljivo. Taksi vozači koji nisu u udruženjima već rade samostalno, uglavnom rade na relacijama Kikinda - okolna prigradska naselja, kao neka vrsta linijskog taksija (rade na fiksnim trasama sa fleksibilnim redovima vožnje) ili po tehnologiji međumesnog transporta putnika na relacijama Kikinda druge susedne opštine. Ovakav hibridni model nastao je kao posledica dugogodišnje nesistemske politike u sferi organizacije i upravljanja celinom sistema javnog gradskog transporta putnika. Ovaj model predstavlja mešavinu modela neregulisanog monopola na delovima mreže sa potpunom deregulacijom i dezintegracijom u svim elementima strukture i funkcionisanja. Na ovaj način taksi sistem predstavlja alternativu i/ili konkurenciju autobuskom podsistemu javnog transporta putnika, naročito prigradskom i međumesnom podsistemu transporta putnika, što narušava napore za uspostavljanjem željene vidovne raspodele između postojećih podsistema javnog transporta putnika, i narušava principe raspodele i distribucije putovanja na one podsisteme koji treba da donosu ravnotežni optimum u realizaciji mobilnosti građana. Posledica takvog stanja je neadekvatna raspodela i iskorišćenje angažovanih kapaciteta, što prouzrokuje da celina sistema javnog transporta putnika egzistira bez elementa fokusiranih na kvalitet sistema i usluge, proizvodnu i ekonomsku efikasnost, što se u povratnoj vezi odražava na održivost svakog od postojećih podsistema, ali i sistema u celini.

Iz sprovedenih istraživanja zahtevanog kvaliteta usluge u taksi sistemu u Kikindi može se zaključiti koja su najvažnija podsvojstva kvaliteta za korisnike sistema trenutno: vreme putovanja i komforno putovanje i koji su manje prepoznati elementi kvaliteta koje treba prioritetno unapređivati u budućem periodu: pristupačnost usluge i fleksibilnost planiranja putovanja.

Za reinženjering i kontinualno unapređenje taksi sistema, neophodno je sprovoditi istraživanje svih oblika kvaliteta, a posebno zahtevanog i ocenjenog nivoa kvalitata sistema i usluge. Na taj način bi se ostvarilo zadovoljenje stvarnih potreba korisnika i usaglašavanje sa realnim mogućnostima sistema, što bi dalje uticalo na unapređenje strukture i funkcionisanja sistema, povećanje efikasnosti sistema i konstantno prilagođavanje sistema realnom tržištu transportnih usluga. Na ovaj način je moguće očekivati da taksi sistem u budućem vremenu bude po meri korisnika grada Kikinde.

5. LITERATURA

Aarhaug, J., (2016.), Sustainable Urban Transport Technical Document #16 - Taxis as a Part of Public Transport, Federal Ministry for Economic Cooperation and Development,

Alonso, B., Barreda, R., dOlio, L., Ibeas A., (2018.), Modelling user perception of taxi service quality, Transport Policy 63 157–164

International Association of Public Transport (UITP) Brussels, (2015.), SEMINAR REPORT - Technology, trends and role of taxis in urban mobility in conjuction with UITP taxi platform meeting,

Nicholls, D., (2011.), Competition and Regulation – Current Trends in the Taxi Industry, Australian Taxi Industry Association,

Noble, A.W., (2013.), The effectiveness of local government regulation of the taxi trade, PhD Thesis, University of Birmingham,

Salanova Grau, J.M., (2013.), Modeling of taxi cab fleets in urban environment, PhD Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC),

Seymour, D., (2015.), Regulation and design of taxicab markets, PhD Thesis, Boston University,

Tica, S., (2011), Prilog razvoju metoda za strateško upravljanje sistemom javnog gradskog transporta putnika, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet Beograd,

Tica, S., Živanović, P., Bajčetić, S., Đorojević, A., (2013.), Combined mobility: The Basic Elements of Balanced Development of Urban Transport Systems – International Conference – Sustainable Urban & Transport Planning, Belgrade, Session A1, pp. 192-205.,

Tica, S., (2016.), Sistemi transporta putnika – Elementi tehnologije, organizacije i upravljanja, Saobraćajni fakultet, Beograd,

Tica, S., Nađ, A. i dr. (2017.), Studija auto-taksi transporta putnika na teritoriji grada Kikinde, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Naručilac: Grad Kikinda, Srbija.

UITP - International Association of Public Transport, (2011), Combined Mobility: Public transport in synergy with oder modes, Brussels, Belgium,

Wong, K., (2002.), A network equilibrium approach for modeling urban taxi service, PhD Thesis, University of Hong Kong

Wong, R.C.P., Szeto, W.Y. (2018.) An alternative methodology for evaluating the service quality of urban taxis, Transport Policy 69, 132-140

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

LEGAL FRAMEWORK IN BOSNIA AND HERZEGOVINA IN THE FUNCTION OF SUCSESFULL REALIZATION OF INLAND AND INTERNATIONAL OVERSIZED TRANSPORT OF GOODS

PRAVNI OKVIR U BOSNI I HERCEGOVINI U FUNKCIJI USPJEŠNE REALIZACIJE UNUTRAŠNJEG I MEĐUNARODNOG VANGABARITNOG PRIJEVOZA TERETA

Osman Lindov[a], Samir Džaferović[b]

[a] *Univesity of Sarajevo, Faculty of Transport and Communications, Zmaja od Bosne 8, Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina, olindov@gmail.com*

[b] *Ministry of Communications and Transport, Square of Bosnia and Herzegovina 1, Sarajevo71000, Bosnia and Herzegovina, samir.dzaferovic@mkt.gov.ba*

Abstract: *Oversized transport on a public road represents transport by a vehicle that empty or together with the load has a mass or axle load or dimensions that exceed allowed limits. Having in mind complexity of performance of oversized transport on a public road, as well as its impact on other traffic participants, it is of great important to create conditions for successful performance of this type of transport task. For a successful performance of oversized transport, it is necessary that all authorized and responsible subjects take synchronized necessary activities regarding preparation, realization and control of performance of the transport task. Having in mind above stated, it is necessary to secure fulfillment of defined conditions in accordance with the legal framework that defines performance of oversized transport as well as supervision during the performance of this type of transport task. Besides the activities regarding the performance of inland oversized transport, special peculiarity represents planning, execution and supervision of international oversized transport. In this study you can find review of legal framework in Bosnia and Herzegovina and neighboring states that regulates preparation, execution and supervision of oversized transport and a review of specific activities during the preparation and realization of this type of transport task. Also, this study provides proposal of harmonization of national legislation with the legal framework of EU that should contribute to successful realization of international oversized transport of goods.*

Key words: *transport, oversized, harmonization*

Sažetak: *Vangabaritni cestovni prijevoz na javnoj cesti predstavlja prijevoz vozilom koje prazno ili skupa sa teretom ima masu ili osovinski pritisak veći od dopuštenog ili dimenzije veće od propisanih. Obzirom na složenost pri izvršenju vangabaritnog prijevoza na javnoj cesti, kao i njegov uticaj na ostale učesnike u saobraćaju, stvaranje uslova za uspješno izvršenje ove vrste prijevoznog zadataka od velike je važnosti. Za uspješno izvršenje vangabaritnog prijevoza, potrebno je da svi subjekti koji su zaduženi i nadležni, poduzimaju sihronizovano neophodne aktivnosti, u pripremi, realizaciji i kontroli izvršenja ove vrste prijevoznog zadatka. U smislu navedenog, potrebno je shodno pravnom okviru koji uređuje izvršenje vangabaritnog prijevoza, osigurati ispunjavanje definisanih uslova, kao i samu kontrolu prilikom izvršenja ove vrste prijevoznog zadatka. Pored poduzimanja aktivnosti na izvršenju unutrašnjeg vangabaritnog prijevoza, posebnu specifičnost predstavlja planiranje, izvršenje i kontrola međunarodnog vangabaritnog cestovnog prijevoza tereta. U ovom radu dat je pregled pravnog okvira u Bosni i Hercegovini i razvijenih zemalja, kojim je uređena priprema, izvršenje i kontrola vangabaritnog prijevoz tereta, kao i pregled specifičnih aktivnosti prilikom pripreme i realizacije ove vrste prijevoznog zadatka. Također, u radu je dat prijedlog usklađivanja domaćeg zakonodavstva sa pravnim okvirom EU, koji treba da doprinese uspješnoj realizaciji međunarodnog vangabaritnog cestovnog prijevoza tereta.*

Ključne riječi: *transport, vangabaritni, harmonizacija*

1. UVOD

Cestovni prijevoz vangabaritnog tereta je izrazito složen proces, sa nizom tehničko-tehnoloških i pravnih ograničenja i drugih specifičnosti pri samoj pripremi, realizaciji i kontroli izvršenja, što doprinosi skupljoj prijevoznoj usluzi u odnosu na prijevoz standardnog tereta. Poznavanje pravnog okvira kojim je uređeno obavljanje cestovnog prijevoza vangabaritnog tereta (dalje u tekstu: vangabaritni prijevoz), predstavlja preduslov za uspješnu pripremu i samu realizaciju postavljenog prijevoznog zadatka.

Vangabaritnim teretom smatra se teret koji svojim dimenzijama ili masom prelazi izvan propisanih standarda. Pored ostalih odobrenja, za realizaciju vangabaritnog prijevoza potrebno je posebno odobrenje nadležne institucije, odnosno upravitelja ceste, kao i obavezno poduzimanje posebnih mjera sigurnosti.

Dokumentacija i planiranje vangabaritnog prijevoza je puno složenija i zahtjevnija od prijevoza standardnog tereta. Vangabaritni prijevoz treba detaljno isplanirati prije same realizacije. Tačno se mora ustanoviti koliko će vremenski trajati, u pravilu se vozi pri smanjenom intenzitetu saobraćaja, najčešće samo po noći, osim u nekim posebnim situacijama i okolnostima kada to saobraćaj dopušta, da ne ometa i usporava ili prekida saobraćaj tokom dana. Itinerer kojom se vozi također mora biti unaprijed određen, kako bi vangabaritni teret mogao proći kroz sve prepreke na itinereru, kao što su na primjer tuneli, mostovi, podvožnjaci, vijadukti i ostale barijere.

Prijevoz se obavlja u pratnji barem jednog vozila koje ima rotirajuće žuto svijetlo. U određenim slučajevima potrebna je policijska pratnja jednog ili više policijskih vozila ako su dimenzije i masa tereta takvi da se treba obustaviti saobraćaj na nekom dijelu itinerera ili na cijelom itinereru.

Vozila namijenjena prijevozu vangabritnih tereta moraju biti posebnih konstrukcijskih karakteristika, kako bi se na njima mogli voziti tereti poput transformatora, vjetroelektrana, skupih i luksuznih jahti i brodova, teških građevinski mašina i ostalih. Priključna vozila izvedena su sa četiri ili više osovina, niska su, šira i duža od standardnih, ekstremno su velikih nosivosti u odnosu na standardna priključna vozila. Moraju biti konstruisana tako da mogu savladavati prepreke u saobraćaju, te sigurno prevesti vangabaritni teret. Tegljači koji se koriste za vangabaritne prijevoze su također jači i imaju više osovina od onih koji se koriste kod prijevoza standardnog tereta.

Imajući u vidu sve navedene specifičnosti vangabaritnog prijevoza, poznavanje pravnog okvira kojim je uređena predmetna oblast, od posebne je važnosti prilikom pripreme kao i same realizacije i kontrole ove vrste prijevoznog zadatka, a prije svega u međunarodnom vangabaritnom prijevozu.

Kao poseban dio u pripremi, a kasnije i samoj realizaciji vangabaritnog prijevoza, predstavlja pribavljanje potrebnih odobrenja, odnosno dozvola, od nadležnih organa, neophodnih za realizaciju prijevoznog zadatka. U smislu navedenog, ogledaju se najčešće razlike u pripremi, organizaciji i realizaciji međunarodnog i unutrašnjeg vangabaritnog prijevoza, o čemu će biti detaljnije u nastavku ovog rada.

2. PRAVNI OKVIR KOJIM JE UREĐEN VANGABARITNI PRIJEVOZ TERETA U BOSNI I HERCEGOVINI

Bosna i Hercegovina kao zemlja u tranziciji nema jedinstven pravni okvir kojim je uređena oblast vangabaritnog prijevoza. U tom smislu u nastavku rada dat je pregled pravnog okvira kojim je prethodno navedena oblast djelimično uređena, kako u međunarodnom tako i u unutrašnjem prijevozu.

Kada je riječ o samom sistemu dozvola za obavljanje međunarodnog i unutrašnjeg vangabaritnog prijevoza, važno je naglasiti dvije vrste dozvola koje su neophodne za realizaciju navedene vrste prijevoznog zadatka, kako slijedi:

- Dozvola za obavljanje međunarodnog cestovnog prijevoza na teritoriji BiH za stranog prijevoznika i
- Dozvola nadležnog upravitelja cesta za domaćeg i stranog prijevoznika

2.1 Zakon o međunarodnom i međuentitetskom cestovnom prijevozu

Parlamentarna skupština Bosne i Hercegovine krajem 2001. godine usvojila je Zakon o međunarodnom i međuentitetskom cestovnom prijevozu („Službeni glasnik BiH“, br. 1/02 i 14/03).

Zakonom o međunarodnom i međuentitetskom cestovnom prijevozu uređuje se način i uslovi obavljanja prijevoza putnika i tereta vozilima u međunarodnom i međuentitetskom cestovnom prijevozu, poslovi

vangabaritnog prijevoza tereta, inspekcijskog nadzora, carinske kontrole i obaveze plaćanja naknade za korištenje cesta. Pored niza izraza upotrijebljenih i opisanih u navedenom zakonu, u kontekstu tematike ovog rada, posebno se ističu sljedeći izrazi:

- *"domaće vozilo"* je motorno ili priključno vozilo registrirano u Bosni i Hercegovini;
- *"domaći prijevoznik"* je pravna ili fizička osoba sa sjedištem odnosno prebivalištem na teritoriji Bosne i Hercegovine;
- *"dozvola"* je dokument izdat od strane nadležnog organa predviđenog ovim zakonom ili međunarodnim ugovorom, na osnovu koga se prijevozniku dozvoljava obavljanje međunarodnog prijevoza;
- *"licenca"* je odobrenje za obavljanje međunarodnog ili međuentitetskog cestovnog prijevoza putnika ili roba;
- *"međunarodni prijevoz"* je svaki cestovni prijevoz koji obuhvata prelaženje najmanje jedne državne granice;
- *"međunarodni ugovor"* je svaki međunarodni multilateralni ili bilateralni sporazum, protokol, odnosno razmjena nota, kojima se uređuje međunarodni prijevoz, a koji obavezuju Bosnu i Hercegovinu;
- *"prijevoznik"* u međunarodnom prijevozu je pravna ili fizička osoba registrovana za međunarodni prijevoz putnika i roba;
- *"tranzit"* je međunarodni prijevoz putnika ili roba preko teritorije Bosne i Hercegovine, bez ulaska ili izlaska putnika, ukrcavanja ili iskrcavanja roba;
- *"vangabaritni prijevoz"* je prijevoz kod kojeg vozilo sa ukrcanim teretom premašuje propisane limite u pogledu težine ili dimenzija ili osovinskog opterećenja vozila";
- *"vozač"* je osoba kvalificirana za upravljanje vozilom;
- *"vozilo"* je motorno ili priključno vozilo kojim se obavlja cestovni prijevoz.

Članom 5. navedenog zakona definisano je da domaći prijevoznik može obavljati međunarodni prijevoz ako posjeduje licencu za obavljanje te vrste prijevoza (Pejić i Džaferović, 2015.). Licencu za obavljane prijevoza izdaje Ministarstvo komunikacija i prometa Bosne i Hercegovine ako domaći prijevoznik, između ostalog, ispunjava i uslove evropskih propisa u pogledu:

- tehničke opremljenosti;
- stručne osposobljenosti;
- finansijske sposobnosti u koju ne ulaze vrijednosti osnovnih sredstava;
- nepostojanja pravomoćno izrečene zabrane obavljanja djelatnosti;
- drugih uslova utvrđenih zakonom i međunarodnim ugovorima.

S obzirom na odredbe navedenog zakona, domaći prijevoznik prije pokretanja bilo kakvog postupka pribavljanja gore navedenih dozvola, dužan je posjedovati licencu odnosno odobrenje za obavljanje međunarodnog ili međuentitetskog cestovnog prijevoza tereta. U praktičnom smislu, licenca prijevozniku predstavlja pasoš, a dozvola vizu za izvršenje prijevoznog zadatka (Pejić i Džaferović, 2015.).

Strani prijevoznik koji obavlja međunarodni prijevoz bilo koje vrste tereta na teritoriji Bosne i Hercegovine, dužan je posjedovati dozvolu za obavljanje međunarodnog prijevoza na teritoriji Bosne i Hercegovine, ukoliko nije drugačije uređeno međunarodnim ugovorom između Bosne i Hercegovine i druge ugovorne strane (zemlja registracije stranog prijevoznika). U praktičnom smislu, strani prijevoznik određene zemlje nije dužan posjedovati dozvolu za obavljanje prijevoza na teritoriji Bosne i Hercegovine ukoliko je to definisano međunarodnim ugovorom, dok u suprotnom mora posjedovati navedenu dozvolu. Dozvola za obavljanje međunarodnog prijevoza može biti izdata kao jednokratna dozvola ili kao CEMT (Conférence Européenne des Ministres des Transports / European Conference of Ministers of Transport) dozvola, u skladu sa odgovarajućim tehničkim i teritorijalnim ograničenjima dozvola. Ukoliko domaći prijevoznik obavlja unutrašnji vangabaritni prijevoz, nije dužan posjedovati prethodno navedenu dozvolu, budući da je unutrašnji prijevoz tereta oslobođen ove vrste dozvole.

Bez obzira na specifičnosti prethodno navedene vrste dozvole, domaći i strani prijevoznici dužni su pribaviti dozvolu nadležnog upravitelja cesta u slučaju kada se realizuje vangabaritni prijevoz na području Bosne i Hercegovine.

Strani prijevoznik čije vozilo ne ispunjava propisane uslove u pogledu ukupne mase, dozvoljenih dimenzija vozila ili vozila zajedno sa teretom na njemu, odnosno dozvoljenog osovinskog opterećenja, može obavljati prijevoz cestama Bosne i Hercegovine, ako je izdata dozvola za vangabaritni prijevoz.

Uz dozvolu za vangabaritni prijevoz, prijevoznik mora imati i dozvolu za prijevoz tereta, ako međunarodnim ugovorom nije drukčije uređeno.

2.2 Zakon o osnovama sigurnosti saobraćaja na cestama u BiH

Zakonom osnovama sigurnosti saobraćaja na cestama u Bosni i Hercegovini ("Službeni glasnik BiH", br. 06/06, 75/06, 44/07, 84/09, 48/10, 18/13, 8/17, 89/17 i 9/18) utvrđuju se osnovni principi međusobnih odnosa i ponašanja učesnika u saobraćaju i drugih subjekata u saobraćaju, osnovni uslovi koje moraju zadovoljiti ceste u pogledu sigurnosti saobraćaja na cestama, vođenje Centralnog registra vozača i vozila, pravila saobraćaja na cestama, sistem saobraćajnih znakova i znakova koje daju ovlaštene osobe, dužnosti u slučaju saobraćajnih nezgoda, osposobljavanje kandidata za vozača, uslovi za sticanje prava na upravljanje motornim vozilima, polaganje vozačkih ispita, uslovi za uređaje i opremu vozila, dimenzije, ukupna masa i osovinsko opterećenje vozila, osnovni uslovi koje moraju zadovoljavati vozila u saobraćaju, rad stručnih organizacija u Bosni i Hercegovini, te druga pitanja iz oblasti sigurnosti saobraćaja na cestama koja su jedinstvena za cijeli teritorij Bosne i Hercegovine.

Podzakonski akti proizašli iz prethodno navedenog zakona, koji bliže uređuju uslove koji treba da doprinesu povećanju sigurnosti svih učesnika u saobraćaju, a posebno kada je riječ o vangabaritnom prijevozu, kao i drugi akti kojima je predmetna oblast djelimično uređenja su:

- Pravilnik o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlaštena osoba („Službeni glasnik BiH", broj 16/07);
- Pravilnik o dimenzijama, ukupnoj masi i osovinskom opterećenju vozila, o uređajima i opremi koju moraju imati vozila i o osnovnim uslovima koje moraju ispunjavati uređaji i oprema u saobraćaju na cestama („Službeni glasnik BiH", br. 23/07, 54/07, 101/12 i 26/19);
- Pravilnik o osnovnim uslovima koje javne ceste, njihovi elementi i objekti na njima moraju ispunjavati sa aspekta sigurnosti saobraćaja („Službeni glasnik BiH", broj 13/07);
- Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na cestama, Sarajevo/Banja Luka iz 2005.;
- Standardi za provođenje Pravilnika o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlaštena osoba („Službeni glasnik BiH", broj 16/07).

Iz navedene zakonske i podzakonske regulative, može se konstatovati da istom nisu obuhvaćeni u cijelosti neophodni uslovi za sigurno izvođenje vangabaritnog prijevoza, već je predmetna problematika djelimično obuhvaćena osnovnim principima, koji se ogledaju prije svega u:

- Općim odrebama;
- Radnjom vozila u saobraćaju;
- Kretanjem vozila po cesti;
- Brzini vozila;
- Skretanjem vozila;
- Prvenstvom prolaza;
- Mimoilaženju vozila;
- Preticanju i obilaženju vozila;
- Zvučnim i svjetlosnim znacima upozorenja;
- Zaustavljanjem i parkiranjem vozila;
- Upotrebom svjetala u saobraćaju;
- Saobraćaju na autocesti, cesti rezervisanoj za saobraćaj motornih vozila i brzoj cesti;
- Vozilima pod pratnjom;
- Vozilima s pravom prvenstva prolaza;
- Teretu na vozilu.

Imajući u vidu sve prethodno navedeno, može se konstatovati da u Bosni i Hercegovini u međunarodnom vangabaritnom prijevozu postoji uređen sistem izdavanja dozvola u skladu sa međunarodnim ugovorima (Lindov i Džaferović, 2017.), dok nema jedinstvene zakonske i podzakonske regulative u Bosni i Hercegovini koja u cijelosti uređuje oblast vangabaritnog prijevoza za izdavanje dozvola od nadležnih upravitelja cesta, te se koristiti regulativa donesena na nižim nivoima vlasti u Bosni i Hercegovini.

U praktičnom smislu, kada domaći prijevoznik obavlja međuentitetski vangabaritni prijevoz ili strani prijevoznik obavlja međunarodni prijevoz preko teritorije Bosne i Hercegovine, dužan je pojedinačno za svaki prijevozni zadatak, a pod određenim uslovima, pribaviti odobrenja za izvršenje prijevoznog zadatka od više nadležnih upravitelja cesta, u zavisnosti od itinerera kretanja, što u mnogome usložnjava, usporava i poskupljuje realizaciju predmetne usluge.

Ovako složen sistem izdavanja dozvola za vangabaritni prijevoz, u mnogome doprinosi da prijevoznici zbog vremena potrebnog za dobijanje dozvole, kao i potrebne administrativne takse, odlučuju na izvršenje vagabaritnog prijevoza bez dozvole. Navedeno direktno utiče na sigurnost svih učesnika u saobraćaju, oštećenje infrastrukture kao i direktnu finansijsku štetu za upravitelja ceste.

Kako bi se eliminisale prethodno navedene negativne posljedice, te sistem vangabaritnog prijevoza proveo na zadovoljavajući nivo, u narednom periodu potrebno je da upravitelji cesta pokrenu aktivnosti prema nadležnim organima za kreiranje usklađenog i jedinstvenog pravnog i tehničkog okvira, kojim će biti uređena oblast izdavanja dozvola za obavljanje vangabaritnog prijevoza u Bosni i Hercegovini, a koji bi trebali da budu u skladu sa pozitivnim iskustvima razvijenih zemalja.

3. PRAVNI OKVIR ZA VANGABARITNI PRIJEVOZ

Bosna i Hercegovina kao potpisnica niza međunarodnih sporazuma i ugovora, dužna je cjelokupni pravni okvir usklađivati sa pravnim okvirom Evropske unije, uključujući i saobraćajni sektor, što će doprinijeti bržoj integraciji saobraćajnog sistema Bosne i Hercegovine u saobraćajni sistem Evropske unije, a prema najvišim standardima.

U tom smislu, nadležni organi iz područja tematike ovog rada, dužni su da odgovarajućim pravnim aktima, a najbolje zakonom, propišu za teritoriju Bosne i Hercegovine jedinstvene i usklađene uslove i način obavljanja vangabaritnog prijevoza, uslove i postupak izdavanja dozvola za navedenu vrstu prijevoza u unutrašnjem i međunarodnom cestovnom prijevozu, kontrolu izvršenja prijevoznog zadatka, kao i mjerila za izračun administrativne takse za izvršenje vangabaritnog prijevoza tereta ugovorima (Lindov i Džaferović, 2017.).

S obzirom na današnji stepen kao i trend razvoja informacijskog društva, potrebno je da nadležni organ (upravitelj cesta) za izdavanje dozvola uspostavi informacijski sistem za potrebe predavanja i dopune zahtjeva, prijave prijevoza, pregleda itinerera i vremena kretanja, vođenja evidencije izdatih dozvola, te da sve podatke učini elektronski dostupnim nadležnim inspekcijskim organima za potrebe kontrole. Prethodno navedeno će za rezultat imati višestruku koristi kako za prijevoznika tako i za cjelokupan sistem.

U smislu navedenog potrebno je posebno detaljno propisati sljedeća poglavlja:

- Osnovne uslove za obavljanje vangabaritnog prijevoza;
- Kategorije vangabaritnog prijevoza;
- Ceste i vrijeme u kojima je moguće obavljati vangabaritni prijevoz;
- Uslove i postupak izdavanja dozvole od nadležnog upravitelja cesta;
- Označavanje vozila vangabaritnog prijevoza;
- Jednostavnu i složenu pratnju pri izvršenju vangabaritnog prijevoza;
- Vanredne situacije;
- Plaćanje i raspodjela administrativnih taksi;
- Inspekcijski nadzor.

U skladu sa temom ovog rada, u nastavku je dat prijedlog mogućeg uređenja vrste dozvole za obavljanje vangabaritnog prijevoza. Prema iskustvima razvijenih zemalja, za obavljanje vangabaritnog prijevoza predviđeno je izdavanje dvije vrste dozvola, kako slijedi:

- jednokratna dozvola,
- godišnja dozvola.

Jednokratna dozvola izdaje se za odgovarajuću kategoriju i za svaki pojedinačni vangabaritni prijevoz i vrijedi najviše 30 dana od dana izdavanja. Jednokratna dozvola ovisno o krakteristikama vozila i tereta, može se izdati i za prijevoz u konvoju pri čemu se ne preporučuje da konvoj sadrži više od tri vozila ili skupa vozila.

Godišnja dozvola izdaje se za odgovarajuće kategorije vangabaritnog prijevoza na prijevoznika, vrijedi 365 dana od dana izdavanja, te sadrži podatke o svim vozilima kojima se obavlja vangabaritni prijevoz.

Kod izdavanja dozvola obavezno se određuju uslovi pod kojima se ista može koristiti, te u slučaju korištenja suprotno definisanim uslovima prijevoznik snosi svu odgovornost.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U Bosni i Hercegovini u međunarodnom vangabaritnom prijevozu postoji uređen sistem izdavanja dozvola u skladu sa međunarodnim ugovorima, dok nema jedinstvene zakonske i podzakonske regulative u Bosni i Hercegovini koja u cijelosti uređuje oblast vangabaritnog prijevoza tereta za izdavanje dozvola od nadležnih upravitelja cesta, te se koristiti regulativa donesena na nižim nivoima vlasti u Bosni i Hercegovini.

U skladu sa međunarodnim obavezama Bosne i Hercegovine, potrebno je u narednom periodu pokrenuti i realizovati aktivnosti usklađivanja nacionalnog zakonodavstva svih nivoa vlast u pogledu vangabaritnog prijevoza, preuzimajući iz ovog područja dobra iskustva razvijenih zemalja. Ovdje se prije svega misli na uređivanje pravnog okvira koji se odnosi na izdavanje dozvola za vangabaritni prijevoz domaćim i stranim prijevoznicima kada prijevoz obavljaju na području Bosne i Hercegovine, visini administrativnih taksi, kao i inspekcijskoj kontroli.

Prethodno navedeno omogućiti će po najvišim standardima bržu integraciju saobraćajnog sistema Bosne i Hercegovine u saobraćajni sistem Evropske unije, te povećati efikasnost i sigurnost cjelokupnog saobraćajnog sistema.

5. LITERATURA

Lindov, O., Džaferović, S. (2013). Tehnologija cestovnog transporta (skripta predavanja), Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo.

Lindov, O., Džaferović, S. (2017). Optimizacija i upravljanje voznim parkovima (skripta predavanja i vježbi), Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo.

Lindov, O., Pejic, I., Džaferović, S. (2014). Construction of Motorways through Bosnia and Herzegovina, Possible Consequences on the Environment and Traffic Safety. Hrvatsko znanstveno društvo za promet, Zagreb.

Pejić, I., Džaferović, S. (2015). Legislation in the Access to the Market of International Transport Services in Bosnia and Herzegovina. Hrvatsko znanstveno društvo za promet, Zagreb.

Topenčarević, Lj. (1987). Organizacija i tehnologija cestovnog transporta, IRO "Građevinska knjiga", Beograd.

Zakon o međunarodnom i međuentitetskom cestovnom prijevozu („Službeni glasnik BiH", br. 1/02 i 14/03), Sarajevo.

Zakon o osnovama sigurnosti saobraćaja na cestama u Bosni i Hercegovini ("Službeni glasnik BiH", br. 06/06, 75/06, 44/07, 84/09, 48/10, 18/13, 8/17, 89/17 i 9/18), Sarajevo.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON REAL OPERATION VEHICLE ON THE HIGHWAY SECTION '9. JANUARY'

UTICAJ VREMENSKIH USLOVA NA REALNU EKSPOATACIONU BRZINU VOZILA NA DIONICI AUTOPUTA "9. JANUAR"

Milan Milinković[a]

[a] *Enterprise 'Autoputevi Republike Srpske', Vase Pelagića 10, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, m.milinkovic@yahoo.com*

Abstract: *The paper analyzes the effects of weather (in) conditions on the actual operating speeds of vehicles in progress and formulates mathematical models of linear, square and cubic shapes thar describe the 85th percentile of real operating speeds at the observed section of the highway. The survey was conducted on the section of the '9. January' near the Mahovljana loop. The influence of the following weather factors on the speed of vehicle movement is observed in the paper: influence of wind speed, rainfall intensity, thickness of water film on the pavement, pavement temperature and air temperature.*

The aim of the paper is to determine and present correlative relationships between individual weather factors and vehicle speed based on the analysis of the influence of different weather factors on the real vehicle operating speed.

Key words: *85th percentil speed vehicle; mathematical models; individual weather factors*

Apstrakt: *U okviru rada analizirani su uticaji vremenskih (ne)prilika na realne ekspoatacione brzine vozila u toku i formulisani su matematički modeli linearnog, kvadratnog i kubnog oblika koji opisuju 85. percentil realne ekspoatacione brzine na posmatranoj dionici autoputa. Istraživanje je rađeno na dionici autoputa "9. januar" u blizini Mahovljanske petlje. U radu su posmatrani uticaji sljedećih faktora vremenskih uslova na brzinu kretanja vozila: uticaj brzine vjetra, intenzitet padavina, debljina vodenog filma na kolovozu, temperatura kolovoza i temperatura vazduha.*

Cilj rada je na osnovu izvršene analize uticaja različitih faktora vremenskih uslova na realnu ekspoatacionu brzinu vozila utvrditi i predstaviti korelativne veze između pojedinih faktora vremenskih uslova i brzine kretanja vozila.

Ključne riječi: *85. percentil brzine vozila; matematički modeli; pojedinačni vremenski faktori*

1. UVOD

Brzine spadaju u red osnovnih parametara za opisivanje uslova u saobraćajnom toku, odnosno predstavljaju jedan od glavnih kriterijuma za ocjenu efikasnosti (nivoa usluge) neke postojeće ali i planirane saobraćajne dionice. Sa aspekta efikasnosti saobraćajnog procesa, brzina utiče na mobilnost, transport robe, potrošnju goriva, emisiju štetnih materija, buku i kvalitet života cjelokupnog društva. (Tubić, i dr. 2018)

Osnovni cilj svih korisnika u saobraćaju na autoputu jeste bezbjedno ostvarenje što je moguće većih brzina, jer se time smanjuje vrijeme putovanja. Kojom će se brzinom vozač kretati datim putem zavisi od mnogobrojnih uticaja kao što su geometrija, dužina i svrha putovanja, psihofizičko stanje vozača i *stanje okoline.*

Vozači prepoznaju realnu brzinu za uslove puta na osnovu njihovih znanja o sistemu i procjeni uticaja vremenskih (ne)prilika ali i drugih faktora koji dovode do promjene brzine kretanja vozila.

Ako se izvrši analiza uticajnih faktora na brzinu toka u funkciji vremenskih uslova literatura često daje kontradiktorne rezultate uticaja vremenskih uslova (za efekte kiše i snijega) na brzinu. Istraživanja u SAD-u su pokazala da nema uticaja vremena na brzinu, zato što na većini lokacija nije došlo do promjene brzine, a tamo gdje je i došlo do promjene, te promjene su bile zanemarljivo male. (Akcelik, R., 2003:18; Jensen T., 2014:12)

2. METODE

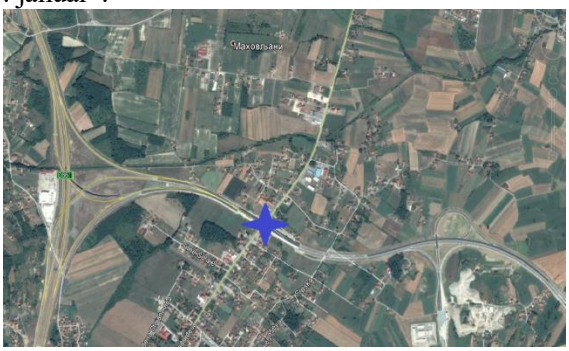
Vremenske (ne)prilike utiču na uslove u saobraćaju i na parametar kao što je brzina koja predstavlja temeljni osnov najvećeg broja kriterijuma po kojima se ocjenjuje efikasnost saobraćaja. Da bi se procijenio uticaj vremenskih uslova, potrebno je znati kako različiti vremenski uslovi utiču na brzinu kretanja vozila. Svrha analize je da se sazna kako pojedini faktori vremenskih uslova utiču na krivu brzine toka.

Očekuje se da vrijeme može negativno uticati na tri faktora uslova vožnje: (Jensen, 2014)

- Vidljivost (magla, padavine, tama, veče/dan, refleksija svjetlosti);
- Stanje na putevima (voda, snijeg, mraz, ledene oluje, prljavština, lišće);
- Stabilnost (naleti vjetra)

U ovom radu su analizirani uticaji sljedećih faktora na realnu ekspoatacionu brzinu kretanja vozila: uticaj brzine vjetra, intenzitet padavina, debljina vodenog filma na kolovozu, temperatura kolovoza i temperatura vazduha. Stoga se može postaviti hipotetička pretpostavka da je realna eksploataciona brzina zavisna od putnih i ambijentalnih uslova a posebno od vremenskih uslova (vremenskih (ne)prilika), odnosno od faktora koji su u ovom radu analizirani.

Zajednička karakteristika svih pojmova brzina je da je zapravo brzina stohastička veličina koja se može utvrditi samo u realnim uslovima saobraćaja. Stoga, na osnovu podataka sa automatskog brojača saobraćaja koji mjeri i brzine kretanja vozila izvršena je analiza realnih eksploatacionih brzina. U radu su obrađeni podaci samo sa jednog ABS i to u jednom smjeru kretanja vozila. Lokacija ABS se nalazi u blizini Mahovljanske petlje, odnosno na početku autoputa „9. januar“.



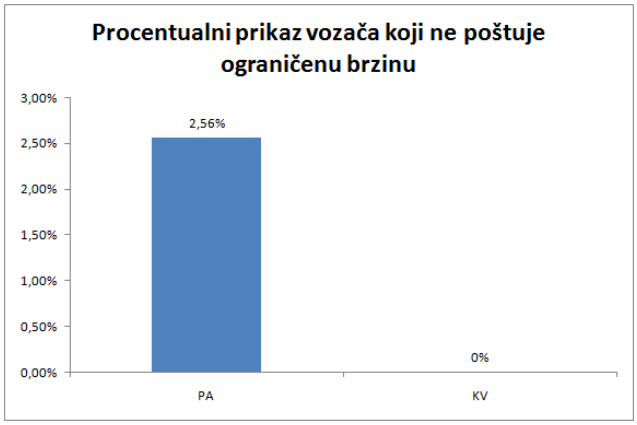
Slika 1. Lokacija ABS

3. REZULTATI

Kao što je već navedeno, analiza je obuhvatila podatke dobijene sa automatskog brojača saobraćaja i sa stanice za mjerenje vremenskih uslova koji se nalazi u blizini Mahovljanske petlje. Automatski brojač saobraćaja kontinualno tokom cijele godine bilježi sve mjerodavne podatke saobraćajnog toka, uključujući i brzine vozila. Međutim, u ovom radu su analizirana dva mjeseca (mart i april) 2019. godine. Na osnovu podataka sa ABS izvršen je proračun 85. percentila brzine vozila u zavisnosti od pojedinih faktora vremenskih uslova. Preciznost podataka vezanih za pojedine faktore vremenskih uslova je jedan minut, odnosno na svaki minut vremena je zabilježena promjena vrijednosti svih faktora pojedinačno.

3.1 Procenat vozača koji ne poštuju propisanu ograničenu brzinu

Na osnovu podataka sa ABS izvršen je proračun procenta vozača koji ne poštuju propisanu ograničenu brzinu od 130 km/h na autoputu. Pri proračunu izvršena je podjela vozila na putničke automobile (PA) i komercijalna vozila (KV), s obzirom da detaljnija podjela saobraćajnog toka nije bila dostupna u bazi podataka.



Slika 2. Procentualni prikaz vozača koji ne poštuju ograničenu brzinu kretanja vozila

Od ukupnog broja vozila koji su analizirani samo 2,56% putničkih automobila je prekoračilo ograničenu brzinu, dok kod komercijalnih vozila nije zabilježeno ni jedno vozilo koje se kretalo više od 130 km/h. Najveća zabilježena brzina kretanja komercijalnog vozila iznosi 112 km/h.

3.2 Pojedinačni uticaj faktora vremenskih uslova na brzinu kretanja vozila

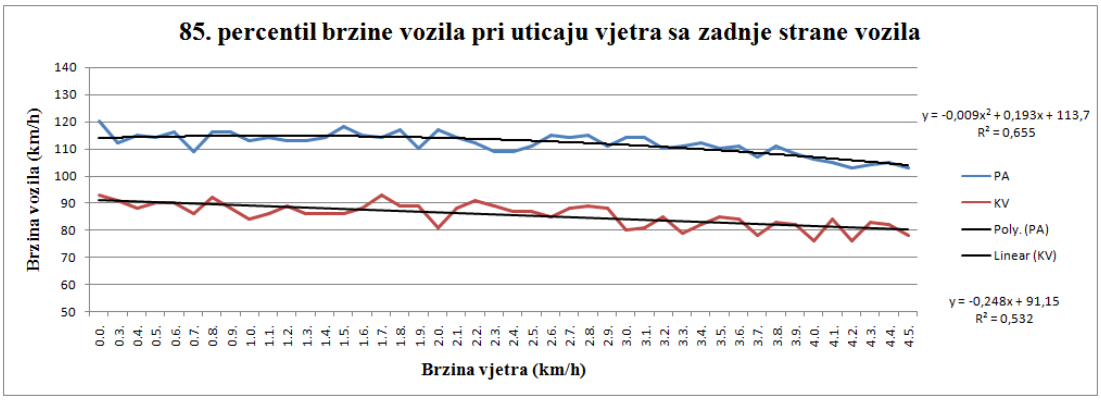
Na osnovu podataka sa ABS izvršen je proračun 85. percentila brzine vozila pri pojedinačnom uticaju faktora vremenskih uslova. Brzina vjetra je prvi analizirani faktor vremenskih uslova. Na osnovu smjera vjetra izraženog u stepenima i položaja vozila pri kretanju na autoputu izvršena je podjela vjetra na bočni vjetar (spojeni su bočni vjetrovi sa desne i lijeve strane), vjetar sa prednje i sa zadnje strane vozila.

Tabela 1. Podjela vjetrova prema položaju vozila u toku kretanja

Podjela vjetra	Stepen (°)
Vjetar sa zadnje stane vozila	15-104
Bočni vjetar sa desne strane vozila	105-194
Vjetar sa prednje strane vozila	195-284
Bočni vjetar sa lijeve strane vozila	285-14

Na slici 3 je prikazan 85. percentil brzine vozila pri uticaju vjetra sa zadnje strane vozila. Takođe, pri analizi izvršena je podjela vozila na putnička vozila označena plavom linijom i komercijalna vozila označena crvenom linijom.

Pri kretanju vozila bez uticaja vjetra sa zadnje strane vozila 85. percentil brzine vozila je iznosio 120 km/h za putnička vozila i 95 km/h za komercijalna vozila. Povećanjem brzine vjetra povećava se i uticaj na brzinu kretanja vozila i pri tom dolazi do smanjenja brzine kretanja vozila. Najviša zabilježena brzina vjetra u analiziranom periodu iznosi 4,5 km/h, što prema Beaufort-ovoj skali predstavlja veoma blag vjetar. Pri najvišoj zabilježenoj brzini vjetra 85. percentil brzine vozila za PA iznosi 103 km/h, dok kod KV iznosi 78 km/h. U odnosu na početne vrijednosti 85. percentila brzine vozila javlja se smanjenje brzine od 17 km/h za PA i 17 km/h za KV.



Slika 3. 85. percentil brzine vozila pri uticaju vjetra sa zadnje strane vozila

Analizom putničkih automobila (PA) fomulisan je matematički model kvadratnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila (km/h) i brzine vjetra (km/h). Koeficijent korelacije dobijen modelom kvadratnog oblika iznosi 0,655, što prema Chaddock-ovoj skali predstavlja značajnu korelativnu vezu.

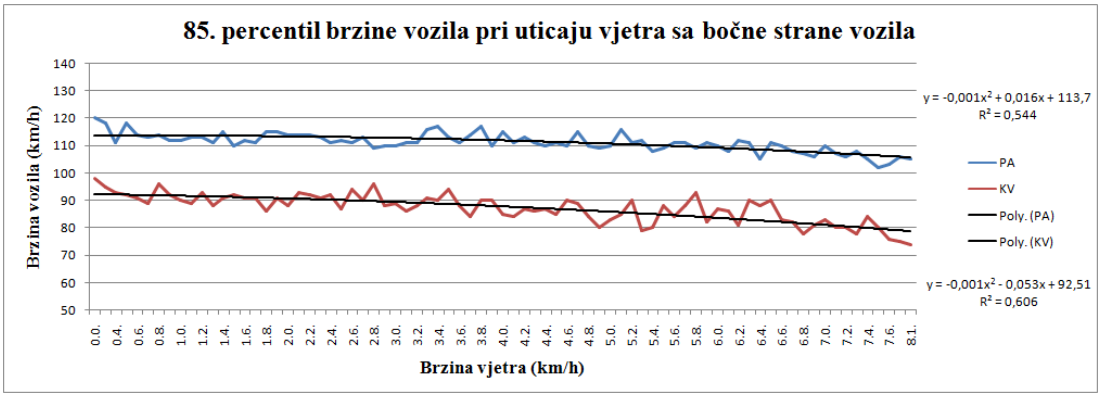
Takođe, pri analizi komercijalnih vozila formulisan je matematički model linearnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila i brzine vjetra. Koeficijent korelacije dobijen modelom linearnog oblika iznosi 0,532, što predstavlja značajnu korelativnu vezu.

Na slici 4 je prikazan 85. percentil brzine pri uticaju vjetra sa bočne strane vozila, pri čemu su u obzir uzete vrijednosti i sa lijeve i sa desne strane vozila. Takođe, pri analizi izvršena je podjela vozila na putnička vozila označena plavom linijom i komercijalna vozila označena crvenom linijom.

Pri kretanju vozila bez uticaja vjetra sa bočne strane vozila 85. percentil brzine je iznosio 120 km/h za putnička vozila i 98 km/h za komercijalna vozila. Povećanjem brzine vjetra povećava se i uticaj na brzinu kretanja vozila i pri tom dolazi do smanjenja brzine kretanja vozila. Najviša zabilježena brzina vjetra u analiziranom periodu iznosi 8,1 km/h što prema Beaufort-ovoj skali predstavlja povjetarac. Pri najvišoj zabilježenoj brzini vjetra, 85. percentil brzine vozila za PA iznosi 105 km/h, dok kod KV ona iznosi 74 km/h. U odnosu na početne vrijednosti 85.percentila brzine vozila javlja se smanjenje brzine od 15 km/h za PA i 24 km/h za KV.

Analizom putničkih automobila (PA) fomulisan je matematički model kvadratnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila (km/h) i brzine vjetra (km/h). Koeficijent korelacije dobijen modelom kvadratnog oblika iznosi 0,544, što prema Chaddock-ovoj skali predstavlja značajnu korelativnu vezu.

Takođe, pri analizi komercijalnih vozila formulisan je matematički model kvadratnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila i brzine vjetra. Koeficijent korelacije dobijen modelom kvadratnog oblika iznosi 0,606, što predstavlja značajnu korelativnu vezu.



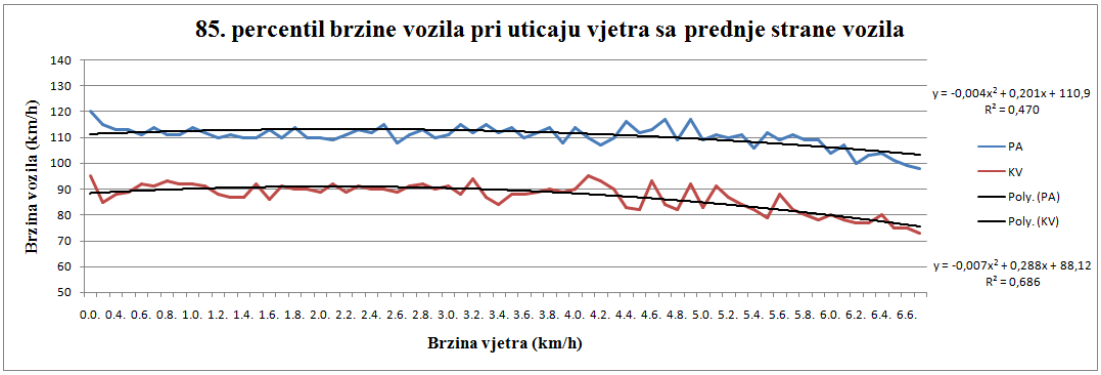
Slika 4. 85. percentil brzine vozila pri uticaju vjetra sa bočne strane vozila

Na slici 5 je prikazan 85. percentil brzine pri uticaju vjetra sa prednje strane vozila. Izvršena je podjela vozila na putnička vozila označena plavom linijom i komercijalna vozila označena crvenom linijom.

Pri kretanju vozila bez uticaja vjetra sa bočne strane vozila 85. percentil brzine je iznosio 120 km/h za putnička vozila i 95 km/h za komercijalna vozila. Najviša zabilježena brzina vjetra u analiziranom periodu iznosi 6,7 km/h što prema Beaufort-ovoj skali predstavlja povjetarac. Pri najvišoj zabilježenoj brzini vjetra, 85. percentil brzine vozila za putničke automobile iznosi 98 km/h, dok brzina kod komercijalnih vozila iznosi 73 km/h. U odnosu na početne vrijednosti 85. percentila brzine vozila javlja se smanjenje brzine od 22 km/h za PA i za KV.

Analizom putničkih automobila (PA) fomulisan je matematički model kvadratnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila (km/h) i brzine vjetra (km/h). Koeficijent korelacije dobijen modelom kvadratnog oblika iznosi 0,470, što prema Chaddock-ovoj skali predstavlja umjerenu korelativnu vezu.

Takođe, pri analizi komercijalnih vozila formulisan je matematički model kvadratnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila i brzine vjetra. Koeficijent korelacije dobijen modelom kvadratnog oblika iznosi 0,686, što predstavlja značajnu korelativnu vezu.



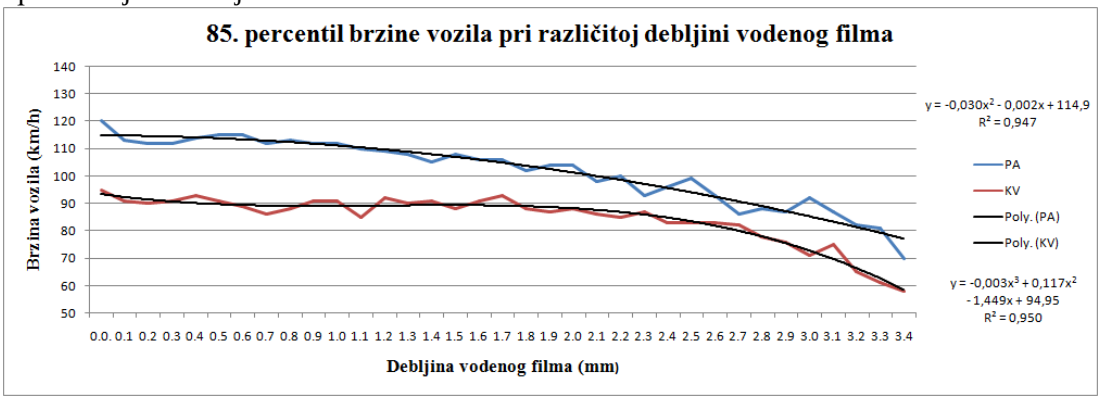
Slika 5. 85. percentil brzine vozila pri uticaju vjetra sa prednje strane vozila

Na slici 6 je prikazan 85. percentil brzine kretanja vozila pri različitoj debljini vodenog filma. Izvršena je podjela vozila na putnička vozila označena plavom linijom i komercijalna vozila označena crvenom linijom.

Pri kretanju vozila po suvom kolovozu 85. percentil brzine je iznosio 120 km/h za putnička vozila i 95 km/h za komercijalna vozila. Najviša zabilježena debljina vodenog filma u analiziranom periodu iznosi 3,4 mm, što naročito otežava kretanje vozila, tako da pri najvišoj zabilježenoj debljini vodenog filma 85. percentil brzine vozila za PA iznosi 70 km/h, a za KV iznosi 58 km/h. U odnosu na početne vrijednosti 85. percentila brzine vozila zabilježeno je smanjenje brzine od 50 km/h za PA i 37 km/h za KV.

Matematički model kvadratnog oblika je fomulisan na osnovu analize putničkih automobila. Formulisani kvadratni model opisuje korelativnu vezu između 85. percentila brzine vozila (km/h) i debljine vodenog filma na kolovozu (mm). Pri tom koeficijent korelacije iznosi 0,947, što prema Chaddock-ovoj skali predstavlja veoma jaku korelativnu vezu.

Takođe, pri analizi komercijalnih vozila formulisan je matematički model kubnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila i debljine vodenog filma. Koeficijent korelacije dobijen modelom kubnog oblika iznosi 0,950, što predstavlja veoma jaku korelativnu vezu.



Slika 6. 85. percentil brzine vozila pri različitoj debljini vodenog filma na kolovozu

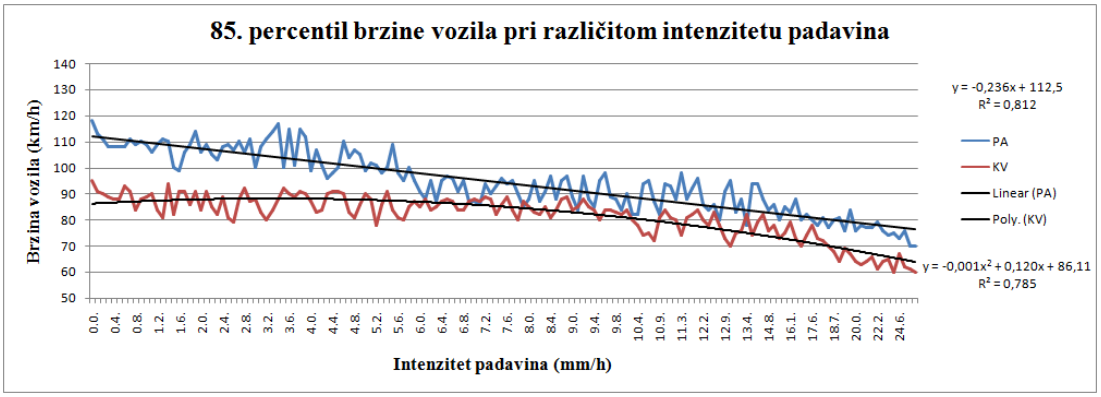
Na slici 7 je prikazan 85. percentil brzine vozila pri različitom intenzitetu padavina. Takođe, izvršena je podjela vozila na putnička vozila označena plavom linijom i komercijalna vozila označena crvenom linijom.

Pri kretanju vozila po suvom kolovozu 85. percentil brzine je iznosio 120 km/h za putnička vozila i 95 km/h za komercijalna vozila.

Najviši zabilježeni intenzitet padavina u analiziranom periodu iznosi 31,4 mm/h, što naročito smanjuje vidljivost vozača a samim tim se odražava na smanjenje brzine kretanja vozila. Pri najvišem zabilježenom intenzitetu padavina, 85. percentil brzine vozila za PA iznosi 70 km/h, a za KV iznosi 60 km/h. U odnosu na početne vrijednosti 85. percentila brzine vozila zabilježeno je smanjenje brzine od 50 km/h za PA i 35 km/h za KV.

Matematički model linearnog oblika je fomulisan na osnovu analize putničkih automobila. Formulisani linearni model opisuje korelativnu vezu između 85. percentila brzine vozila (km/h) i intenziteta padavina (mm/h). Pri tom koeficijent korelacije iznosi 0,812, što prema Chaddock-ovoj skali predstavlja jaku korelativnu vezu.

Također, pri analizi komercijalnih vozila formulisan je matematički model kvadratnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila i intenzitet padavina. Koeficijent korelacije dobijen modelom kubnog oblika iznosi 0,785, što predstavlja jaku korelativnu vezu.



Slika 7. 85. percentil brzine vozila pri različitom intenzitetu padavina

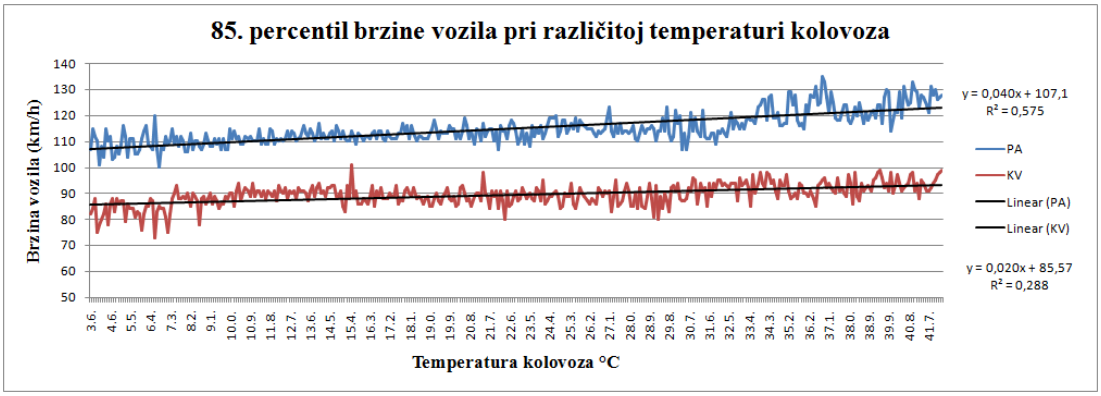
Na slici 8 je prikazan 85. percentil brzine vozila pri različitoj temperaturi kolovoza. Također, izvršena je podjela vozila na putnička vozila označena plavom linijom i komercijalna vozila označena crvenom linijom.

Najniža zabilježena vrijednost temperature kolovoza u analiziranom periodu iznosi 3,6 °C, pri toj temperaturi, 85. percentil brzine vozila za PA iznosi 107 km/h, dok za KV iznosi 82 km/h.

Najviša zabilježena vrijednost temperature kolovoza iznosi 42,3°C, pri toj temperaturi, 85. percentil brzine vozila za PA iznosi 128 km/h, dok za KV iznosi 99 km/h. U odnosu na najniže zabilježene vrijednosti temperature imamo povećanje 85. percentila brzine vozila od 11 km/h za PA i 17 km/h za KV.

Analizom putničkih automobila (PA) fomulisan je matematički model linearnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila (km/h) pri različitoj temperaturi kolovoza (°C). Koeficijent korelacije dobijen modelom linearnog oblika iznosi 0,575, što prema Chaddock-ovoj skali predstavlja značajnu korelativnu vezu.

Matematički model linearnog oblika formulisan je pri analizi komercijalnih vozila koji opisuje 85. percentil brzine vozila pri različitim vrijednostima temperature kolovoza. Koeficijent korelacije dobijen modelom linearnog oblika iznosi 0,288, što predstavlja slabu korelativnu vezu.



Slika 8. 85. percentil brzine pri različitoj temperaturi kolovoza

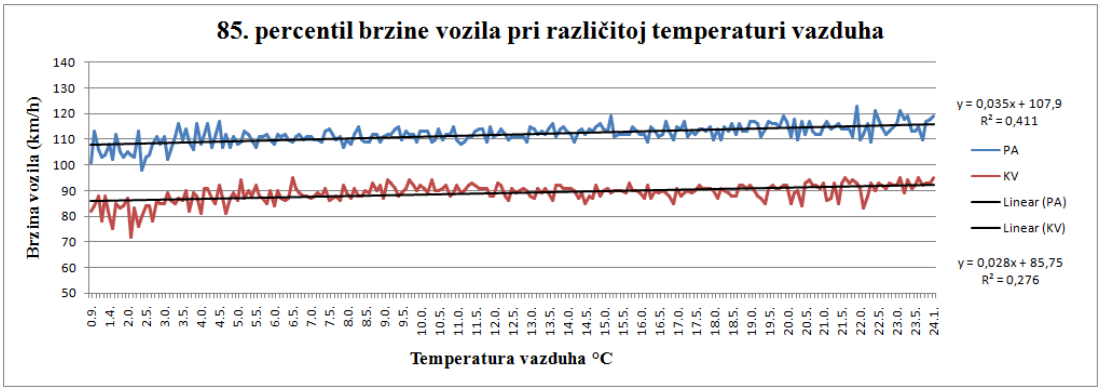
Na slici 9 je prikazan 85. percentil brzine vozila pri različitoj temperaturi vazduha. Također, izvršena je podjela vozila na putnička vozila označena plavom linijom i komercijalna vozila označena crvenom linijom.

Najniža zabilježena vrijednost temperature vazduha u analiziranom periodu iznosi 0,9 °C, pri toj temperaturi, 85. percentil brzine vozila za PA iznosi 101 km/h, dok za KV iznosi 82 km/h.

Najviša zabilježena vrijednost temperature kolovoza iznosi 24,1°C, pri toj temperaturi, 85. percentil brzine vozila za PA iznosi 119 km/h, dok za KV iznosi 95 km/h. U odnosu na najniže zabilježene vrijednosti temperature javlja se povećanje 85. percentila brzine vozila od 18 km/h za PA i 13 km/h za KV.

Analizom putničkih automobila (PA) fomulisan je matematički model linearnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila (km/h) pri različitoj temperaturi vazduha (°C). Koeficijent korelacije dobijen modelom linearnog oblika iznosi 0,411, što prema Chaddock-ovoj skali predstavlja umjerenu korelativnu vezu.

Matematički model linearnog oblika formulisan je pri analizi komercijalnih vozila koji opisuje 85. percentil brzine vozila pri različitim vrijednostima temperature vazduha. Koeficijent korelacije dobijen modelom linearnog oblika iznosi 0,276, što predstavlja slabu korelativnu vezu.



Slika 9. 85. percentil brzine pri različitoj temperaturi vazduha

4. DISKUSIJA

Na osnovu podataka dobijenih sa ABS izvršen je proračun procenta vozača koji ne poštuju ograničenu brzinu i pri tom utvrđeno je da izuzetno mali postotak ukupnog broja vozača ne poštuje ograničenu brzinu od 130 km/h.

Takođe, izvršena je analiza uticaja faktora vremenskih uslova na 85. percentil brzine vozila. Najveća zabilježena vrijednost brzine vjetra sa zadnje strane vozila iznosila je 4,5 km/h, što predstavlja veoma blag vjetar. S obzirom na zabilježenu malu brzinu vjetra, 85. percentil brzine vozila se nije značajno promjenio u odnosu na brzinu bez uticaja vjetra sa zadnje strane vozila.

Koeficijent korelacije kod komercijalnih vozila je nešto veći u odnosu na putničke automobile, s obzirom da bočna površina komercijalnog vozila je daleko veća u odnosu na bočnu površinu putničkog automobila. Zbog samog osjećaja nesigurnosti vozača pri većim vrijednostima brzine vjetra imamo značajnije promjene brzine u odnosu na brzinu bez uticaja vjetra.

Značajnija promjena 85. percentila brzine vozila je zabilježena kod komercijalnih vozila u odnosu na putnička vozila, s obzirom da čeona površina komercijalnog vozila daleko veća od čeone površine putničkog automobila.

Najznačajnija promjena 85. percentila brzine vozila je zabilježena pri različitoj debljini vodenog filma, pri čemu je zabilježeno smanjenje brzine od čak 50 km/h za PA i 37 km/h za KV u odnosu na brzine kretanja vozila po suvom kolovozu. Uzrok smanjenja brzine je svjesnost vozača o stanju okoline i debljini vodenog filma na kolovozu, te nemogućnosti kretanja većom brzinom.

Jaka korelativna veza ostvarena je modelom linearnog i kvadratnog oblika koji opisuje 85. percentil brzine vozila i intenzitet padavina. S obzirom na velike promjene 85. percentila brzine pri različitom intenzitetu padavina, zabilježene su promjene brzine od čak 50 km/h za PA i 35 km/h za KV. Uzrok smanjenja brzine je smanjena vidljivost vozača, te osjećaj nesigurnosti pri kretanju većom brzinom.

Slabe i umjerene korelativne veze su ostvarene modelima linernog oblika koji opisuju 85. percentil brzine vozila i temperature kolovoza i vazduha. Značajnija promjena 85. percentila brzina je zabilježena pri različitoj temperaturi kolovoza, gdje uz povećanje temperature se povećava i brzina kretanja vozila.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Brzina vozila u saobraćajnom toku prestavlja kvalitativnu mjeru za ocjenjivanje uslova saobraćaja. Vozači često prilagođavaju brzinu kretnja vozila preovlađujućim uslovima saobraćaja koji nastaju kao posljedica uticaja između ostalog i vremenskih uslova. U ovom radu su analizirani uticaji pojedinih faktora vremenskih uslova na brzinu kretnja vozila. Značajnije promjene brzina su ostvarene pri uticaju padavina (debljina vodenog filma i intenzitet padavina) nego pri uticaju vjetra i temperature, što su potvrdili i veći korelacioni koeficijenti.

U narednim istraživanjima je potrebno proširiti analizirani period odnosno obuhvatiti analizom sva godišnja doba i sve brojače ABS na posmatranoj dionici čime bi se na osnovu tih podataka utvrdile detaljnije korelativne veze, pogotovo pri uticaju vjetra i temperature. Takođe, u nastavku istraživanja potrebno je utvrditi pri kojim vrijednostima pojedih faktora nastaju najveće promjene brzina, odnosno da bi se u budućnosti mogla izvršiti predikcija brzina kretanja vozila na osnovu podataka o vremenskim uslovima.

6. LITERATURA

Akcelik, R., (2003). Speed-Flow Models for Uninterrupted Traffic Facilities. Akcelik & Associates Pty Ltd.

Jensen, T., (2014). Weather and road capacity. Artikller fra Trafikdage pa Aalborg Universitet.

Jovović, S., Tubić, V., Subotić, M. (2015). Uticaj vremenskih uslova na brzinu kretanja vozila na dvotračnim putevima Republike Srpske. IV Međunarodna Konferencija „Bezbjednost saobraćaja u lokalnoj zajednici", Banjaluka, BiH.

Novčić, T., Subotić, M., Tubić, V. (2016). Analiza realnih i prekoračenih brzina na državnom putu I2 od Beograda do Preljine. 11. Međunarodna Konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Vrnjačka Banja, Srbija.

Tubić, V., Glavić, D., Stepanović, N., Milenković, M., Vidas, M. (2018). Analiza realnih i prekoračenih brzina na državnim putevima-opština Kraljevo. 13. Međunarodna Konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Kopaonik, Srbija.

Tubić, V., Milošević, J., Stepanović, N., Miljuš, S., Petković, M. (2018). Novi koncept analiza kredibiliteta ograničenih brzina. 7. Međunarodna Konferencija „Bezbjednost saobraćaja u lokalnoj zajednici", Banjaluka, BiH.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

STRATEGIES IN FUNCTION OF ROAD SAFETY MANAGEMENT- ANALYSIS OF EXISTING ROAD SAFETY STRATEGY IN THE REGION

STRATEGIJE U FUNKCIJI UPRAVLJANJA BEZBJEDNOŠĆU SAOBRAĆAJA - ANALIZA POSTOJEĆIH STRATEGIJA U ZEMLJAMA REGIJE

Miroslav Đerić[a], Zoran Andrić[a]

[a] *Ministry of Communications and Transport, Square of Bosnia and Herzegovina 1, Sarajevo71000, Bosnia and Herzegovina, miroslav.djeric@mkt.gov.ba, zoran.andric@mkt.gov.ba*

Abstract: *In order to manage road safety, or projected future desired state, it is necessary to understand the current situation od road safety. Therefore, the purpose of Strategies in road safety is to introduce the present situation of traffic safety, design state of road safety that we want to achieve, and control measures and guidelines by which we will on fastest and easiest way get to the desired state.*

This paper aims to show the existing Road safety strategy in the region (Serbia, Croatia, Montenegro), in the current situation analysis, design of the desired condition and management measures in order to approach the current situation to the desired state, with emphasis on the strategic documents in the field of Road safety in Bosnia and Herzegovina. The results of this paper will provide the scientific and expert public with insights into the strategic documents in the road safety, with special reference to its objectives.

Key words: *Strategy, management, road safety*

Rezime: *Da bi smo upravljali bezbjednošću saobraćaja, odnosno projektovali buduće željeno stanje, potrebno je poznavanje postojećeg stanja bezjbednosti saobraćaja. U tom cilju svrha strategija bezbjednosti saobraćaja je upoznavanje sa postojećim stanjem bezbjednosti saobraćaja, projektovanje stanja bezbjednosti saobraćaja kome težimo, te upravljačkih mjera odnosno smjernica putem kojih ćemo najbrže i najlakše doći do željenog stanja.*

Ovaj rad ima za cilj da prikaže postojeće strategije u oblasti bezbjednosti saobraćaja u zemljama regije (Srbija, Hrvatska, Crna Gora), u pogledu analize postojećeg stanja, projektovanja željenog stanja i upravljačkih mjera u cilju približavanja postojećeg stanja željenom stanju, sa osvrtom na strateške dokumente u oblasti bezbjednosti saobraćaja u Bosni i Hercegovini.

Rezultati rada će omogućiti naučnoj i stručnoj javnosti sagledavanje strateških dokumenata u oblasti bezbjednosti saobraćaja sa posebnim osvrtom na postavljene ciljeve.

Ključne reči: *strategija, upravljanje, bezbjednost saobraćaja.*

1. UVOD

Upravljati bezbjednošću saobraćaja [1], znači neprekidno pratiti postojeće stanje, stručno i realno definisati željeno stanje, te projektovati i realizovati upravljačke mjere kojima se postojeće stanje približava željenom stanju bezbjednosti saobraćaja. To je neprekidan proces koji obuhvata praćenje efekata, odnosno stalnu evaluaciju i unapređivanje upravljačkih mjera [2]. Upravljanje bezbjednošću saobraćaja predstavlja veoma kompleksan posao i podrazumijeva niz različitih mjera i aktivnosti koje sinhronizovano moraju obavljati različiti nadležni subjekti. Iskustva najrazvijenijih zemalja svijeta ukazuju na to da je za kvalitetno i efikasno upravljanje bezbjednošću saobraćaja, jedan od prvih preduslova postojanje institucionalnih kapaciteta. Osim postojanja institucionalnih kapaciteta, ističe se politička podrška, ali i prepoznata politička i stručna odgovornost za stanje bezbjednosti saobraćaja.

2. UPRAVLJANJE BEZBJEDNOŠĆU SAOBRAĆAJA

Prema savremenom shvatanju upravljanje bezbjednošću saobraćaja oslanja se na tri međusobno zavisna elementa: institucionalna upravljačka funkcija, intervencije (mjere), i rezultati. Institucionalna upravljačka funkcija treba da obezbjedi preduslove za usvajanje kratkoročnih i dugoročnih ciljeva, kako bi se odgovarajućim mjerama postigli rezultati u dostizanju ciljeva, i to na nacionalnom i lokalnom nivou.

Institucionalno upravljačka funkcija predstavlja osnovu sistema upravljanja bezbjednošću saobraćaja. Naime, upravljačka funkcija promoviše mjere kojima se postižu rezultati, pa iz tog razloga ove mjere moraju imati prioritetno mjesto u planiranju i sprovođenju politike. Upravljačka funkcija je uloga Vlada i dio je društvenog i poslovnog okruženja za promovisanje mjera i dostizanje rezultata.

Mjere, u širem smislu predstavljaju strategiju i programe za dostizanje usvojenih ciljeva. Mjere uključuju i bezbjedan transport, kao i urbanističko planiranje, projektovanje i eksploataciju puteva, bezbjedna vozila, bezbjedno učestvovanje u saobraćaju, kao i zbrinjavanje nakon sudara. Mjere obezbeđuju smanjenje izloženosti riziku, prevenciji sudara, smanjuju težinu povrede u sudaru, kao i posledice saobraćajne nezgode. Mjere uključuju planiranje, standarde i propise kao kombinaciju u cilju bezbjednosti saobraćaja.

U svjetskoj dobroj praksi upravljanja bezbjednošću saobraćaja rezultati su sagledani u dostizanju dugoročnih ciljeva i kvantifikovanih srednjoročnih ciljeva. Ciljevi predstavljaju željeno stanje predstavljeno od Vlade, na svim nivoima, zainteresovanim stranama i društvenoj zajednici. Da bi bio realan, srednjoročni cilj mora biti dostižan kroz mjere izražene kroz *„cost-effective“*, metod. Srednjoročni ciljevi su uglavnom predstavljeni kao konačni rezultati.

3. REZULTATI - ANALIZA

Bosna i Hercegovina

Na nivou Bosne i Hercegovine ne postoji usvojena Strategija bezbjednosti saobraćaja. Sa druge strane, Narodna skupština Republike Srpske je 2013. godine, usvojila strateški dokument za unapređenje bezbjednosti saobraćaja, pod nazivom *“Strategija bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske 2013-2022”*, [3], koji predstavlja okvir i uporište za realizaciju niza aktivnosti koje doprinose unapređenju bezbjednosti na putevima. Takođe, Vlada Republike Srpske je 2014. godine, usvojila dokument, pod nazivom *„Program bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske za period 2014-2018*“, kojim su definisane aktivnosti, međuizlazi (indikatori bezbjednosti saobraćaja), i kratkoročni ciljevi za pomenuti period.

Strategija bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske 2013-2022, predstavlja smjernice za unapređenje bezbjednosti na putevima u Republici Srpskoj. Strategijom se definišu vizija, misija i ciljevi. Tako je osnovna vizija Strategije bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske 2013-2022, da se obezbijedi saobraćaj koji omogućava kvalitetan život i odvijanje ostalih funkcija u Republici Srpskoj, sa što manje stresa i zastoja u saobraćaju, bez poginulih i teško povrijeđenih u saobraćaju.

Misija Strategije bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske 2013-2022, je pokretanje i jačanje postojećih resursa i izgradnja novih kapaciteta, koji će, uz snažnu političku podršku i vođstvo, koristeći sistemski pristup zasnovan na pet stubova bezbjednosti saobraćaja, utvrđenih decenijom akcije za bezbjednost saobraćaja, neprekidno raditi u cilju smanjivanja rizika učešća u saobraćaju, a posebno raditi u oblastima sistema upravljanja bezbjednošću saobraćaja, bezbjednijih puteva i kretanja, bezbjednijih vozila, bezbjednijih učesnika u saobraćaju i zbrinjavanja nakon nezgoda.

Osnovni cilj Strategije bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske 2013-2022, je smanjenje broja poginulih lica na putevima u Republici Srpskoj za 50% do 2022. godine, u odnosu na broj poginulih u 2011. godini, odnosno smanjenje ukupnih društveno-ekonomskih troškova saobraćajnih nezgoda, u periodu od deset godina, za oko 582 miliona KM.

Takođe, Strategijom bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske 2013-2022, su definisani i konačni ciljevi, i to: smanjenje godišnjeg broja poginulih lica za 15% u 2013, 10% u 2014, 7% u 2015. godini, i po 5% godišnje u ostatku perioda, tako da se postigne ukupno smanjenje od 50% u 2022. u odnosu na 2011. godinu, smanjenje godišnjeg broja teško povrijeđenih lica za 15% u 2013, 10% u 2014, 7% u 2015. godini, i po 5% godišnje u ostatku perioda, tako da se postigne ukupno smanjenje od 50% u 2022. u odnosu na 2011. godinu, povećavanje upotrebe sigurnosnih pojaseva i drugih sistema zaštite (dječjih sjedišta i zaštitnih kaciga), upravljanje brzinama na urbanim i otvorenim putevima i ulicama (smanjivanje procenta vozila koja prekoračuju dozvoljenu brzinu kretanja i prosječne vrijednosti prekoračenja), smanjivanje broja alkoholisanih vozača u saobraćaju, unapređenje

bezbjednosti puteva, te edukacija i informisanje svih učesnika u saobraćaju putem kampanja i saobraćajnog obrazovanja i vaspitanja.

Treba naglasiti da se Strategijom bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske 2013-2022, predviđa realizacija projekta identifikacije opasnih mjesta na magistralnim i regionalnim putevima Republike Srpske (provjera bezbjednosti saobraćaja), projekta revizije bezbjednosti saobraćaja, projekta praćenja indikatora bezbjednosti saobraćaja, te drugih projekata koji doprinose unapređenju bezbjednosti saobraćaja na putevima.

Subjekti zaduženi za realizaciju Strategije bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske 2013-2022, su svi subjekti koji doprinose unapređenju stanja bezbjednosti saobraćaja, isto je utvrđeno članom 2. Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske („Službeni glasnik RS“, br.63/11), a Agencija za bezbjednost saobraćaja Republike Srpske ima ulogu koordinatora sa svim subjektima.

Na kraju treba istaći da se Strategijom bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske 2013-2022, predviđa mjerenje efekata strategije, na način da su rezultati mjerljivi kroz definisane međurezultate (fatality targets), za posmatrani period

Treba istaći da je na nivou Federacije Bosne i Hercegovine postojao dokument pod nazivom „Polazne osnove strategije bezbjednosti drumskog saobraćaja u FBiH za period 2008.-2013.godina“, koji nije usvojen za naredni period.

Srbija

Republika Srbija je donijela Strategiju bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srbije za period od 2015. do 2020.godine [4], čija je svrha upoznavanje sa trenutnim stanjem bezbednosti saobraćaja, prikaz stanja bezbjednosti saobraćaja kojem se teži, te smjernice kojima će se najbrže i najlakše doći od postojećeg do željenog stanja.

Strategijom se definišu misija, vizija i ciljevi. Misija Srategije je definisana kao postojan i djelotvoran sistem bezbjednosti drumskog saobraćaja, dok je vizija Strategije drumski saobraćaj bez poginulih, sa znatno smanjenim brojem povrjeđenih i znatno smanjenim troškovima saobraćajnih nezgoda.

Strategija je definisala određene ciljeve, na način da donošenje strategije treba da omogući izgradnju održivog i djelotvornog sistema upravljanja bezbjednošću saobraćaja do 2020. godine, koji će omogućiti da u saobraćaju nema poginule djece od 2020. godine, da se prepolovi godišnji broj poginulih, broj teško povrjeđene djece, broj teško povrjeđenih lica u 2020. godini, u odnosu na 2011. godinu, te i da se prepolove ukupni, godišnji društveno-ekonomski troškovi saobraćajnih nezgoda u 2020. godini, u odnosu na 2011. godinu.

Dalje, Strategijom se definiše da su subjekti od značaja za bezbjednost saobraćaja u Republici Srbiji: Vlada, tijelo za koordinaciju bezbjednosti saobraćaja na putevima, ministarstvo nadležno za poslove saobraćaja, ministarstvo nadležno za poslove obrazovanja, ministarstvo nadležno za poslove zdravlja, ministarstvo nadležno za unutrašnje poslove, Agencija za bezbjednost saobraćaja, lokalno tijelo za koordinaciju bezbjednosti saobraćaja, organ nadležan za inspekcijski nadzor iz oblasti bezbjednosti saobraćaja, upravljač puta, sud, javni tužilac, sredstvo javnog informisanja, odnosno oglašavanja, naučna, obrazovna, odnosno vaspitna ustanova, udruženje iz oblasti bezbjednosti saobraćaja na putevima, te lice koje obavlja privrednu djelatnost iz oblasti, odnosno u vezi sa bezbjednošću saobraćaja na putevima.

Najvažniji subjekti bezbjednosti saobraćaja su Vlada, ministarstvo nadležno za poslove saobraćaja i Ministarstvo unutrašnjih poslova, kao nosioci izvršne vlasti i kao organi odgovorni za stanje bezbjednosti saobraćaja u državi.

Treba istaći da se Strategijom definišu osnovni izvori sredstava za unapređenje bezbjednosti saobraćaja u Republici Srbiji, i to kroz: budžet Republike Srbije, budžet jedinice teritorijalne autonomije i budžet jedinice lokalne samouprave, naplaćene novčane kazne za prekršaje predviđene propisima o bezbjednosti saobraćaja na putevima, te kroz poklone ili priloge pokrovitelja datih Republici, jedinici teritorijalne autonomije ili jedinici lokalne samouprave. Dalje, Strategija kao moguće dodatne izvore sredstava za unapređenje bezbjednosti saobraćaja navodi i % od cijene prodatog goriva, % od naplaćenih polisa osiguranja u drumskom saobraćaju, % sredstava za održavanje puteva, % sredstava za izgradnju novih puteva, % sredstava od naplaćene putarine, te % sredstava od poreza na upotrebu motornih vozila.

Ono što treba posebno naglasiti je da je Strategijom definisano pet ključnih oblasti rada (pet stubova), radi dostizanja željenog stanja u sistemu bezbjednosti saobraćaja, i to:

- prvi stub-efikasnije upravljanje bezbjednošću saobraćaja,
- drugi stub-bezbjedniji putevi i kretanja,
- treći stub-bezbjednija vozila,
- četvrti stub-bezbjedniji učesnici u saobraćaju i
- peti stub-djelovanje nakon saobraćajne nezgode.

Takođe, Strategijom, a u cilju upravljanja bezbjednošću saobraćaja se definiše postojanje kvalitetnih baza podataka o obilježjima bezbjednosti saobraćaja. Organizacija i prikupljanje podataka, odnosno formiranje funkcionalnih baza podataka o obilježjima bezbjednosti saobraćaja je preduslov za sagledavanje problema i odabir mjera kojima bi se problem rešavao.

Na kraju treba istaći da se Strategijom propisuje obaveza izvještavanja o stanju bezbjednosti saobraćaja. Izvještavanje mora biti dostupno svima, s tim što pojedine državne institucije treba izvještavati u definisanim vremenskim periodima (na primjer: sredinom ili krajem godine), u tačno definisanoj formi (struktura i detaljnost izveštaja). Strategijom se propisuje da se izvještavaju: Vlada, Tijelo za koordinaciju bezbjednosti saobraćaja na putevima, Narodna skupština, ministarstva, te drugi državni organi i subjekti od značaja za bezbjednost saobraćaja.

Ono što je bitno napomenuti je da detaljne vrste izvještaja treba učiniti dostupnim naučno obrazovnim organizacijama, dok povremene i namjenske izvještaje treba učiniti javno dostupnim svima koji ih zahtijevaju, poput medija, nevladinog sektora, naučnih radnika i pojedinaca.

Hrvatska

U oblasti bezbjednosti drumskog saobraćaja Hrvatska ima usvojen Nacionalni program bezbjednosti drumskog saobraćaja za period 2011-2020.godina [5], koji je osnovni dokument i platforma za podizanje nivoa bezbjednosti drumskog saobraćaja na viši, prihvatljivi nivo od postojećeg.

Nacionalni program u operativnom dijelu obuhvata sve subjekte kojima je djelokrug rada na neki način vezan za bezbjednost drumskog saobraćaja. To znači da u njegovom provođenju učestvuju ministarstva, stručne organizacije, strukovna udruženja, udruženja građana i svi ostali koji mogu dati doprinos u njegovom provođenju.

Nacionalni program bezbjednosti drumskog saobraćaja za period 2011.-2020. godine, donijela je Vlada Republike Hrvatske 2011. godine, a za njegovog nosioca, određeno je Ministarstvo unutrašnjih poslova. Nacionalni program bezbjednosti drumskog saobraćaja 2011.-2020., je donijet za period od deset godina i usklađen je sa 4. Akcionim programom za bezbjednost drumskog saobraćaja zemalja članica Evropske Unije i decenijom akcije Ujedinjenih naroda, te su u njega implementirana svjetska i evropska kretanja u području bezbjednosti drumskog saobraćaja.

Nacionalni program bezbjednosti drumskog saobraćaja za period 2011-2020.godine, sadrži viziju i ciljeve. Tako je vizija Nacionalnog programa definisana kao drastično smanjenje svih oblika stradavanja.

Glavni cilj Nacionalnog programa, a koji je usklađen sa evropskim, je smanjiti broj poginulih lica u saobraćajnim nezgodama za 50% u odnosu na stanje u 2010. godini, odnosno, u konkretnom slučaju Republike Hrvatske dostići broj od 213 poginulih lica na kraju 2020. godine. U cilju dostizanja postavljenog cilja, Nacionalnim programom je jasno definisano na čemu treba raditi, i to:

- promjena ponašanja učesnika u saobraćaju,
- bolja drumska infrastruktura,
- bezbjednija vozila, te
- efikasnija medicinska pomoć nakon saobraćajnih nezgoda.

Za svako područje djelovanja u Nacionalnom programu navedene su specifične aktivnosti, a za svaku aktivnost određene su konkretne mjere koje će se provoditi, kao i faze realizacije i subjekti koji su odgovorni za provođenje. Nacionalnim programom je utvrđeno da je nosioc provođenja istog Ministarstvo unutrašnjih poslova. Takođe, Nacionalnim programom se predviđa imenovanje radne grupe, čije će članove, uz predstavnike Ministarstva unutrašnjih poslova, činiti još predstavnici Ministarstva mora, saobraćaja i infrastrukture, Ministarstva nauke, obrazovanja i sporta, Ministarstva zdravstva i socijalne zaštite, Ministarstva pravosuđa, Hrvatskog autokluba, Centra za vozila Hrvatske, Hrvatskih puteva i Hrvatske kancelarije za osiguranje.

Treba istaći da se Nacionalnim programom definiše finansiranje istog iz nekoliko izvora, i to sredstva stručnih organizacija i sredstva osiguravajućih društava, koja su utvrđena posebnim ugovorom sa Ministarstvom unutrašnjih poslova, te sredstva prikupljena od donacija fizičkih i pravnih lica, ne navodeći pri tome iznose tih sredstava, izraženih na primjer u procentima, što je slučaj u strategijama nekih drugih zemalja.

Crna Gora

Crna Gora ne posjeduje Strategiju bezbjednosti saobraćaja kao poseban dokument. Naime, Crna Gora posjeduje strategiju poboljšanja bezbjednosti u drumskom saobraćaju za period 2010-2019.godina. Strategijom se definišu smjernice bezbjednosti drumskog saobraćaja u Crnoj Gori [6], sa mjerama koje je neophodno preduzeti da bi se ostvarili zacrtani ciljevi.

Strategijom se definiše razvoj i funkcionisanje sistema bezbjednosti drumskog saobraćaja u Crnoj Gori i izraz je njenog opredjeljenja da bude dio regionalnih i globalnih sistema bezbjednosti u drumskom saobraćaju.

Strategija sadrži viziju, misiju i ciljeve. Tako se vizija definiše na način da drumski saobraćajni sistem treba da bude razvijan tako da obezbijeđuje siguran, bezbjedan i efikasan saobraćaj, bude ekološki prihvatljiv i minimizira štetne uticaje na životnu sredinu, te da bude usklađen sa propisima Evropske unije.

Misija Strategije je da omogući uslove za održivi razvoj saobraćaja i društva u kojem će svi građani, a posebno grupe koje se smatraju rizičnim učesnicima u saobraćaju, biti dio bezbjednog saobraćaja, života i svakodnevnog posla, da uspostavi efikasan sistem bezbjednosti drumskog saobraćaja koji će uključivati subjekte, kao što su: Skupština, Vlada, ministarstva, Uprava policije, Direkcija za saobraćaj, organi lokalne uprave, univerziteti, civilni sektor, stručnjaci iz oblasti saobraćaja i druge, u kojem će svi prepoznati koristi i odgovornosti, te proširiti sistem odgovornosti za saobraćajne nezgode, sa isključivo direktno uključenih učesnika u saobraćajnim nezgodama, na sve subjekte koji mogu doprinijeti smanjenju rizika od saobraćajnih nezgoda i njihovih posljedica.

Cilj strategije je smanjenje broja poginulih u saobraćajnim nezgodama za 50% do 2019. u odnosu na 2007. godinu. Strategijom su postavljeni kratkoročni i dugoročni ciljevi.

Kratkoročni ciljevi se odnose na izmjene i dopune postojećeg Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima, uključujući i usklađivanje njegovih odredaba sa odredbama novog Zakona o prekršajima. Dalje, koristeći znanje i iskustva razvijenih zemalja, kao kratkoročni cilj, potrebno je uvesti sistem obuke u oblasti bezbjednosti drumskog saobraćaja, te uskladiti propise i praksu sa propisima Evropske unije (implementacija revizije bezbjednosti saobraćaja kod projektovanja puteva-RSA, inspekcije za puteve-RSI). Takođe, kao kratkoročni cilj, zacrtano je smanjenje smrtno stradalih lica za 30% do 2014. u odnosu na 2007. godinu, te broja teško povrijeđenih lica za 20% do 2014, u odnosu na 2007. godinu.

Dugoročni cilj Strategije je usklađivanje nivoa bezbjednosti putne infrastrukture sa nivoom bezbjednosti putne infrastrukture Evropske unije, uspostavljanje sistema bezbjednosti u drumskom saobraćaju na svim nivoima organizovanosti, od lokalne samouprave do najviših državnih organa, smanjenje broja smrtnih posljedica i povreda, bez obzira na očekivani porast broja vozila u saobraćaju, smanjenje broja smrtnih posljedica za 50% do 2019., u odnosu na 2007. godinu, te smanjenje broja teških povreda za 30% do 2019., u odnosu na 2007. godinu.

Strategijom se definiše da organizaciju bezbjednosti u drumskom saobraćaju čine državni organi i institucije, koji planiraju, organizuju, upravljaju, usklađuju i ostvaruju mjere i aktivnosti u oblasti bezbjednosti u drumskom saobraćaju. Takođe, Strategija predviđa da se podaci o izrečenim kaznama, zaštitnim mjerama, kaznenim bodovima, mjerama bezbjednosti, saobraćajnim nezgodama i njihovim posljedicama, vode u centralizovanoj bazi podataka, koja bi bila dostupna ovlašćenim korisnicima. Navedena baza podataka mora biti u skladu sa Evropskom bazom podataka o saobraćajnim nezgodama CARE (Odluka savjeta 93/704/EZ).

U pogledu finansijskih sredstava potrebnih za implementaciju Strategije, ista predviđa da će organi nadležni za njenu implementaciju izvršiti procjenu potrebnih sredstava, te da će se ista obezbijediti kroz redovna finansijska sredstva planirana za rad tih organa iz budžeta Crne Gore, kao i iz drugih izvora propisanih zakonom, donacijama i ostalih izvora finansiranja. Može se reći da se radi o dosta slabom načinu finansiranja.

Strategijom se definiše da su organi državne uprave i druge organizacije, u djelokrugu svoga rada odgovorni za njenu implementaciju. Dalje, Strategijom se predviđa da Vlada Crne Gore obrazuje Koordinaciono tijelo za bezbjednost drumskog saobraćaja, sa zadatkom da koordinira aktivnosti nadležnih organa i organizacija u oblasti bezbjednosti drumskog saobraćaja i praćenja implementacije Strategije.

4. ZAKLJUČAK

Shodno izloženim rezultatima, može se reći da su u osnovi sve zemlje regije prepoznale važnost izrade strategija/programa u oblasti bezbjednosti saobraćaja, kao jednog od osnovnih elemenata u sistemu upravljanja bezbjednošću saobraćaja.

Zajedničko za sve strategije/program, u svim zemljama regije, jeste da se iste sadrže viziju, misiju i ciljeve. Sa izuzetkom Srbije, čija se strategija odnosi na period od 5 godina, ostale strategije/program su doneseni za period od deset godina. Ovdje treba istaći da na nivou Bosne i Hercegovine ne postoji strategija, kao i da u Federaciji Bosne i Hercegovine, po isteku strategije za period 2008.-2013., nije došlo do izrade i usvajanja strategije za period od narednih pet ili deset godina.

U okviru strategija/programa definisani su glavni subjekti bezbjednosti saobraćaja, odnosno glavni nosioci provođenja strategija/programa. U tom kontekstu formirana su koordinaciona tijela, savjeti odnosno radne grupe, koje imaju za cilj da koordiniraju aktivnosti u cilju implementacije strategija/programa u oblasti bezbjednosti saobraćaja. Ovdje, takođe treba istaći da su u Srbiji i Republici Srpskoj formirane Agencije za bezbjednost saobraćaja.

Kada govorimo o ciljevima, može se reći da se isti u osnovi temelje na pet stubova bezbjednosti saobraćaja, utvrđenih decenijom akcije za bezbjednost saobraćaja. Glavni cilj je smanjenje broja poginulih i povrjeđenih lica (kvantitativni cilj), u saobraćaju za 50%, zaključno sa krajnjom godinom realizacije donesene strategije, u odnosu na početnu godinu. Dalje, strategije/program sadrže i kvalitativne ciljeve, kao što je povećavanje upotrebe sigurnosnih pojaseva i drugih sistema zaštite (dječija sjedišta i zaštitne kacige). Ono što treba istaći jeste da je kvalitativne ciljeve, pogotovo u zemljama regije, gdje ne postoji jaka politička podrška, izrazito teško pratiti, tako da se postavlja pitanje njihovog efekta. Takođe, strategijama/programom utvrđuje se i način finansiranja istih. Uglavnom se radi o finansiranju koje se oslanja na budžet Vlade, institucija i jedinica lokalne samouprave. Takođe, predviđeni su i dodatni izvori finansiranja, u vidu donacija od strane pravnih i fizičkih lica, kao i drugi načini finansiranja.

U cilju upravljanja bezbjednošću saobraćaja, strategijama/program predviđa se uspostavljanje baza podataka podataka o obilježjima bezbjednosti saobraćaja. Naime, organizacija i prikupljanje podataka, odnosno formiranje funkcionalnih baza podataka o obilježjima bezbjednosti saobraćaja je preduslov za sagledavanje problema i odabir mjera kojima bi se problem rešavao. Ovdje posebno treba istaći da je Republika Srbija jedina od zemalja u regiji, a i šire, koja ima jedinstvenu bazu podataka, koja ono što treba naglasiti u skladu sa CADAS protokolom. Inače jedinstvena baza podataka koju poseduje Agencija za bezbjednost saobraćaja Republike Srbije sadrži podatke o saobraćajnim nezgodama i posledicama (licima koja su učestvovala u nezgodama), na osnovu podataka koji se dobijaju iz MUP-a (dostupno od 1997. godine), podatke o rizicima stradanja učesnika u saobraćaju (javni i saobraćajni rizik), podatke o vrijednostima indikatora bezbjednosti saobraćaja (mjerenje započeto 2013. godine), i podatke o stavovima učesnika u saobraćaju.

Na kraju treba istaći da se strategijama/programom predviđa izvještavanje o stanju u bezbjednosti saobraćaja, kako bi analizom dostavljenih izvještaja mogle preduzimati odgovarajuće mjere u cilju unapređenja bezbjednosti saobraćaja.

Na osnovu svega navedeno može se reći da strategije/program u oblasti bezbjednosti saobraćaja imaju jednu od važnih uloga u sistemu upravljanja bezbjednošću saobraćaja, te da je potrebno stalno unapređivanje istih, kako bi se kroz implementaciju postavljenih ciljeva mogli dostići zacrtani rezultati.

5. LITERATURA

Vujanić, M., Lipovac, K., Jovanović, S., Hadžić, D. (2009). Uupravljanje bezbednošću saobraćaja na lokalnom nivou, prema novom Zakonu o bezbednosti saobraćaja na putevima. IV seminar Uloga lokalne zajednice u bezbednosti saobraćaja, Zbornik radova, str. 47-56, Beograd.

Lipovac K., Vujanić, M., Jovanović, D. (2009). Značaj i mogućnosti lokalne samouprave u bezbednosti saobraćaja. IV stručni seminar Uloga lokalne zajednice u bezbednosti saobraćaja, Zbornik radova, str. 53-68, Beograd.

http://www.absrs.org/sajt/doc/File/Strategija%20BS%20maj%202013_%20godina%20-%20usvojena.pdf

http://www.mgsi.gov.rs/lat/dokumenti/strategija-bezbednosti-saobracaja-na-putevima-republike-srbije-za-period-od-2015-do-2020

http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011_05_59_1321.html

http://www.sluzbenilist.me

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

GLOBAL TRENDS IN TRANSPORTATION OF GOODS AND LOAD UNITS

ГЛОБАЛНИ ТРЕНДОВИ У ТРАНСПОРТУ РОБЕ И ТОВАРНИХ ЈЕДИНИЦА

Stefan Stanković[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, ssdema8@gmail.com*

Abstract: *Encouraged by the globalization of industries and sciences, they are trying to identify solutions for the sustainable development of freight transport. Particular attention has been given to standardizing load units so that goods can be transported without restrictions in multimodal transport. The paper is based on a review of published documents, studies and papers on global flows and transport units in the present and future. To this end, the paper gives an overview of the major global flows in the world their development, and the expected transport units on these flows. The focus is primarily on goods flows in Europe - China - USA triangle.*

Key words: *globalization, global flows, transport units, transport policy*

Апстракт: *Подстакнуте гобализацијом транспортна индустрија и наука покушавају да идентификују решења за одрживи развој теретног саобраћаја. Посебна пажња је посвећена стандардизовању товарних јединица како би роба могла да буде транспортована без ограничења у мултимодалном транспорту. Рад је заснован на прегледу објављених докумената, студија и радова о глобалним токовима и транспортним јединицама у садашњости и будућности. У том циљу у раду се даје преглед главних глобалних токова у свету, њихов развој и очекиване транспортне јединице на овим токовима. У фокусу су првенствено токови робе у троуглу Европа – Кина – САД.*

Кључне речи: *глобализација, глобални токови робе, транспортне јединице, транспортна политика*

1. УВОД

Актуелна тема у свету транспорта је будући транспортни систем и његова ограничења у погледу времена транспорта, цене, квалитета, друштвеног, као и еколошког утицаја. Када се говори о техничкој подршци онда се ова питања могу у великој мери свести на питања о маси и димензијама пошиљака, као и о начину транспорта, информационих технологија и система подршке. Подстакнуте мега-трендовима као што су глобализација, раст промета добара и све већа еколошка свест у европском друштву, наука и транспортна привреда покушавају да нађу решења за одрживи теретни саобраћај. Поред тога, креатори европске транспортне политике дефинишу законодавни оквир који подржава одрживу мапу пута за очекивани раст транспорта робе тј. теретни саобраћај. Како Европа постаје јединствено тржиште, транспортни систем мора задовољити стандарде и потребу слободног протока робе у глобалним ланцима снабдевања. За ефикасан проток кроз ове ланце снабдевања морају се повезати мање логистичке јединице (нпр. лака роба, мали терет, артикли итд.) у јединствене товарне јединице (Gudehus, 2009). У овом раду је описано које се товарне јединице и које врсте робе тренутно превозе у свету као и предвиђања које ће се врсте роба транспортовати у будућности и на којим релацијама. Анализом постојећих и предвиђањем будућих кретања робе дошло се до неколико закључака које ће дефинисати међународну товарну јединицу. Рад је стуктуиран у четири главна дела. У првом делу описано је тренутно стање транспортног система у свету, као и који фактори утичу на ефикасан транспортни систем и на избор робе која се транспортује. У даљем раду представљене су товарне јединица које се данас користе у транспорту робе, као и која су то прихваљива решења за избор будуће међународне товарне јединице. На крају се даје општи закључак у ком правцу би требало да се развија ефикасан транспортни систем.

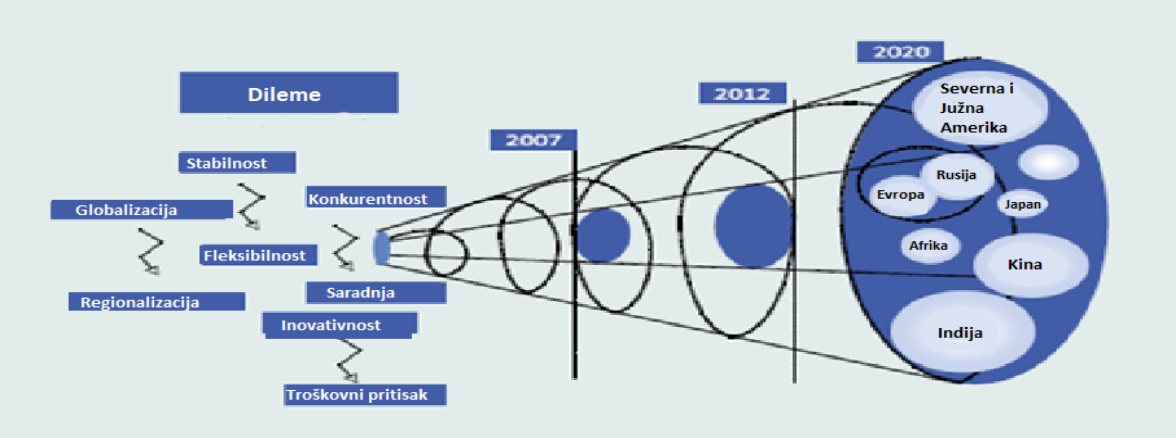
2. ТРЕНДОВИ У РОБНИМ И ТРАНСПОРТНИМ ТОКОВИМА

Два главна питања код предвиђања система теретног транспорта на која треба одговорити када је у питању развој нових међународних товарних јединица су (Jeschke, 2011):

- Које врсте робе ће највише бити заступљене у будућности?
- На којим ће се рутама превозити?

На одговоре на ова питања значајно утичу социо-економски трендови као што су законодавни оквир, цена нафте, еколошка свест итд. Економски развој у наредних десет година довешће до пет економских подручја различите величине: Америка (Северна и Јужна), Индија, Кина, Јапан и Европа заједно са Русијом (Слика 1.) (Henning i dr, 2009).

Транспортни ланци биће редефинисани и највећи део обима трговине помериће се ка тим тржиштима. Узлазни тренд на тржиштима у развоју прате структурна прилагођавања, нпр. приватизација или зоне слободне трговине. Ове промене имаће велики утицај на транспортни систем. Развој Азијског тржишта интензивира висок обим трговине, а самим тим и искоришћење тренутних трговинских коридора између ЕУ, Кине и САД (Ester, 2019).



Слика 1. Економско тржиште до 2020 године (Henning i dr, 2009)

Како се данас транспортује роба на ова тржишта? Транспорт контејнерским бродовима чини највећи део међународног транспорта. Најновији трендови показују да међународни поморски транспорт носи преко 90% светске трговине (International Chamber of Shipping, 2019). Ова транспортна средства су окосница међународне трговине. Са друге стране, учешће ваздушног саобраћаја на транспортном тржишту према тонским километрима (ткм) је мање од 1%. Код унутрашњег транспорта у Европи ситуација је потпуно другачија. Овде је друмски транспорт доминантан вид превоза. Гледано у ткм, удео друмског транспорта у 2017. години износио је 76,7%, док је железнички саобраћај имао удео од 17,3%, а унутрашњи пловни путеви 6% (EUROSTAT, 2017). Бројке указују на уска грла транспортног система. Огромне количине робе превозе се између главних европских лука у бродовима великог капацитета од 15.000 TEУ. Због велике количине терета који циркулуше између ових лука логистички системи подршке морају бити ефикаснији и морају имати универзални поступак за решавање транспортног задатка. Интермодални транспорт је једно од решења за смањење учешћа друмског саобраћја у континенталном саобраћају. Повећање учешћа интермодалног транспорта води ка повећању учешћа железнице а смањењу друмског транспорта.

Железничка мрежа у Европи данас се суочава са изазовима капацитета и постоји неколико услова, као што су ограничења у расподели капацитета за путнички железнички саобраћаја или различите мере у европским земљама, које могу ометати ефикасно коришћење железничког саобраћаја. Због овога се поставља питање каква је прогноза развоја транспорта? Очекивани стални раст теретног саобраћаја у наредних неколико година довешће до више ограничења капацитета. За укупни теретни саобраћај, глобална потражња за транспортом наставиће драматично да расте током наредне три деценије, а очекује се да ће се светска потражња за транспортом робе утростручити до 2050. године, према пројекцијама Међународног транспортног форума (ITF) и међувладиног истраживачког центра (The Martime Executive, 2019). Стога ће оквирни услови постати још изазовнији и дискутована ограничења угрозиће транспорт робе. Имајући ово у виду, очигледно је да су потребне мере за јачање ефикасности, како техничке тако и законодавне.

2.1 Утицај социо-економски трендова на транспортни систем будућности

Саобраћајни систем будућности мораће да се суочи са неколико фундаменталних социо-економских трендова који ће дефинисати будући квалитет робе као и релације на којима ће се превозити, а то су (PWC, 2009):

- ограничења законодавног оквира и инфраструктуре,
- цена нафте и снабдевање нафте
- еколошка свест друштва и промене у понашању потрошача

2.1.1 Ограничења законодавног оквира и инфрастуктуре

Ограничење инфраструктуре поставља се кроз предвидљиви и правовремени проток транспортних средстава кроз транспортни систем. Чим ефикасан транспортни систем буде ометен загушењем, логистички пружаоци услуга траже или алтернативне начине транспорта или ефикасније коришћење дате инфраструктуре. Ово се може постићи ефикаснијим транспортним средствима и бољим искоришћењем ограниченог простора (Jeschke, 2011). Ограничења која призилазе из законодавног оквира се односе пре свега на прописе које се регулишу у свакој држиви на различити начин, због овога је кретање робе ограничено, тј условљено прописима различитих земаља. У складу с тим, Европска комисија се залаже за „Прилагођавање европског законодавства о тежини и димензији новонасталим околностима, технологијама и потребама, и осигуравање да она олакшава интермодални транспорт и смањење укупне потрошње енергије и емисија“ *(EU, 2011a)*.

2.1.2 Цена нафте и снабдевање нафте

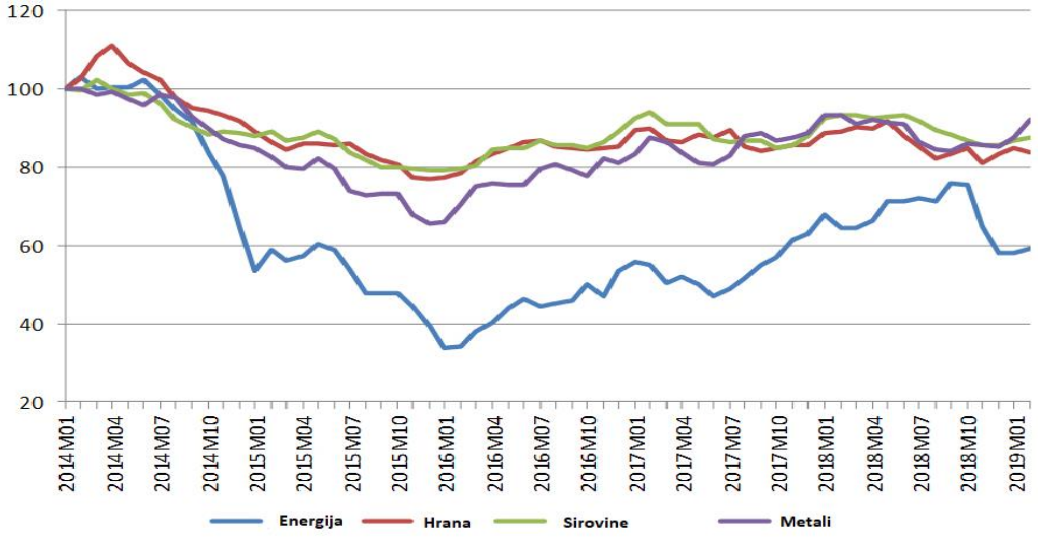
Цена нафте и снабдевање нафтом и даље дефинишу будућност транспортног система, а нестабилност цена нафте представља велики ризик. Са повећањем цена нафте расте и цена транспорта, а самим тим расте и цена производа, што утиче да крањи корисници захтевају ефикаснији и јефтинији начин транспорта. Због овога може доћи до прерасподеле између видова транспорта, до смањења учешћа у транспортном систему одређених видова, такође може доћи до промени области услуга и транспрта (будући да сваки вид траспорта има различиту еластичност, повећање цена имаће различите утицаје на функцију трошкова ондосно даљине). Стални пораст цена нафте ће, међутим, подстаћи значајна улагања у алтернативне изворе енергије (Jeschke, 2011).

2.1.3 Еколошка свест друштва и промене у понашању потрошача

Понашање потрошача у све већем броју људи почело се мењати према производима који су еколошки прихватљиви. Са једне стране, такви производи се производе на еколошки прихватљив начин, тј. производња је ресурсно ефикасна. Са друге стране, транспорт робе треба да се одвија на енергетски ефикасан начин, а потрошачи све више обраћају пажњу на еколошко понашање својих продаваца. Још један мањи аспект промењеног понашања потрошача је жеља за личним утицајем на логистичке процесе у смислу датума испоруке, кратких рокова испоруке и високе флексибилности (PWC, 2009).

2.2 Предвиђања стуктуре робних токова

Обим светске трговине по главним групама производа (енергија, храна, сировине и метали) приказан је на слици 2. (WTO, 2019).



Слика 2. Обим светске трговине по врстама робе (WTO, 2019)

Сложеност самог тржишта смањује предвидљивост будућих трендова. Пример је кинески бум и његове последице. Овај процват изазвао је недостатак бродова, лучког капацитета са последичним кашњењима у лукама, на путевима и железничким линијама које служе тим лукама. Тешко је проценити интеракцију између глобалног и регионалног економског развоја, демографске ситуације и куповног понашања потрошача. Потпуна промена у структури превезене робе не може се претпоставити данас. Међутим, постоји неколико трендова у погледу будућих врста роба које могу утицати на будући транспортни систем. Ови трендови укључују (PWC, 2009):

- више локалних производа
- више квалитетне робе и готових производа
- више "етичких" производа (нпр. фер трговина или контролисани органски производи)

2.3 Главни транспортни и робни токови будућности

Три главне извозне економије: Кина, Немачка и САД учествују у 27,1% глобалног обима извоза и у 28% глобалног обима увоза. Ове бројке указују на значај трговинских коридора између највећих спољнотрговинских земаља (World Economic Forum, 2018).

Проток између ових традиционалних спољнотрговинских коридора ће се још више повећавати у будућности са померањем економског значаја ка азијском тржишту и посебно према Кини. Као резултат тога, спољнотрговински коридори логистичких компанија из/у Азију ће бити на рубу прихватљивог нивоа искоришћености капацитета (WTO, 2011).

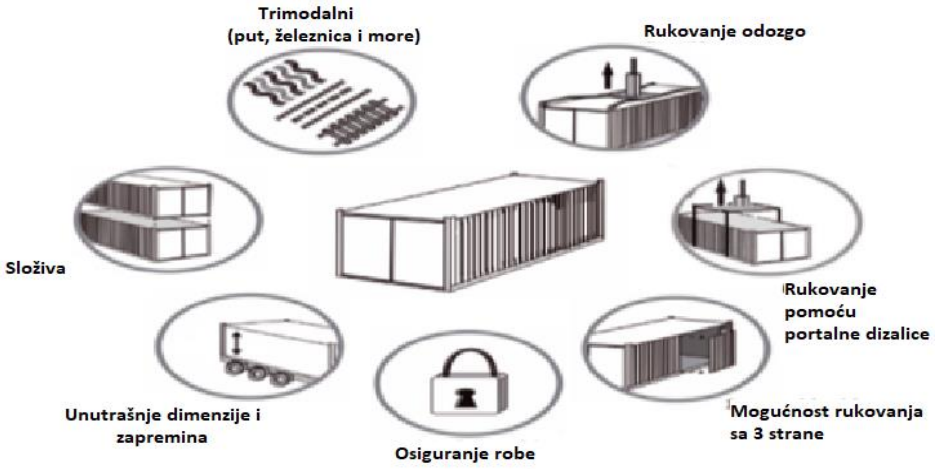
3. МЕЂУНАРОДНЕ ТОВАРНЕ ЈЕДИНИЦЕ

Данас се сектор транспорта мора суочити са различитим изазовима у смислу сигурности, загушења промета, процеса утовара и интероперабилности расположивих видова превоза. Један од главних циљева је оптимизација перформанси мултимодалних логистичких ланаца, нпр. већим коришћењем енергетски ефикаснијих начина. Стога ће се интермодални теретни саобраћај промовисати у наредним годинама. Ово ће утицати на дизајн будућих међународних товарних јединица у смислу интерфејса за различите носиоце (нпр. возила за путеве или железничке вагоне) различитих начина транспорта (EU, 2011a). Оптимизована ефикасност транспорта може се постићи ефикасним товарним јединицама и ефикаснијом употребом инфраструктуре и транспортних средстава, што је описано даље у тексту. Три доминантна концепта су контејнери, измењиви транспортни судови и полуприколице који су и даље развијани за одређене сврхе и тржишта. Контејнери и измењиви транспортни судови имају удео од 75% у комбинованом превозу широм Европе, а полуприколице имају удео од 10%. Општа тенденција

побољшања товарних јединица односи се на максимизацију обима терета и олакшавање процеса утовара и претовара. Ове јединице се разликују од других по аспектима као што су димензије и стабилност, као и употребљивост у погледу поступака руковања, транспорта и утовара (Jeschke, 2011).

3.1 Изведени захтеви за будућу међународну товарну јединицу

Будућа међународна товарна јединица мора бити компатибилна са побољшаним средствима за транспорт и ново дизајнираним транспортним ланцима. На слици 3. дат је кратак преглед разматраних општих захтева за нову међународну товарну јединицу, како су идентификовани у *TelliBox* истраживачком пројекту (TelliBox, 2008). Због доминације контејнерских бродова, међународна товарна јединица мора бити примењива у интермодалном транспорту друмом, железницом и воденим транспортом. Према томе, међународна товарна јединица мора бити сложива, погодна за брз и једноставан утовар. Када је реч о димензијама и величини терета, битно је да се међународна товарна јединица прилагоди различитим димензијама транспортних средстава. Празна тежина товарне јединице је такође од кључног значаја. Што је већа тежина суда за празан ход било којим средством транспорта, то је већи утрошак у енергији и носивости (TelliBox, 2008).



Слика 3. Захтеви које мора да испуни будућа међународна утоварна јединице према TelliBox-у (Jeschke, 2011).

Када се упореде горе наведени захтеви са товарним јединицама на тржишту, може се направити матрица поређења техничких параметара за међународну товарну јединицу. На пример, постоје товарне јединице са унутрашњом висином од 3 м, али ниједна од њих се не може користити за отпрему или није опремљена бочним вратима. На слици 4. приказани су најзначајнији захтеви за међународну товарну јединицу за предвиђену употребу и односе се на успостављена транспортна решења која су већ на тржишту (Jursch i dr, 2010). Тренутно на тржишту не постоји међународна товарна јединица која задовољава све захтеве. Релативно нови контејнер за широке палете је најближе решење на тржишту. (Jeschke, 2011).

■ Standard ● Namenski ▲ Nema

	Kontejner ISO	Swap-Body	Poliprikolica Jumbo
Trimodalni	■	●	●
Složiva	■	▲	●
Rukoivanje odozgo	■	●	●
Zapremine do 100 m3	●	■	■
3 m unutrašnje visine	●	■	▲
Utovar robe sa tri strane	■ Na zahtev	▲	■
Osiguranje robe (vezivanje)	■	▲	▲
Utovar odozgo	■ Na zahtev	▲	▲ Na Zahtev

Слика 4. Поређење техничких параметара успостављених товарних јединица (Jeschke, 2011)

3.2 Ефикасно коришћење инфраструктуре и превозних средстава

3.2.1 Већа транспортна средства

Повећање величине транспортних средстава је један од приступа који се може користити за транспорт већих количина робе. Концепти у вези са већим транспортним средствима укључују следеће примере (Jeschke, 2011):

- дужи и тежи камиони
- дужи теретни возови и
- већа теретна пловила.

Нова класа контејнерских бродова се развија за прекоокеански транспорт од стране индустрије. Железнички теретни саобраћај би имао користи од дужих возова, а у Европи су недавни истраживачки пројекти анализирали максималну дужину возова у односу на инфраструктуру. У друмском саобраћају, дужи и тежи камиони су предмет дискусија. У Канади, Аустралији и неким земљама у Европи, дозвољено им је да циркулишу, док су у САД и за циркулацију преко граница у Европи, камиони ограничени на 40 т (44 т у интермодалном транспорту) (Jeschke, 2011).

3.2.2 Флексибилни железнички саобраћај (FlexCargoRail)

FlexCargoRail има за циљ да повећа ефикасност саобраћаја појединачних колских пошиљака, посебно на првој тј. последњој миљи (*last mile*) и током операција маневрисања. Самим тим, појединачни вагони се покрећу на електрични погон и њима се управља преко даљинског управљача од стране особља у дворишту. Идеја је да се убрзају маневарски процеси и повећа флексибилност. Пошто је сваки *FlexCargoRail* вагон опремљен електричним погоном и батеријом, дистрибуирана вуча за теретне возове (као што се већ примењује на модерним путничким возовима) могла би бити будуће проширење система. За разлику од почетне ситуације у којој сви вагони морају бити вучени локомотивом, главна предност *FlexCargoRail*-а је у томе што се сваки вагон, опремљен FlexCargoRail технологијом, може преместити независно од локомотиве током маневрисања. Пројекат FlexCargoRail је покренут и одобрен од стране Немачког Министарства за економију (Dickenbrok i dr., 2009).

4. ЗАКЉУЧАК

Због јачања економије у источној Азији, која представља најбрже растућу регију у свету, глобални токови робе знатно ће се померити ка овим тржиштима. Кина представља највећег извозника робе на свету, остављајућу све остале економије знатно иза себе. Брзи раст GDP-а у Кини, Индији и другим азијским земљама повезан је са повећањем трговинских удела у глобалној трговини. Све ово довешће да Азија игра велику улугу у развоју будућих транспортних и робних токова тј. очекује се да главни правци иду из и ка Азији.

На путу је неколико решења за будуће међународне товарне јединице. Тренутна иницијатива Европске комисије је да се успостави јединствено европско транспортно подручије са усклађеним (прилагођеним) законодавством. Међутим, није могуће обезбедити и препоручити једну јединствену међународну товарну јединицу која покрива све захтеве, будући да је сектор транспорта веома подељен по видовима и састоји се од много предузећа са широким распоном њихових величина. Тржишно увођење 45 фт палетног контејнера пружа изводљив приступ превазилажењу ових изазова. Међутим, да би имао користи од овог развоја, концепт мора постати међународни стандард.

На основу налаза различитих студија, може се рећи да ће доћи до незнатног помака ка локално произведеним и „етичким“ добрима. Међутим, неоспорно је да ће се обим терета у целом свету значајно повећавати. Релације на којима ће се превозити роба фокусираће се више на тржишта у развоју. Државе BRICSA-а (Бразил, Русија, Индија, Кина и Јужна Африка) имаће све веће учешће у светској економији и трговини. Уопштено, социо-економски трендови као што су цена нафте и дистрибуција, еколошка свест друштва и промене у понашању потрошача, законодавни оквири (као што су прописи о димензијама транспортних средстава) и инфраструктурна ограничења дефинисаће захтеве за будуће међународне товарне јединице. Овде се дају нека прва решења према доступној литератури о томе како би требало да се решава овај проблем како за ефикасне товарне јединице, тако и за ефикасно коришћење инфраструктуре односно средстава за транспорт. Европска комисија је већ иницирала промене у законодавству за тежине и димензије код друмског транспорта како би се прилагодило новим

околностима, технологијама и потребама. Овакав систематски приступ, комбинујући захтеве и потребе свих видова саобраћаја, у савременом контексту ствари је начин да се олакша интермодални транспорт и на тај начин подржи одрживо смањење укупне потрошње енергије и емисије у глобалном теретном саобраћају.

5. ЛИТЕРАТУРА

Dickenbrok B., Jugelt R., Schröder J., Stuhr H. (2009), FlexCargoRail – a contribution to increasing efficiency in wagonload traffic. ZEV-Rail, Heft 1-2, 2009.

Ester (2019), U.S. and E.U. Trade War https://esterholdings.com/torgovaja-vojna/, 18.08.2019.

EU - European Commission (2006), Keep Europe moving –Sustainable mobility for our continent. Mid-term review of the European Commission`s 2001 Transport White Paper, Brussels.

EU - European Commission, (2011a), Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system – White Paper, Brussels.

EU - European Commission, (2011b), EU Transport in Figures. Statistical Pocketbook 2011, Brussels.

EUROSTAT (2017): Illustrated Glossary for Transport Statistics. 5th Edition.

Gudehus, T., Kotzab, H. (2009), Comprehensive Logistics. Springer. Berlin.

Henning, K., Isenhardt I., Hees F. (2009), Internationales Monitoring zum Programm "Arbeiten – Lernen – Kompetenzen entwickeln. Innovationsfähigkeit in einer modernen Arbeitswelt." Aachen.

Jursch S., Jalocha S., Hauck E., Jeschke S., Henning K. (2010), An efficient development process for an innovative transport unit. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) 2010. Macau.

PWC - PricewaterhouseCoopers (2009), Transport & Logistics 2030.

Jeschke S. (2011), Global Trends in Transport Routes and Goods Transport: Influence on Future International Loading Units

TelliBox Deliverable no. D2. Report requirement specification, www.TelliBox.eu. 2008.

TelliBox Deliverable no. D2. Report requirement specification, www.TelliBox.eu. 2008.

The Martime Executive (2019), Global Freight Demand to Triple by 2050 https://www.maritime-executive.com/article/global-freight-demand-to-triple-by-2050, 21.08.2019.

Word Economic Forum (2018), The world's $80 trillion economy - in one chart https://www.weforum.org/agenda/2018/10/the-80-trillion-world-economy-in-one-chart/, 23.08.2019.

World Trade Organization, WTO (2011), International Trade Statistics 2010. Geneva.

World Trade Organization, WTO (2019), Global trade growth loses momentum as trade tensions persist https://www.wto.org/english/news_e/pres19_e/pr837_e.htm, 30.08.2019.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ANALYSIS OF TRAFFIC SIGNALIZATION AT LOCATION OF TRIVE AMELICE AND DR MLADEN STOJANOVIC IN BANJA LUKA

ANALIZA SAOBRAĆAJNE SIGNALIZACIJE NA UKRŠTANJU ULICA TRIVE AMELICE I DR MLADENA STOJANOVIĆA U BANJOJ LUCI

Radenka Bjelošević[a], Aleksandar Đukić[b], Dragan Gatarić[c], Branko Aleksić[d], Dejana Pajić[e], Milan Sandić[d]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, radenka.bjelosevic@sf.ues.rs.ba*

[b] *Republic Administration for Inspection Activities, Republic of Srpska Inspectorate, Republika Srpska Square 8, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, djukicaleksandar1990@gmail.com*

[c] *SW Health Center Banja Luka, Sime Matavulja without number, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, gataric.dragan@yahoo.com*

[d] *'HKP CONSULTING', Kralja Petra II Karađorđevića 9a, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, b.d.aleksic@gmail.com, milan.sandic@gmail.com*

[e] *'AMD TB Brod', Petra Petrovića Njegoša 125, Brod 74450, Bosnia and Herzegovina, pajicdejana89@gmail.com*

Abstract: *Roads as base on which takes place traffic, must be designed, built, equipped and maintain so they fit mine purpose and requirements security traffic. Participants in traffic are obliged to act in accordance with traffic regulations, traffic signaling and commands which if it is authorized person, where it is arranged to be participants in traffic they are obliged to act in accordance with traffic signalization and when this deviates from the traffic rule. Analyzing unfolding traffic on considered crossroad there was a change procedure way regulation traffic on crossroad and improvements functionality crossroad and increasing the safety of traffic on the same.*

Change ways regulation traffic on intersection is necessary, and will be performed using vertical i horizontal traffic signs, and PVC prefabricated elements, with a view to traffic on crossroad regulates on principle "roundabout ". Also, the intersection must be design to get out with elements, traffic signs and the equipment, in accordance with legal regulation and traffic-safety requirements.

Key words: *roundabout, design, positioning, traffic signalization and equipment, traffic-safety*

Apstrakt: *Putevi, kao osnova na kojoj se odvija saobraćaj, moraju se projektovati, izgrađivati, opremati i održavati tako da odgovaraju svojoj namjeni i zahtjevima bezbjednosti saobraćaja. Učesnici u saobraćaju dužni su da postupaju u skladu sa propisima o pravilima saobraćaja, saobraćajnoj signalizaciji i naredbama koje daje ovlašćeno lice, pri čemu je uređeno da su učesnici u saobraćaju dužni da postupaju u skladu sa saobraćajnom signalizacijom i kada se time odstupa od pravila saobraćaja. Analizom odvijanja saobraćaja na razmatranoj raskrsnici došlo se do procedure promjene načina regulisanja saobraćaja na raskrsnici i unapređenja funkcionalnosti raskrsnice i povećanja bezbjednosti saobraćaja na istoj.*

Promjena načina regulisanja saobraćaja na raskrsnici je neophodna, te će se izvesti korišćenjem vertikalne i horizontalne signalizacije, te montažnih PVC elemenata, s ciljem da se saobraćaj na raskrsnici reguliše na principu "kružnog toka saobraćaja". Takođe, raskrsnica se mora projektovati da bi se izvela sa elementima, saobraćajnom signalizacijom i opremom, koja je u skladu sa zakonskom regulativom i saobraćajno-bezbjednosnim zahtjevima.

Ključne riječi: *Kružna raskrsnica, projektovanje, pozicioniranje, saobraćajna signalizacija i oprema, bezbjednost saobraćaja*

1. UVOD

Uzimajući u obzir odredbe člana 30. Zakona o javnim putevima Republike Srpske ("Službeni glasnik Republike Srpske" br. 89/13), te da je uređeno da se "Održavanjem i zaštitom javnog puta" u smislu ovog zakona, smatraju radovi kojima se kontinuirano obezbjeđuje nesmetan i bezbjedan saobraćaj i čuva upotrebna vrijednost puta". (Zakon o javnim putevima, 89/13) Kako je upravljač puta dužan da pri izvođenju radova održavanja i zaštite obezbjedi nesmetan i bezbjedan saobraćaj, pri čemu se pod poslovima održavanja javinih puteva u skladu sa članom 31. Zakona, između ostalog podrazumijeva, i "druge poslove kojima se obezbjeđuje nesmetan i bezbjedan saobraćaj na putevima" (Zakon o javnim putevima, 89/13), Odjeljenje za saobraćaj i puteve je nakon analize odvijanja saobraćaja na raskrsnicama ulica dr Mladena Stojanovića i Trive Amilice pokrenulo proceduru promjene načina regulisanja saobraćaja na ovoj raskrsnici i unapređenja funkcionalnosti raskrsnice i povećanja bezbjednosti saobraćaja na istoj. Lokacija se nalazi u sjevernom dijelu užeg urbanog područja Banja Luke, u okviru teritorije Mjesne zajednice Rosulje.

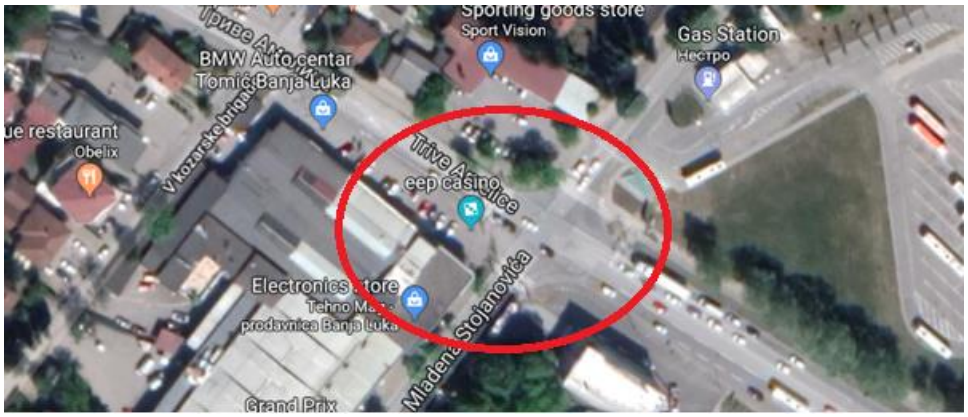
Kako je važećim članom 27. Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske (Zakon o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske, 63/11) definisano da se saobraćajna signalizacija i oprema puta postavlja na osnovu glavnog projekta saobraćajne signalizacije i opreme puta, ako se radi o saobraćajnoj signalizaciji i opremi puta stalnog karaktera, u cilju promjene načina regulisanja saobraćaja na ovoj raskrsnici pokrenuta je procedura izrade Glavnog projekta saobraćajne signalizacije i opreme puta za predmetnu raskrsnicu.

2. OPIS POSTOJEĆEG STANJA

Autor sa koautorima je obišao teren i snimio postojeće stanje u period 11., 12. i 13. marta 2019. godine. Predmetna raskrsnica u postojećem stanju je četvorokraka raskrsnica, regulisana svjetlosnom saobraćajnom signalizacijom. Istu čini četiri prilaza i to:

- prilaz 1A – sjeverni prilaz, ulica dr Mladena Stojanovića, u okviru koje egzistiraju dvije ulivne trake (kombinovana: pravo i desno, lijevo) i jedna izlivna saobraćajna traka,
- prilaz 1B – istočni prilaz, ulica Trive Amilice, u okviru koje egzistiraju dvije ulivne trake (kombinovana: pravo i desno, lijevo) i jedna izlivna saobraćajna traka,
- prilaz 1V – južni prilaz, ulica dr Mladena Stojanovića, u okviru koje egzistiraju dvije ulivne trake (kombinovana: pravo i desno, lijevo) i jedna izlivna saobraćajna traka,
- prilaz 1G – zapadni prilaz, ulica Trive Amilice, u okviru koje egzistiraju dvije ulivne trake (kombinovana: pravo i desno, kombinovana: pravo i lijevo) i dvije izlivne saobraćajne trake.

U okviru prilaza 1A, 1B i 1G postoje i obilježeni pješački prelazi.



Slika 1. Prikaz predmetne lokacije i neposrednog okruženja sa Google Earth-a

Predmetna raskrsnica nalazi se na ukrštanju ulica Trive Amelice i dr Mladena Stojanovića.

Postojeća raskrsnica je četverokraka semaforizovana raskrsnica, gdje je širina jugozapadnog kraka ulice dr Mladena Stojanovića iznosi 10,0 m i podjeljen je na tri saobraćajne trake, isto kao sjevernoistočni krak.

Sjeverozapadni krak, ulica Trive Amelice ima širinu cca 10,6 m i podjeljen je takođe na tri saobraćajne trake, dok je jugoistočni krak predmetne raskrsnice podjeljen na četiri saobraćajne trake ukupne širine cca 15,0 m. Na slikama 2, 3, 4 i 5 je prikazan pogled iz svih smjerova predmetne raskrsnice.

Slika 2. Pogled iz smjera autobuskog terminal (ulica dr Mladen Stojanović)

Slika 3. Pogled iz smjera magistralnog puta M4 (ulica Trive Amilice)

Slika 4. Pogled iz smjera parka dr Mladen Stojanović

Slika 5. Pogled iz smjera magistralnog puta M16 (ulica Trive Amilice)

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U radu su definisane i izvršene aktivnosti, koje se odnose na sljedeće:

- izvršeno je ažuriranje geodetske podloge s ciljem adekvatnog projektovanja i pozicioniranja raskrsnice sa kružnim tokom saobraćaja, te elemenata raskrsnice,
- demontaža i uklanjanje postojeće svjetlosne i vertikalne signalizacije, te uklanjanje postojećih horizontalnih oznaka, uključujući i odvoz elemenata svjetlosne i vertikalne saobraćajne signalizacije na lokaciju koju je odredio nadzorni organ,
- projektovanje montažno-demontažnog ostrva od plastičnih materijala prečnika 16,5 m, u cilju formiranja raskrsnice sa kružnim tokom, uključujući odgovarajuću vertikalnu i horizontalnu opremu,

- na ulazima u kružnu raskrsnicu projektovano je razdjelo saobraćajno ostrvo, od plastičnih montažno-demontažnih elemenata dužine 1 m sa visinom od maksimalno 20 cm, u cilju kanalisanja postojećih saobraćajnih traka, te da se pri tom obezbjedi bezbjedan priključak saobraćajnih traka u kružni tok,
- u okviru ulaznih razdjelnih ostrva predviđeni su svjetleći saobraćajni znakovi (II-61), te u okviru centralnog ostrva svjetleće saobraćajne znakove (II-64), sa napajanjem iz elektrodistributivne mreže,
- adekvatno su pozicionirani pješački prelazi na svim prilazima raskrsnici, najmanje u obimu koje je u postojećem stanju, uvažavajući geometrijske elemente raskrsnice sa posebnim osvrtom na bezbjednost pješaka,
- vertikalna saobraćajna signalizacija projektovana je u II klasi retrorefleksije,
- drugi radovi i aktivnosti s ciljem ostvarivanja adekvatnog i bezbjednog situacionog rješenja, a sve u skladu sa lokacijskim i urbanističko-tehničkim uslovima.

3.1 Saobraćajna signalizacija i oprema

Projekat saobraćajne signalizacije je rađen na geodetskoj podlozi u razmjeri 1:500. Osnova za ovaj rad su situacioni planovi saobraćajne signalizacije na kojima su ucrtana sva saobraćajna rješenja u onoj mjeri koliko je to moguće, s obzirom na razmjeru crteža. Elementi signalizacije su predstavljeni simbolima.

Za elemente signalizacije čiji su izgled i mjere definisani JUS standardima ili Pravilnikom o saobraćajnim znakovima (Službeni glasnik BiH 16/07), ovim radom nije predviđen detaljni crtež, oni u specifikacijama nose oznake iz Pravilnika.

U radu su obuhvaćeni svi elementi saobraćajne signalizacije, koji omogućavaju efikasno i bezbjedno odvijanje saobraćaja, a u skladu sa zakonskim propisima, odnosno po Zakonu o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima BiH (Službeni glasnik BiH broj 6/06), Zakon o izmjenama i dopunama zakona o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u BiH (Službeni glasnik BiH broj 8/17) i "Pravilniku o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na putevima, načinu obilježavanja radova i prepreka na putu i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašteno lice" (Službeni glasnik BiH broj 17/07), te važećim standardima u oblasti saobraćajne signalizacije i opreme puta.

3.2 Vertikalna saobraćajna signalizacija

Vertikalna saobraćajna signalizacija je postavljena tako da na najbolji način podržava vođenje saobraćajnih tokova i predstavlja kompatibilni dio sistema za upravljanje saobraćajem u zoni regulisanja.

Znakovi izričitih naredbi su postavljeni na mjesta od kojeg isti važe, znakovi obavještenja su postavljani prema specifikacijama iz podzakonskih akata. Postavljanje saobraćajnih znakova, odnosno definisanje određenih mjesta za postavljanje saobraćajnih znakova po "Pravilniku o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na putevima, načinu obilježavanja radova i prepreka na putu i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašteno lice".

Dimenzije znakova su proizašle iz člana 25. i člana 34 "Pravilnika o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na putevima, načinu obilježavanja radova i prepreka na putu i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašteno lice".

3.2.1 Tehnički uslovi za vertikalnu signalizaciju

Znakovi se izrađuju od aluminijumskog lima (plastificiranog u sivoj boji - RAL 9006) i aluminijumske obujmice, kojim se vrši obrubljivanje znaka radi ojačanja i boljeg estetskog izgleda. Ovaj aluminijumski profil koji se savija u obliku znaka, istom daje poseban pečat originalne konstrukcije, a izrađuje se po zahtjevu naručioca. U tako dobijen oblik se ugrađuje lim sa apliciranom folijom.

Vezni element - šelna, takođe originalne konstrukcije, izrađena od aluminijumskih profila, omogućava pričvršćivanje znaka na standardne stubove prečnika 60,3 mm. Elementi šelne su tako projektovani da vezuju znak za ugrađeni ram od Al-profila.

Svi metalni elementi moraju biti zaštićeni od vremenskih uticaja isključivo pocinčavanjem. Na licu znaka ne smiju biti vidljiva nikakva konstruktivna rješenja. Poleđina znaka i svi pričvrsni elementi moraju biti zaštićeni bojom od vještačkih smola u tamno sivom tonu. Znakovi moraju biti obezbjeđeni od vertikalnog i horizontalnog okretanja i smicanja.

Nosači saobraćajnih znakova moraju biti zaštićeni od korozije zaštitnom bojom i bojom od vještačkih smola ili plastificiranjem, u tamno sivom tonu. Sa gornje strane stub mora biti zatvoren ili poklopcem ili zavaren.

Stubovi nosači vertikalne saobraćajne signalizacije moraju biti utemeljeni u betonskom temelju i ankerima zaštićeni od okretanja.

Najmanja udaljenost saobraćajnog znaka od ivice kolovoza do najbliže ivice saobraćajnog znaka mora iznositi minimalno 0,3 m.

Stub saobraćajnog znaka, po pravilu, postavlja se najviše na 2,0 m od ivice kolovoza.

Saobraćajni znakovi smješteni uz kolovoz postavljaju se na visini do 2,20 m.

Vertikalna saobraćajna signalizacija se postavlja pod uglom od 3º do 5º od u odnosu na podužnu osu puta.

U kružnom ostrvu prema zahtjevima investitora potrebno je postaviti svjetleće saobraćajne znakove.

Garantni rok za izradu i postavljanje znakova signalizacije potrebno je postaviti sljedeće rokove garancije:

- za foliju – 7 godina na retrorefleksiju,
- za pocinčane čelične elemente – 2 godine na prohrđavanje,
- za aluminijumske elemente znakova – 5 godina na prohrđavanje,
- za građevinske radove – 1 godina na kvalitet.

Navedene garancije se ne odnose na mehanička oštećenja. Signalizacija mora posjedovati CE oznaku (usklađenost sa standardima EN).

3.3 Horizontalna saobraćajna signalizacija

Horizontalna saobraćajna signalizacija je, kao i vertikalna saobraćajna signalizacija, postavljena tako da na najbolji način podržava vođenje saobraćajnih tokova i predstavlja kompatibilni dio sistema za upravljanje saobraćajem u zoni regulisanja. Ista pruža nedvosmislene informacije o namjeni kolovozne površine, kako na otvorenom dijelu puta, tako i na prilazima važnijim ukrštanjima.

Članom 56. Pravilnika o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na putevima, načinu obilježavanja radova i prepreka na putu, i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašteno lice određeno je da oznake na kolovozu budu široke 0,15 m.

Horizontalna saobraćajna signalizacija se izvodi sa minimalnom retrorefleksijom od 150 mcd/m^2 lm na suvom i čistom kolovozu.

Prilikom izvođenja projektovane horizontalne saobraćajne signalizacije naročita pažnja se mora obratiti na tipove mogućih izvedbenih rješenja, u skladu sa važećim standardima.

3.3.1 Tehnički uslovi za horizontalnu signalizaciju

Izvođenje horizontalne signalizacije vrši se prema situacijama u projektu, detaljnim crtežima na situacijama i u okviru tehničkog izvještaja, i posebnim detaljnim tipskim crtežima.

Osnovni zahtjevi za osobine i kvalitet materijala, kao i upotrebne osobine moraju biti shodno JUS Z.S2.240.

Svi materijali moraju zadovoljavati uslove za određenu trajnost i kvalitet, a za svaki materijal izvođač mora obezbijediti atest.

Sve obojene površine moraju imati propisani koeficijent trenja prijanjanja.

Ivice linija i figura moraju biti oštre i ravne, sa odstupanjem od teorijske linije najviše 5 mm. Dopuštena odstupanja od mjera datih u projektu iznose najviše 5%.

Izvođenje radova se vrši mašinskim putem, a za termoplastične materijale hladnim ili toplim postupkom.

Cijene radova na izvođenju horizontalne signalizacije obračunavaju se po m^1 i m^2 bojene površine. Cijena obuhvata razmjeravanje na terenu, čišćenje i odmašćivanje kolovoza i bojenje.

Za sve radove garantni rok mora iznositi najmanje 12 mjeseci, dok za termoplastične materijale najmanje 36 mjeseci.

3.4 Saobraćajna oprema

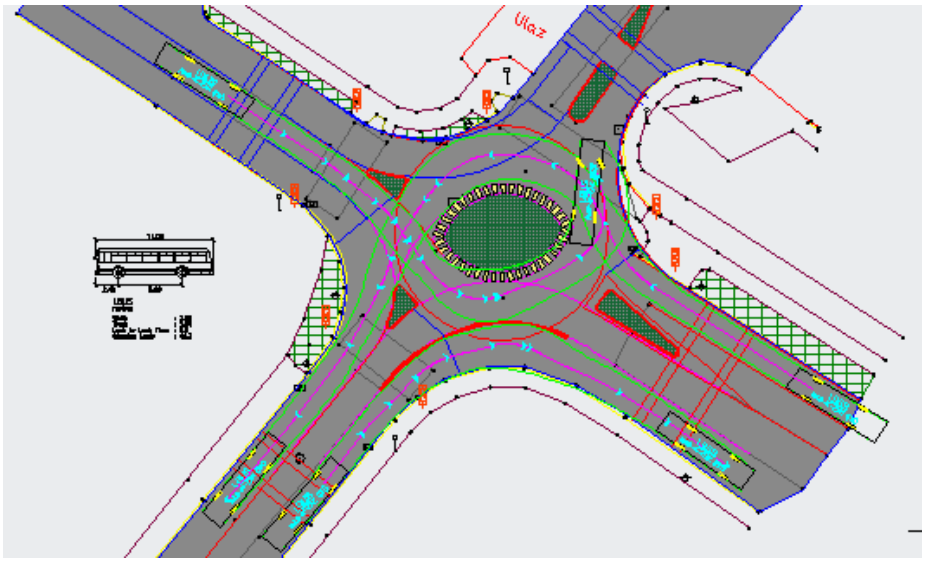
Na prilazima raskrsnici potrebno je izgraditi razdjelna ostrva, takođe od PVC elemenata.

Na ulazu u raskrsnicu gledano iz smjera parka dr Mladen Stojanović potrebno je fizički razdvojiti saobraćajne trake, tako da se krajnja desna traka koristi isključivo za desna skretanja. Isto je potrebno uraditi na zapadnom kraku raskrsnice (ulica Trive Amelice).

Za razdvajanje saobraćajnih traka na ulazu u raskrsnicu korišteni su djelineatori i PVC diskovi preko kojih je dozvoljeno gaženje.

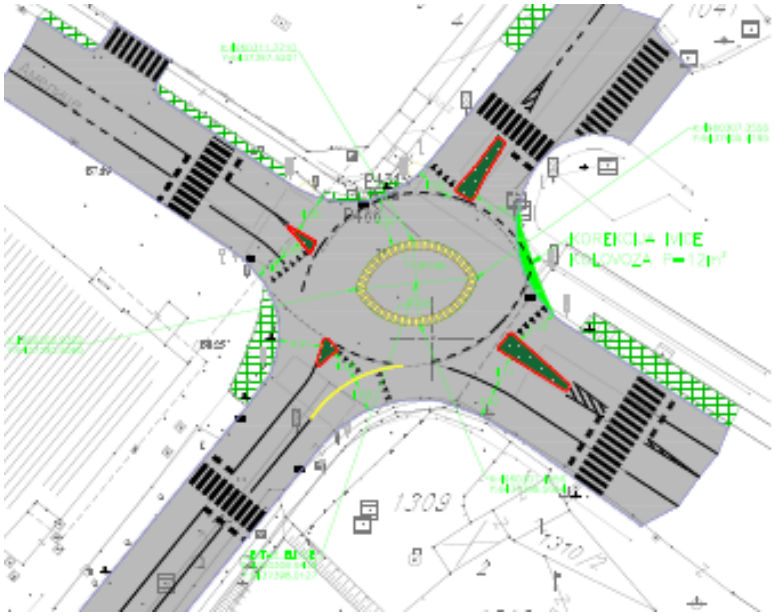
3.5 Usvojeno rješenje

Obzirom na prostorne mogućnosti donesena je odluka da se na predmetnoj raskrsnici, uzimajući u obzir bezbjednost saobraćaja i kapacitet raskrsnice, projektuje nestandardna ovalna raskrsnica, prikazana na slici 6.



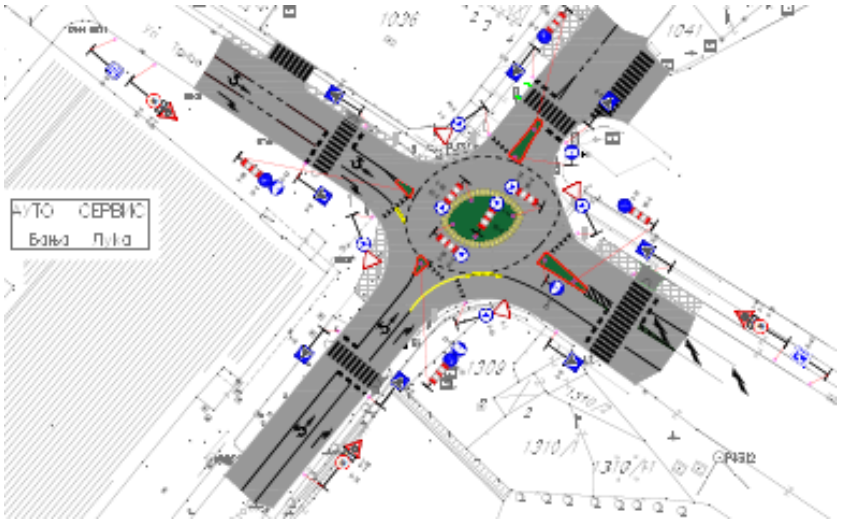
Slika 6. Analiza prohodnosti predmetne raskrsnice

Na novoprojektovanoj raskrsnici neophodno je proširiti i urediti sjeveroistočni krak raskrsnice za cca 12 m^2. Takođe, je neophodno da se dislociraju pješački prelazi, te da se urede pješačke površine sa rampama za osobe sa umanjenim tjelesnim potrebama.



Slika 7. Pozicija centralnog ostrva i korekcija ivice kolovoza predmetne raskrsnice

Zadržani su postojeći ivičnjaci, uz manju korekciju ivice kolovoza, odnosno projektovano rješenje je smješteno unutar granica postojeće standardne raskrsnice, bez pomjeranja postojećih granica.

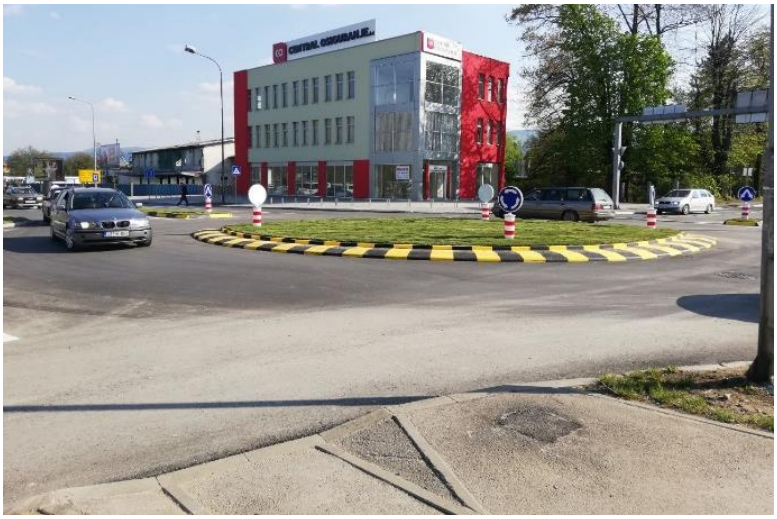


Slika 8. Situacioni plan saobraćajne signalizacije predmetne raskrsnice

Način vođenja krakova na kružnoj raskrsnici je izveden na način da su prilazi normalni na tangentu ose vanjske saobraćajne trake u kružnom prstenu, u tački u kojoj se ove ose sijeku. Obzirom na prostorne mogućnosti na predmetnoj raskrsnici dio elemenata kružne raskrsnice prečnika 15,9 m će biti izbačen, iako je to bio uslov od strane nadležnog organa, te će centralno ostrvo poprimiti ovalni oblik.

Takođe, drugi element koji je doprinio kvalitetnom rješenju ulaza u kružnu raskrsnicu je veličina ulaznog poluprečnika koja je direktno povezana sa brzinom vozila na ulazu u kružnu raskrsnicu. Izbjegli smo manje poluprečnike koji dozvoljavaju neadekvatne velike brzine na ulazu i manju mogućnost vožnje vozila do centralnog ostrva.

Bitno je napomenuti, da se tangencijalnim vođenjem prilaza dolazi do neprepoznavanja prednosti kretanja kroz kružnu raskrsnicu između vozila koja ulaze u kružnu raskrsnicu i onih koji se u njoj već kreću. Takvim se rješenjem ujedno omogućavaju velike brzine na ulazu u kružnu raskrsnicu, nedovoljnu preglednost na ulazu u raskrsnicu, te mogućnost nalijetanja na vozila koja se kreću unutar raskrsnice.



Slika 9. Izgled izgrađenog montažnog kružnog toka

Pravilnikom projektovanja uzet je u obzir i subjektivni ljudski faktor, kao što su navike stalnih korisnika, postojeća rješenja, kanalisanje pješačkih tokova i slično.

4. ZAKLJUČAK

Promjenu načina regulisanja saobraćaja na raskrsnici je izvršeno korištenjem vertikalne i horizontalne signalizacije, te montažnim PVC elementima. Saobraćaj na raskrsnici se reguliše na principu "kružnog toka saobraćaja". Posmatrana raskrsnica je projektovana sa elementima, saobraćajnom signalizacijom i opremom, koja je u skladu sa zakonskom regulativom i saobraćajno-bezbjednosnim zahtjevima. To znači da rješenje kružne raskrsnice ima iste elemente kao stalno (trajno) rješenje: poluprečnici odgovarajućih veličina, središnji otok, razdjelna ostrva, pješačke prelaze, saobraćajnu signalizaciju i drugo.

Na predmetnoj raskrsnici izgrađen je montažni kružni tok od reciklirane plastike vanjskog prečnika 16,5 metara. Moglo bi se reći da je ovo rešenje jedne nesvakidašnje regulacije saobraćaja na ovim prostorima. Ono što je jako bitno napomenuti je da se u postojeće gabarite raskrsnice uklapa izabrano rješenje, uz minalne korekcije na jednom dijelu, tako da radovi mogu da prođu kao redovno održavanje, te nije bila potreba građevinska dozvola.

5. LITERATURA

Pravilnik o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na putevima, načinu obilježavanja radova i prepreka na putu i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašteno lice ("Službeni glasnik BiH", br. 16/07 i 61/07).

Pravilnik o postavljanju posebnih objekata na putu radi smanjenja brzine kretanja vozila ("Službeni glasnik BiH", br. 17/07).

Pravilnik o osnovnim uslovima koje javni putevi, njihovi elementi i objekti na njima moraju ispunjavati sa aspekta bezbjednosti ("Službeni glasnik BiH", br. 13/07).

Pravilnik o sadržaju i kontroli tehničke dokumentacije ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 101/13).

Pravilnik o uslovima za planiranje i projektovanje objekata za nesmetano kretanje djece i lica sa umanjenim tjelesnim sposobnostima ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 93/13).

Pravilnik o uslovima i načinu revizije i provjere bezbjednosti saobraćaja, uslovima i načinu licenciranja revizora i provjerivača ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 72/12 i 94/18).

Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima (2005). Knjiga I: Projektovanje, Dio 1: Projektovanje puteva, Poglavlje 4: Funkcionalni elementi i površine puta Sarajevo/Banja Luka.

Zakon o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u BiH ("Službeni glasnik BiH", br. 06/06, 75/06, 44/07, 84/09, 48/10, 18/13 i 8/17).

Zakon o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 63/11).

Zakon o uređenju prostora i građenja ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 40/13).

Zakon o javnim putevima ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 89/13).

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS CLASS 1 - PROBLEMS AND SOLUTIONS

TRANSPORT OPASNIH MATERIJA KLASE 1 - PROBLEMI I REŠENJA

Nenad Smiljanić[a], Tanja Arsić[b], Siniša Sremac[a], Jovan Mišić[c]

[a] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Traffic Engineering, Dositej Obradovic Square 6, Novi Sad 21000, Serbia, mail nenad, sremacs@uns.ac.rs*

[b] *'ADR ASPEKT', Dvadesetdrugog oktobra 27 A, Belgrade 11000, Serbia, adraspekt@gmail.com*

[c] *Collage of Applied Tehnical Sciences Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš 18000, Serbia, jovan.misic@vtsnis.edu.rs*

Abstract: *Class 1 dangerous goods (explosives and subject with explosives) are transported, stored and manipulated in a manner prescribed by international and national regulations. Transport of explosives is one of the most risky transports today. The reason for the high risk is that this type of hazardous substance can cause great harm to people and property as well as to the environment. The characteristic of all Class 1 hazardous materials is that they may cause an explosion, which may in addition be toxic. Not every carrier can carry Class 1 hazardous materials, but only one that is licensed by the competent authority and meets the requirements of ADR. In carrying out this work, carriers encounter many problems that can be solved in the ways outlined in the paper, all with the aim of preserving human health and protecting the environment.*

Key words: *explosives, environmental protection, safety of participants in the transport of dangerous goods*

Apstrakt: *Opasna robe koja je svrstana u klasu 1 (eksplozivne materije i predmeti) se transportuje, skladišti i manipuliše na određen način propisan međunarodnim i nacionalnim propisima. Transport eksplozivnih materija spada u jedan od najrizičnijih transporta današnjice. Razlog visokog rizika je u tome što ova vrsta opasnih materija može naneti veliku štetu kako ljudima tako imovini i okolini. Karakteristika svih materija iz klase 1 opasnih materija je u tome što može doći do eksplozije, koja pored toga može biti i otrovna. Ne može svaki prevoznik da prevozi opasne materije klase 1, već samo onaj koji ima dozvolu od strane nadležnog organa i ispunjenjava uslove propisane ADR-om. Prilikom obavljanja ovog posla prevoznici nailaze na mnoge probleme koji se mogu rešiti na načine navedene u radu, a sve u cilju očuvanja zdravlja ljudi i zaštite životne sredine.*

Ključne riječi: *eksplozivne materije, zaštita životne sredine, bezbednost učesnika u transportu opasne robe*

1. UVOD

Eksplozivne materije i predmeti sa eksplozivnim materijama predstavljaju prvu od devet klasa opasnih materija. Ova klasa obuhvata šest podklasa koje se dodatno označavaju sa još trinaest oznaka. Pored eksplozivnih predmeta, kao što su meci, pirotehnička sredstva, dinamit i dr., ova klasa obuhvata i eksplozivne materije kao što su barut, nitroglicerin i dr.

S obzirom da postoji veliki broj opasnih materija koje spadaju pod ovu prvu kategoriju, nije ih moguće sve svrstati u jednu kategoriju opasnih materija. Podklase govore o kom stepenu opasnosti i kolikom riziku je izloženo okruženje ukoliko se transportuje ili skladišti određene vrstu opasne materije.

Kako bi transport mogao da se pravilno i bezbedno obavlja kada su u pitanju eksplozivne materije i predmeti sa ovim materijama, izrazito je važno poznavanje njihovih karakteristika i kompatibilnosti koja mora da postoji među njima (Green, 2000). Prema ovom domenu, karakteristike eksplozivne materije mogu da budu razvrstane u 13 grupa kompatibilnosti (podnošljivosti).

Poznavanje konkretnih karakteristika eksplozivnih materija i predmeta, koje pre svega polaze od njihove pripadnosti određenoj grupi kompatibilnosti, je veoma važno kod prevoza, njihovog držanja i skladištenja (Inić i

Jovanović, 2009). Posebna pažnja se mora usmeriti na lica koja rukuju ili vrše manipulaciju (utovar, istovar) opasnih materija, a naročito na skladištare koji su zaduženi za pravilno uskladištavanje eksplozivnih materija. Razorna moć većine opasnih materija klase 1 je takva da može izazvati katastrofalne posledice.

Predmet ovog rada je identifikacija osnovnih problema u transportu opasnih materija klase 1, kao jedne od najrizičnijih opasnih materija u svim logističkim procesima.

Problemi koji najviše utiču na transport su sledeći: tuneli nisu adekvatno obeleženi pa je prolazak kroz njih uvek rizičan, ako dođe do kvara vozila u konvoju, ne postoje bezbedna i zakonom određena mesta za njihovo zaustavljanje, vreme vozača u konvoju je veoma teško uskladiti s obzirom da ih ima više, nedovoljna saradnja između naše i zemalja Evropske unije da se usklade propisi koji se moraju poštovati, bez obzira da li se radi o robi, vozilu ili dokumentaciji.

U logističkom sistemu opasnih materija, transport opasne robe predstavlja tehnološki najzahtevniju uslugu (Milovanović, 2012). Standardi i zahtevi koje moraju da ispunjavaju svi učesnici, infrastruktura i osnovna sredstva (ambalaža, pokretna oprema pod pritiskom, cisterne, vozila, kola cisterne i brodovi) prevazilaze standarde i zahteve koji se uopšteno postavljaju pred transport drugih vrsta robe (Tomić i Sremac, 2019). Cilj rada je da se ukaže na postojeće probleme i daju adekvatna rešenja za transport opasnih materija klase 1 u skladu sa važećom regulativom u međunarodnom i unutrašnjem transportu.

2. MEĐUNARODNA REGULATIVA U TRANSPORTU OPASNIH MATERIJA KLASE 1

Regulativa za transport opasne robe je harmonizovana i pravno uređena oblast na međunarodnom nivou. Posebno su usvojeni propisi za drumski, železnički, vazdušni, rečni i pomorski transport i u velikoj meri su međusobno usaglašeni.

Drumski, železnički i vodni transport različitih vrsta klasa opasnih materija je strogo regulisan međunarodno potvrđenim sporazumima ADR, RID i ADN. Neke klase su strogo zabranjene da se transportuju sa drugim klasama, dok imamo određene klase opasnih materija koje su vrlo fleksibilne za transport i ne predstavljaju veću opasnost ukoliko se transportuju sa drugim klasama (Jovanović, 2004).

U cilju zaštite života i zdravlja ljudi, materijalnih dobara i čovekove sredine, proizvodnja, promet i prevoz eksplozivnih materija, zapaljivih tečnosti i gasova vrši se pod uslovima i na način određen međunarodnim i nacionalnim propisima.

Evropskim sporazumom o međunarodnom drumskom prevozu opasne robe propisani su tehnički uslovi koje je neophodno ispuniti kako bi se nesmetano obavio transport opasne robe. Transport opasne robe koja je svrstana u Klasu 1 (eksplozivne materije i predmeti), može da vrši prevoznik nakon pribavljanja dozvole za transport, ako su ispunjeni uslovi propisani međunarodnim sporazumom, koji na nacionalnom nivou ima "težinu" zakona. Dozvolu za transport za Klasu 1 koja se obavlja u međunarodnom transportu, izdaje ministarstvo nadležno za unutrašnje poslove, dok dozvolu za transport koji se u celosti obavlja u unutrašnjem transportu, izdaje ministarstvo nadležno za unutrašnje poslove. Za opasne robe koje pripadaju klasi 1, a koje su istovremeno i naoružanje, vojna oprema ili roba dvostruke namene, potrebno je pribaviti i saglasnost ministarstva nadležnog za poslove odbrane.

Rešenje o izdavanju dozvole za transport opasne robe je akt koji se izdaje za svaki pojedinačni transport. Rešenje o izdavanju višekratne dozvole za transport na teritoriji Republike Srbije izdaje se sa rokom važenja do šest meseci ukoliko se privredno društvo, drugo pravno lice ili preduzetnik bavi delatnošću u vezi s korišćenjem eksplozivnih materija i predmeta, radioaktivnih materijala ili opasnog otpada na teritoriji Republike Srbije, a transport obavlja sopstvenim vozilom.

Podnosilac zahteva kome je izdata dozvola za transport opasne robe dužan je da najmanje 24 časa pre započinjanja transporta obavesti o tome organ koji mu je izdao dozvolu, odnosno organ koji je određen u dozvoli. Obaveštenje obavezno mora da sadrži: broj rešenja nadležnog organa na osnovu kojeg je izdata dozvola, UN broj i naziv robe, vreme početka transporta, trasu kretanja, vreme i mesto predviđeno za odmor, predviđeno vreme završetka transporta, mesto istovara, registarski broj vozila.

Nadzor nad sprovođenjem zakona u pogledu prometa i prevoza eksplozivnih materija i proizvodnje, prometa i prevoza zapaljivih tečnosti i gasova kao i mere bezbednosti u oblasti prevoza eksplozivnih materija, zapaljivih tečnosti i gasova vrši nadležni organ za unutrašnje poslove. Ministar nadležan za unutrašnje poslove propisuje posebne mere bezbednosti u transportu opasne robe sa povećanim bezbednosnim rizicima.

3. USLOVI TRANSPORTA

Kada se vozila kojima se transportuju materije klase 1 kreću u konvoju, između svake dve transportne jedinice održava se međusobno rastojanje od najmanje 50m. Problem nastaje ako dođe do kvara vozila, jer ne postoji dozvoljeno mesto za zaustavljanje ovakvog konvoja, a najčešće je potreba takva da vozila moraju stati blizu naseljenih mesta, što nije dozvoljeno. Takođe, ako imamo više vozača u konvoju, nezgodno je uskladiti radna vremena, pa ako jedno vozilo stane, moraju i ostala, pa se u tom slučaju transport dovodi u pitanje.

Zadržavanja na graničnim prelazima bi trebala biti smanjena na minimum kada je u pitanju opasan teret klase 1 i pored humanitarnih pošiljki i pošiljki kvarljivog sadržaja, da se tretira se kao prioritet kod nadležnih službi prilikom tranzita između zemalja kroz koje konvoj prolazi. Međutim, u praksi nije takva situacija.

Usled niza nepredviđenih okolnosti, npr. vremenskih nepogoda, nepotpune ili istekle dokumentacije vozila ili članova posade, neadekvatne opreme na vozilima, međusobne neusaglašenosti država u skladu sa ADR propisima i mnogih drugih faktora, dešava se da vozila moraju da budu privremeno parkirana odnosno smeštena u granični pojas dok se ne steknu svi potrebni uslovi za bezbedan nastavak transporta opasnog tereta klase 1. U pojedinim uređenim državama, postoje posebno izgrađena parking mesta za eksplozivne materije. To su takozvani „bunkeri“ obloženi visokom betonskom konstrukcijom sa pokretnim čeličnim vratima, obezbeđeni protivpožarnim i drugim sistemima zaštite od zapaljenja ili pražnjenja.

Ukoliko je prilikom drumskog transporta eksploziva potrebno koristiti i prevoz brodom, na tim brodovima se nalaze slična parking mesta namenski projektovana za smeštaj eksplozivnih materija. To su takozvane „komore“ koje usled bilo kakvog iznenadnog paljenja ili pražnjenja, ostaju zatvorene sa svih strana i istog momenta se ispunjavaju vodom.

Zbog ovakvih stvari mnogi ugovarači prevoza od prevoznika i drugih učesnika u transportu, traže specijalne vrste osiguranja transporta eksplozivnih materija, jer su posledice usled nepredviđenih događaja mnogo velike.

Tokom transporta eksplozivnih materija poštuju se vremena vožnje i pauza vozača kao i kod običnog transporta robe u drumskom saobraćaju. Pravilnik o vremenima vožnje i pauze vozača u drumskom saobraćaju u svim zemljama je definisan na isti način. Vozači shodno pravilniku mogu da voze neprekidno 4,5 sata, a nakon toga obavezna je pauza od najmanje 45 min. Nakon pauze dozvoljeno je voziti još 4,5 sata i tada je ispunjeno dnevno vreme vožnje posle koje vozač mora da pravi obaveznu dnevnu pauzu. Ta vremena beleži digitalni tahografski uređaj unutar kamiona. Tahografski uređaj je jedini uređaj koji ostaje pod naponom kada se isključi ADR sklopka na vozilu. Posadu vozila vrlo često čine dva vozača kako bi se povećala dnevna vožnja, posebno ukoliko se eksplozivna materija transportuje na veću udaljenost da bi se ispoštovali rokovi isporuke ili je iz nekog razloga to definisano ili propisano.

4. VOZILA ZA TRANSPORT OPASNIH MATERIJA KLASE 1

Svako vozilo za transport opasnih materija poseduje određene specifičnosti po kojima se razlikuje od vozila za transport klasičnih vrsta robe. Skup eksploataciono-tehničkih karakteristika vozila podrazumeva kompleks međusobno povezanih karakteristika od kojih zavisi pogodnost konkretnog vozila za korišćenje pri određenim specifičnim eksploatacionim uslovima. Kada je u pitanju transport opasnih materija, važno je istaći da dolazi do promene uslova eksploatacije samog vozila i menjaju se eksploataciono-tehničke karakteristike vozila. Trenutni stepen razvoja nauke i tehnike nije dostigao tako visok nivo razvoja materija i svih potrebnih pratećih komponenti kako bi omogućio proizvodnju vozila koja bi uspela da zadovolje funkciju cilja u svim uslovima eksploatacije, pa iz tog razloga postoje vozila koja se upotrebljavaju za različite uslove eksploatacije (Donald i Carlucci, 2007).

4.1 EX/ll vozila

Ova vozila moraju biti napravljena od materijala koji ne sagorevaju i koji su otporni na vremenske uslove. Takođe materijali od kojih su izgrađena vozila ne smeju sa tovarom graditi opasna jedinjenja. Grejači sa sagorevanjem mogu biti ugrađeni na vozila EX/II i EX/III samo za grejanje vozačke kabine ili grejanje motora. Prekidač za grejače može biti instaliran i van kabine vozača. U samom tovarnom prostoru ne smeju se nalaziti grejači, cisterne za gorivo, pogonski elementi, cevovodi za dovod vazduha za sagorevanje ili grejanje kao ni izlazni otvori izduvnog cevovoda neophodnog za funkcionisanje grejača sa sagorevanjem.

Vozila su konstruisana, izrađena i opremljena tako da su eksplozivi zaštićeni od spoljašnjih opasnosti i vremenskih nepogoda (slika 1). Ova vozila mogu biti zatvorena ili prekrivena ceradom. Cerada mora biti otporna na cepanje i izrađena od nepromočivog, teško zapaljivog materijala. Cerada treba da bude tako rastegnuta da pokriva tovarni prostor sa svih strana. Svi otvori tovarnog prostora zatvorenih vozila imaju fino nalegajuća vrata ili krute poklopce koji se mogu zaključati. Vozački deo je odvojen od tovarnog prostora kontinualnom pregradom.

Slika 1. EX/II vozilo

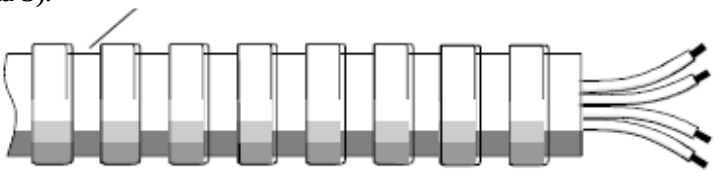
4.2 EX/III vozila

Kao i kod EX/ll vozila, ova vrsta vozila moraju biti napravljena od materijala koji ne sagorevaju i otporni na vremenske uslove. Tovarni prostor je zatvoren (slika 2) i nije dozvoljeno da bude prekriven ceradom. Vozački deo je odvojen od tovarnog prostora kontinualnom pregradom. Površine tovarnog prostora moraju biti kontinualne. U tovarnom prostoru mogu se postaviti tačke za vezivanje tovara. Svi spojevi moraju biti zaptiveni i svi otvori imaju mogućnost zaključavanja. Vrata su tako izrađena i postavljena da se preklapaju na spojevima.

Slika 2. EX/III vozilo

Motor kod ovih vozila mora biti ispred prednjeg zida tovarnog prostora. Međutim, motor može biti izveden i ispod tovarnog prostora samo ukoliko svojim radom ne podiže temperaturu iznad 80 °C. Električne

instalacije na ovim vozilima su izvedene tako da ne mogu slučajno stvoriti varnicu kratkim spojem i time potencijalno ugroziti čitav tovar. Provodnici u ovim vozilima su pričvršćeni i pozicionirani tako da budu otporni na mehanička i temperaturna naprezanja. Provodnici sa zadnje strane kabine su dodatno zaštićeni rebrastim crevom od polimera (slika 3).



Slika 3. Dodatna zaštita provodnika sa zadnje strane kabine

4.3 MEMУ (Mobile Explosive Fabrication Unit) vozila

MEMU vozila se koriste za transport eksplozivnih materijala. Pored toga što transportuju opasne materjie klase 1, ova vozila i postavljaju sam eksploziv (slika 4). Koriste se najčešće u rudarskoj i građevinskoj industriji pri probijanju tunela ili obrušavanju brda.

Slika 4. Memu vozilo i ugradnja eksploziva

Jedna od prednosti ovih vozila jeste i prilagođavanje temperature. Ova vozila mogu da održavaju temperaturu u opsegu od -40 do 60 ^{o}C. Konstruisana su tako da mogu da se kreću po svim vrstama terena. MEMU vozila moraju da budu opremljena automatskim sistemom za gašenje požara za motorni prostor. Takođe, oprema za izradu i posebni tovarni prostori su opremljeni bravama. Utovarena MEMU vozila moraju stalno biti pod nadzorom, čak i dok su parkirana u skladištima ili u fabričkom krugu.

5. ZAKLJUČAK

Opasne materije klase 1 se prevoze ređe nego materije neke druge klase. Transport ove vrste robe je veoma opasan u gradskim i urbanim područjima, gde eksplozija može izazvati veliku štetu kako ljudima tako i na imovini. Apsolutna zaštita od nastajanja akcidentnih situacija ne postoji. Međutim nizom preventivnih mera spomenutih u radu može se znatno uticati na smanjenje rizika.

Pre svega misli se na određivanje mesta na granicama gde bi vozila koja voze ovu vrstu tereta mogla da se zaustave dok se obavljaju carinske formalnosti, takođe da se na teritoriji cele države organizuju mesta za zaustavljanje i parkiranje ovih konvoja, da se tuneli adekvatno označe da bi ruta kojom se kreću bila što bezbednija. Međutim jedan od predloga za bolje uslove transporta bi bio i da se vozačima ovih konvoja dozvoli malo drugačije radno vreme, koje bi bilo u skladu sa situacijom na teretu, da ne bi došlo do toga da jednom vozaču istekne vreme vožnje pa ceo konvoj sa sve pratnjom treba da se zaustavi. Saradnja između svih karika u ovom transportnom lancu bi morala biti bolja.

Smanjenje rizika u transportu ovih vrsta opasnih materija je od velikog društvenog interesa. Najčešći faktor nastajanja akcidentne situacije je upravo čovek i zbog toga postoje propisi koji se moraju poštovati u transportu opasnih materija klase 1. Jedna od mera jeste korišćenje savremenih transportnih sredstava sa mnogo boljim tehničko-eksploatacionim karakteristikama koje doprinose višem stepenu opšte bezbednosti. Još jedna mera zaštite mogla bi biti automatski sistem komunikacije sa nadležnim institucijama. Ova tehnologija radi na principu radio odašiljača koji neposredno nakon nezgode javlja nadležnim institucijama lokaciju i vreme kada je

došlo do nezgode. Na ovaj način nadležne ekipe mogu reagovati u najkraćem roku i smanjiti ili neutralisati nastalu štetu delovanjem eksplozivnih materija. Svako transportno preduzeće nailazi na specifične prepreke i probleme u svom radu. Međutim, odgovornost se ne odnosi samo na njih, već svi učesnici u transportu opasne robe moraju voditi računa o svojim obavezama i na taj način doprinose bezbednijem okruženju, a svakako i očuvanju životne sredine.

6. LITERATURA

Donald, E., Carlucci, Sidney S. Jacobson, (2007). Ballistics: Theory and Design of Guns and Ammunition, CRC Press.

Evropski sporazum o međunarodnom drumskom prevozu opasne robe (ADR), (2019). Ujedinjene Nacije, Ženeva i Njujork.

Green, M. (2000). Weapons of Patton's Armies, Zenith Press.

Inić, M., Jovanović, D. (2009). Propisi u oblasti saobraćaja, FTN Izdavaštvo, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.

Jovanović D. V. (2004). Transport opasnih materija, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.

Konvencija o međunarodnim železničkim prevozima (COTIF) Dodatak C – Pravilnik o međunarodnom železničkom prevozu opasne robe (RID), (2019).

Milovanovic B, Doktorska disertacija, Prilog razvoju metodologije za izbor trasa za kretanje vozila koja transportuju opasnu robu sa aspekta upravljanja rizikom, (2012) Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd.

Pravilnik o načinu transporta opasnog tereta u drumskom saobraćaju, Sl. glasnik Republike Srbije br. 125/2014.

Pravilnik o sadržini sertifikata o odobrenju za vozilo i uslovima pod kojima se izdaje, odnosno vraća sertifikat o odobrenju za vozilo, Sl. glasnik Republike Srbije br. 36/2013.

Tomić, D., Sremac, S. (2019) Transportation of dangerous goods across cities – amendments in favor of traffic streams identification and facilities protection, 14th International Conference "Road Safety in Local Community", Kopaonik, Serbia, Vol. 2, pp. 261 – 270.

Zakon o transportu opasne robe, Sl. glasnik Republike Srbije, br. 104/2016 i 83/2018.

Zakon o eksplozivnim materijama, zapaljivim tečnostima i gasovima, Sl. glasnik Republike Srbije br. 54/2015.

Zakon o radnom vremenu posade vozila u drumskom prevozu i tahografima, Sl. glasnik Republike Srbije br. 96/2015 i 95/2018.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.af.uae.rs.ba

MODEL OF PEDESTRIAN SPEED ON SIGNALIZED CROSSWALKS

MODEL BRZINE KRETANJA PJEŠAKA NA SEMAFORISANIM OBILJEŽENIM PJEŠAČKIM PRELAZIMA

Dragana Nenadić[a], Jovana Božanović[a], Mirsada Ćorić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišiča 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, dragana_95_@hotmail.com, jovananeskovic63@gmail.com, mirsada.kamenakovic@hotmail.com*

Abstract: *The time required for crossing the crosswalk is in the basic function on the length of the crosswalk and walking speed of the pedestrian. However, when pedestrians demands is required, the crossing time is increased, becouse the speed of the pedestrians walking decreases due to the interaction between the opposite pedestrian flows. In this case, another dimension of the marked pedestrian crossing became significant - its width. The paper analyzes the pedestrians speed depending on the width of the crosswalk. Using the methods of scientific observation and video surveying techniques, results are obtained about the pedestrians speed at crossings of different widths, on the basis of which the velocity model and the progressive improvement of the rate of change in the marking speed have been presented.*

Key words: *pedestrian speed, crosswalk, signalized intersections, intersection geometry*

Apstrakt: *Vrijeme potrebno za prelazak pješačkog prelaza je u osnovnoj funkciji odnosno zavisnosti od dužine pješačkog prelaza i brzine hoda pješaka. Međutim, kada se zahtjevi pješaka povećaju s obje strane pješačkog prelaza, prelazak preko pješačkog prelaza vremenski raste, s obzirom da brzina hoda pješaka opada usljed interakcije između suprotnih pješačkih tokova. Upravo tada postaje značajna još jedna dimenzija obilježenog pješačkog prelaza – njegova širina. U radu je izvršena analiza brzine hoda pješaka u zavisnosti od širine obilježenog pješačkog prelaza. Korišćenjem metode naučnog posmatranja i tehnike video snimanja na terenu, dobijeni su rezultati o brzinama hoda pješaka na pješačkim prelazima različite širine, na osnovu kojih je predstavljen model brzine hoda pješaka uz prognozu daljih promjena brzine s promjenom širine obilježenog pješačkog prelaza.*

Ključne riječi: *brzina pješaka, pješački prelaz, signalisane raskrsnice, geometrija prelaza*

1. UVOD

Pješaci su najčešći, najsporiji i najmanje zaštićeni učesnici u saobraćaju, zbog čega njihovo kretanje na kolovozu zahtjeva posebnu zaštitu. Naročitu zaštitu pješaci zahtijevaju u urbanim sredinama gdje se prilikom prelaska preko kolovoza, prepliću s drugim učesnicima koji se kreću iz suprotnog smjera i time smanjuju svoju brzinu kretanja, čime se duže zadržavaju na kolovozu i izlažu većem riziku.

Prema Zakonu o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini, obilježeni pješački prijelaz je dio površine kolovoza namijenjen za prelaženje pješaka preko kolovoza, obilježen oznakama na kolovozu i odgovarajućim saobraćajnim znakom. Pješački prelazi mogu da budu regulisani na više načina. Prvi način regulisanja kretanja pješaka preko pješačkih prelaza jeste kroz postavljane saobraćajnih znakova kojima se prvenstvo prolaza daje pješacima, ukoliko je ispred samog pješačkog prelaza postavljen znak za obilježavanje istog. Međutim, na velikim raskrsnicama, gdje je protok pješaka i vozila takvog inteziteta da postoji opravdanost za postavljanjem semafora, kretanje pješaka se reguliše davanje odgovarajućih svjetlosnih znakova, stop ili slobodan prolaz.

Vrijeme potrebno za prelazak pješačkog prelaza je u osnovnoj funkciji odnosno zavisnosti od dužine pješačkog prelaza i brzine hoda pješaka. Međutim, kada se zahtjevi pješaka povećaju s obje strane pješačkog prelaza, prelazak preko pješačkog prelaza vremenski raste, s obzirom da brzina hoda pješaka opada usljed interakcije između suprotnih pješačkih tokova. Upravo tada postaje značajna još jedna dimenzija obilježenog pješačkog prelaza – njegova širina. Propusnost pješačkog prelaza jeste sposobnost prolaska određenog broja

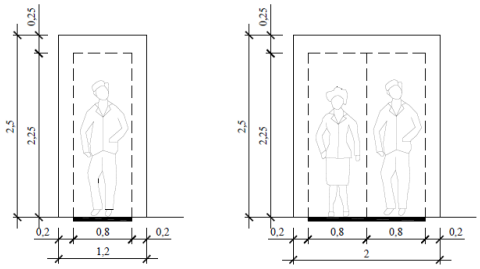
pešaka u jedinici vremena na određenom preseku. Propusnost kao parametar za određivanje širine prelaza uzima se u obzir samo kada se pojavljuje veliki broj pješaka. Propusnost jednosmernog pešačkog toka iznosi od 39 do 82 [pješaka/m/min], a za gradove se primenjuje protok od 66 [pješaka/m/min]. Kada je riječ o brzini kretanja neometenog pješaka, ona suštinski zavisi od njegove starosti, psihofizičkih sposobnosti i mjesta na kome se nalazi u trenutku kada stupa na kolovoz. Brojna su istraživanja (Goh i dr. 2012;) koja su pokazala da su brzine kretanja neometenih pješaka veće nego brzine pješaka koji su na određeni način ometeni, bilo da sa sobom nose prtljag, bilo da se kreću istovremeno s drugim pješacima.

Osnovni nacrtni profil kod pješaka se definiše na osnovu širine ramena 0,60 [m] i širine tijela pješaka 0,40 [m]. Međutim, svakom pješaku je potreban manevarski prostor za njegovo bezbjedno i neometano kretanje. Taj prostor se bitno razlikuje u zavisnosti da li se pješak kreće ili pak samo stoji. Najjednostavnije se dobija na osnovu razmaka između pješaka, koja je predstavljena u tabeli 1.

Tabela 1. Razmak između pješaka

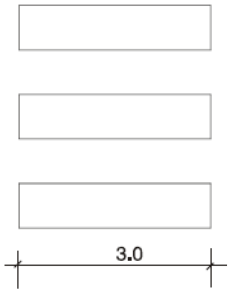
Razmak između pješaka	Paralelno u odnosu na širinu ramena [m]	Vertikalno u odnosu na širinu ramena [m]
Pješak koji stoji	0,80	0,75
Pješak koji se kreće	0,80	1,00

Slobodni i saobraćajni profil pješaka koji se upotrebaljava pri dimenzionisanju pješačkih prelaza predstavljen je na slici 1.



Slika 1. Slobodni i saobraćajni profil pješaka

Dakle, pored dužine pješačkog prelaza, vrlo važan faktor koji utiče na brzinu kretanja pješaka jeste širina pješačkog prelaza. Širina pješačkog prelaza trebalo bi da je u skladu s zahtjevima pješaka, međutim vrlo često zbog nedovoljnog prostora u raskrsnici, pješački prelazi bivaju označeni u manjim širinama nego što je zaista potrebno. Najmanja širina pješačkog prelaza može da bude 3,0 [m] a najveća 8,0 [m] (slika 2.)



Slika 2. Najmanja širina pješačkog prelaza

Pješački prelazi se moraju postaviti i kada nije ispunjen uslov veličine pješačkog toka. U takvim situacijama primjenjuje se samo kriterijum širine kolovoza, pa će širina pješačkog prelaza biti (Vukanović, 2010):

- za kolovoz sa 2 trake 3,0 [m],
- za kolovoz sa 3 i 4 trake 4,0 [m],
- za kolovoz sa 5 traka 5,0 [m] i više.

Na dijelovima ulica gdje je iz nekog razloga predviđena brzina vozila veća od 50 [km/h], uvijek se obilježava pješački prelaz širine 5,0 [m]. Na ulicama je uobičajeno, osim ukoliko se ne mora postupiti po kriterijumima veličine pješačkih tokova, da se projektuju pješački prelazi širine 4,0 [m]. S obzirom na potrebnu manevarsku površinu koju zahtjevaju pješaci, brzina pješaka bitno zavisi od širine samog pješačkog prelaza.

Rad je sačinjen iz nekoliko poglavlja, kroz koja je na kraju dat model brzine kretanja pješaka na semaforisanim obilježenim pješačkim prelazima. U prvom dijelu rada (*1. Uvod*) ukratko su opisane osnovne dimenzije koje su vezane za brzinu kretanja pješaka i širinu pješačkog prelaza koji pješaci prelaze. Naredni dio (*2. Pregled relevantnih istraživanja*) predstavlja nekolicinu istraživanja, što u okruženju, što u svijetu koji su se bavili temom brzine kretanja pješaka na različitim pješačkim površinama, među kojima su i semaforisani pješački prelazi. Treći dio rada (*3. Metode*) opisuje sve primjenjene naučne metode i tehnike, odnosno samu metodologiju po kojoj je istraživanje sprovedeno. U ovom dijelu rada data je pretpostavka odnosno hipoteza koja će da se ispituje. Sledeća dva poglavlja (*4. Rezultati, 5. Diskusija rezultata*) sadrže dobijene rezultate uz diskusiju dobijenih rezultata, na osnovu koje je predstavljen sam model brzine kretanja pješaka na semaforisanim obilježenim pješačkim prelazima. Na samom kraju rada data su zaključna razmatranja, pored kojih su navedeni i neki dalji budući koraci u vezi s sprovedenim istraživanjem.

2. PREGLED RELEVANTNIH ISTRAŽIVANJA

Brojni priručnici, kao što su priručnik o jedinstvenim uređajima za kontrolu saobraćaja u Sjedinjenim Američkim Državama te japanski priručnik o označavanju puteva, preporučuju odgovarajuće širine pješačkih prelaza, a sve u vezi s pješačkim zahtjevima. Tako recimo, priručnik o označavanju puteva u Japanu, nalaže da je minimalna širina pješačkog prelaza 4,0 m, dok je minimalna širina pješačkih prelaza u SAD-u 1,8 m. Razlozi za različite vrijednosti opravdavaju se kroz različite potrebe pješaka. Na ulicama je uobičajeno, osim ukoliko se ne mora postupiti po kriterijumima veličine pješačkih tokova, da se projektuju pješački prelazi širine 4,0 [m] (Vukanović, 2010).

U poglavlju Highway Capacity Manual (HCM) koji se odnosi na pješake, navodi se formula na osnovu koje može da se procjeni ukupno vrijeme potrebno za prelazak pješaka preko pješačkog prelaza. U datoj formuli, vrijeme provedeno na pješačkom prelazu ne zavisi od zahtjeva pješaka, dvosmjernog efekta niti širine pješačkog prelaza. Međutim, poglavlje koje se odnosi na pješački i biciklistički koncept, predstavlja osnovne dijagrame kretanja pješaka i biciklista na različitim površinama namijenjenim za njihovo kretanje, gdje se pominje, da se u slučaju dvosmjernog kretanja pješaka, javlja smanjenje kapaciteta. Dakle, dvosmjerno kretanje pješaka utiče na smanjenje osnovnih parametara pješačkog toka, među kojima je i brzina hoda pješaka, iz razloga interakcije pješaka koji se kreću iz suprotnih smjerova.

Yang i Sun (2014) su kroz svoje istraživanje dobili rezultate koji ukazuju na to da geometrija pješačkog prelaza, njegova širina i dužina, utiču na brzinu kretanja pješaka i njihovu popustljivost kada su u pitanju signalni znaci na semaforisanim obilježenim pješačkim prelazima. Zhao i dr. (2013), su primjenom tehnike video snimanja na terenu, analizirali putanje duž kojih se pješaci kreću, uz analizu prosječne brzine kretanja pješaka. Prema Iryo-Asano i Alhajyaseen (2014), pješački manevri zavise od mnoštvo faktora, među kojima je brzina hoda pješaka i geometrija same raskrsnice na kojoj se nalazi obilježeni pješački prelaz. Osim toga, (Kadali i Vedagiri, 2013) su u svojim istraživanjima utvrdili da na ponašanje pješaka pri prelasku kolovoza bitno utiču obim saobraćaja i geometrija kolovoza.

Onelcin i dr. (2017) su istraživali brzine kretanja pješaka i vremenske gubitke na različitim semaforisanim obilježenim pješačkim prelazima, gdje su utvrdili značajan uticaj različitih faktora kao što su starosna i polna struktura, veličina grupe, ometenost pješaka itd. Prema Goh i dr. (2012), brzina kretanja pješaka, na semaforisanim obilježenim pješačkim prelazima, nije ista kada je su u pitanju muškarci i žene, niti kada su u pitanju dnevni i noćni uslovi kretanja pješaka. Veće brzine kretanja su imali pješaci muškog pola, u svim starosnim grupama, gdje je u prosjeku brzina kretanja muškaraca iznosila 1,46 m/s, i žena 1,35 m/s.

Nekolicina istraživanja, među kojima je i istraživanje (Shahin, 2006), proučavala je ponašanje pješaka na obilježenim pješačkim prelazima s ciljem razvijanja mikro-simulacijskih model na osnovu kojih su otkrivene osnovne karakteristike ali i konflikti u kretanju pješaka.

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

3.1 Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja odnosi se na ponašanje pješaka na semaforisanim obilježenim pješačkim prelazima, konkretno brzine kretanja pješaka. Na terenu su snimljena kretanja pješaka na semaforisanim raskrsnicama s ciljem da se utvrde brzine kretanja pješaka u zavisnosti od širine obilježenog pješačkog prelaza. Dakle, istraživane su karakteristike kretanja pješaka na različitim širinama semaforisanih pješačkih prelaza kako bi se

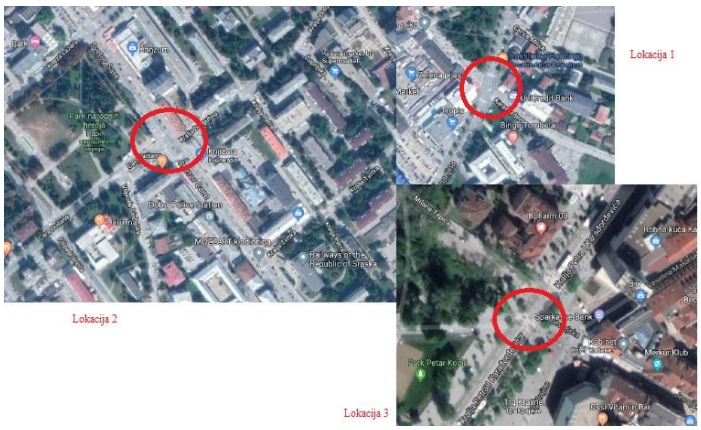
definisao model brzine kretanja pješaka, na osnovu koga se može dati pretpostavka šta će se dešavati s brzinom kretanja pješaka s daljim povećanjem, odnosno smanjenjem širine pješačkog prelaza. Cilj istraživanja jeste ocjena karakteristika kretanja pješaka na semaforisanim obilježenim pješačkim prelazima.

Hipoteza istraživanja: Brzina kretanja pješaka na semaforisanim obilježenim pješačkim prelazima će se smanjivati s povećanjem širine pješačkog prelaza.

3.2 Vrijeme i mjesto istraživanja

Vrijeme istraživanja jeste mjesec maj i jun, 2019. godine. Istraživanje je vršeno radnim danima, u periodima vršnog časa. Snimanje je vršeno u poslijepodnevnim vršnim periodima od 15.00 do 16.00 [h]. Dati period istraživanja izabran jer je na osnovu podataka o intezitetu saobraćaja u tim periodima najveći broj kako motornih vozila tako i pješaka. S obzirom da je istraživanje obuhvatalo tri lokacije, istraživanje je vršeno ukupno tri dana, pri čemu ukupno vrijeme trajanja snimaka iznosi 3 [h] odnosno 360 [min].

Mjesto istraživanja predstavljaju tri semaforisana obilježena pješačka prelaza od kojih se dva nalaze u gradu Doboju i jedan u gradu Banja Luci. Konkretno, riječ je o četverokrakim raskrsnicama na kojima se ukrštaju neke od najfrekventnijih gradskih ulica: Ulica Svetog Save, Ulica Cara Dušana i Ulica Kralja Dragutina, Nemanjina ulica i Karađorđeva ulica u gradu Doboju, te ulica Kralja Petra I Karađorđevića u Banja Luci, slika 3.



Slika 3. Lokacija semarofisanih pješačkih prelaza u gradu Doboju i Banja Luci

3.3 Metod istraživanja

U izradi rada korištena je različita literatura i različite naučne metode istraživanja:

- metoda teorijske analize,
- metoda statističke analize,
- proučavanja relevantne literature,
- metoda naučnog posmatranja i
- metoda mjerenja.

U istraživačkom procesu korištene su sljedeće tehnike za prikupljanje relevantnih podataka za izradu rada:

- opažanje,
- brojanje i
- video snimanje na terenu.

Istraživanje je podrazumijevalo primjenu metode naučnog posmatranja, gdje su primjenom tehnike snimanja, snimane brzine kretanja pješaka na semaforisanim, obilježenim pješačkim prelazima. Video kamerom snimljena su kretanja pješaka u oba smjera na prethodno navedenim lokacijama semaforisanih, obilježenih pješačkih prelaza. Video kamera je postavljena na skrivenom mjestu u neposrednim blizinama raskrsnica i konkretnog prelaza, kako se postavljanjem kamere ne bi uticalo na promjenu kretanja pješaka prilikom prelaska kolovoza (ukoliko bi pješaci bili svjesni prisustva kamere, vrlo vjerovatno bi promijenili način prelaska pješačkog prelaza).

Osim primjene metode naučnog posmatranja, primjenjen je i metod mjerenja. Mjerena je širina pješačkih prelaza, kako bi se mogle izračunati brzine kretanja pješaka preko pješačkih prelaza. Dobijeni su sledeći podaci o širinama pješačkih prelaza:

- Nemanjina ulica i Karađorđeva ulica 3,0 [m],
- Ulica Svetog Save, Ulica Cara Dušana i Ulica Kralja Dragutina 4,0 [m] i
- Kralja Petra I Karađorđevića 5,0 [m].

Svi dobijeni podaci koji su dobijeni putem empirijskog istraživanja unešeni su u programe MS Excel i SPSS, gdje je uz pomoć istih izvršena statistička analiza.

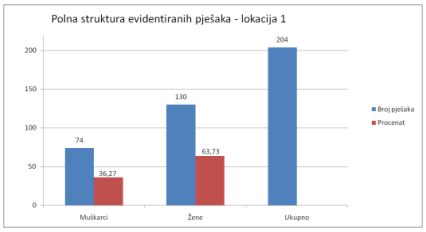
3.4 Ograničenja u istraživanju

Istraživanje brzine kretanja pješaka na semaforisanim, obilježenim pješačkim prelazima podrazumijeva i određena ograničenja. Najveće ograničenje prilikom snimanja predstavljaju vozila koja se kreću ili se nalaze u raskrsnici. Naime, vozila koja se nalaze u raskrsnici, ili pak prolaze kroz istu ograničavaju mogućnost snimanja načina kretanja pješaka, tj. vremena stupanja i silaska s kolovoza. S obzirom na navedeno ograničenje, obrađeni su podaci o kretanjima pješaka koji u toku snimanja nisu bili zaklonjeni od strane motornih vozila. Pored toga, jedno od ograničenja u istraživanju jeste nemogućnost snimanja kretanja pješaka na tri različite širine obilježenih pješačkih prelaza na teritoriji grada, zbog nepostojanja istih. Iz tog razloga, istraživanje je izvršeno na tri različite lokacije na području dva grada. Zbog ograničenja istraživanja, a imajući u vidu definisan cilj istraživanja, izostalo je istraživanje ponašanja pješaka u različitim vremenskim uslovima (dan, noć), saobraćajnim uslovima (različiti intenzitet i struktura saobraćaja), te različitog uređenja obilježenog pješačkog prelaza.

4. REZULTATI

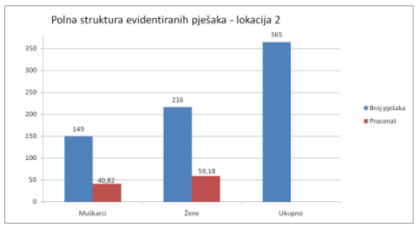
4.1 Polna struktura evidentiranih pješaka

Na lokaciji 1, Nemanjina ulica i Karađorđeva ulica sa širinom obilježenog pješačkog prelaza 3,0 [m] evidentirano je ukupno 204 pješaka. Od njih evidentiranih, 74 njih su muškarci, i 130 pješaka čine žene. U procentima, 36,27% muškaraca, i 63,73% žena, dijagram broj 1.



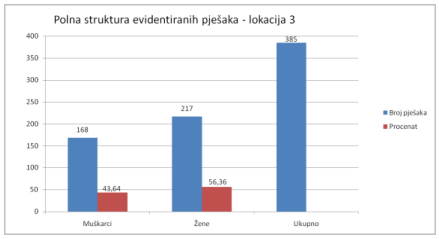
Dijagram 1. Polna struktura evidentiranih pješaka na lokaciji 1

Na lokaciji 2, Ulica Svetog Save, Ulica Cara Dušana i Ulica Kralja Dragutina sa širinom obilježenog pješačkog prelaza 4,0 [m] evidentirano je ukupno 365 pješaka. Od njih evidentiranih, 149 čine muškarci, i 216 pješaka čine žene. U procentima, 40,82 % muškaraca, 59,18 % žena, dijagram broj 2.



Dijagram 2. Polna struktura evidentiranih pješaka na lokaciji 2

Na lokaciji 3, ulica Kralja Petra I Karađorđevića sa širinom obilježenog pješačkog prelaza 5,0 [m] evidentirano je ukupno 385 pješaka. Od njih evidentiranih, 168 čine muškarci, i 217 čine žene. U procentima 43,64 % muškaraca, 56,36% žena, dijagram broj 3.



Dijagram 3. Polna struktura evidentiranih pješaka na lokaciji 3

4.2 Vrijeme prelaska obilježenog pješačkog prelaza

Na lokaciji 1, Nemanjina ulica i Karađorđeva ulica sa širinom obilježenog pješačkog prelaza 3,0 [m] od ukupno evidentirano 204 pješaka najveći broj njih, i kada su u pitanju muškarci i žene, je pješački prelaz prešao za 10 s, i to 23 muškarca i 49 žena. Najduže vrijeme prelaska kod muškaraca je iznosilo 15 s, dok je kod žena najduže vrijeme 16 s. Najkraće vrijeme prelaska preko obilježenog pješačkog prelaza imalo je 10 muškaraca i 18 žena, a ono iznosi 8 sekundi. Svi navedeni podaci predstavljeni su u tabeli 1.

Tabela 1. Vrijeme prelaska pješaka na lokaciji 1:

Muškarci		Žene	
Vrijeme prelaska [s]:	Ukupan broj pješaka:	Vrijeme prelaska [s]:	Ukupan broj pješaka:
8 sekundi	10	8 sekundi	18
9 sekundi	19	9 sekundi	14
10 sekundi	23	10 sekundi	49
11 sekundi	12	11 sekundi	26
12 sekundi	0	12 sekundi	11
13 sekundi	0	13 sekundi	4
14 sekundi	9	14 sekundi	4
15 sekundi	1	15 sekundi	2
16 sekundi	0	16 sekundi	2

Na lokaciji 2, Ulica Svetog Save, Ulica Cara Dušana i Ulica Kralja Dragutina sa širinom obilježenog pješačkog prelaza 4,0 [m] evidentirano je ukupno 364 pješaka od kojih se najveći broj njih, kada su u pitanju muškarci pješačkih prelaz je prešao za 8 s, i to njih 48, dok je najveći broj žena pješački prelaz prešao za 7 s, njih 58. Najduže vrijeme prelaska kod muškaraca je iznosilo 15 sekundi, dok je kod žena najduže vrijeme 12 s. Najkraće vrijeme prelaska preko obilježenog pješačkog prelaza imao je jedan muškaraca i jedna žena, a ono iznosi 4 s. Svi navedeni podaci predstavljeni su u tabeli 2.

Tabela 2. Vrijeme prelaska pješaka na lokaciji 2:

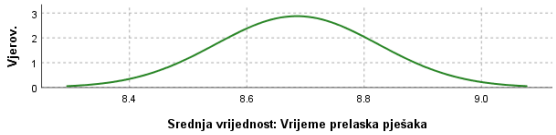
Muškarci		Žene	
Vrijeme prelaska [s]:	Ukupan broj pješaka:	Vrijeme prelaska [s]:	Ukupan broj pješaka:
4 sekunde	1	4 sekunde	1
5 sekundi	2	5 sekundi	5
6 sekundi	9	6 sekundi	34
7 sekundi	32	7 sekundi	58
8 sekundi	48	8 sekundi	49
9 sekundi	28	9 sekundi	34
10 sekundi	14	10 sekundi	14
11 sekundi	5	11 sekundi	15
12 sekundi	8	12 sekundi	5
13 sekundi	1	13 sekundi	0
14 sekundi	0	14 sekundi	0
15 sekundi	1	15 sekundi	0

Na lokaciji 3, ulica Kralja Petra I Karađorđevića sa širinom obilježenog pješačkog prelaza 5,0 [m] evidentirano je ukupno 385 pješaka od kojih se najveći broj njih, kada su u pitanju muškarci pješačkih prelaz je prešao za 10 s, i to njih 40, pri čemu je i najveći broj žena pješački prelaz prešao za 10 s, njih 47. Najduže vrijeme prelaska kod muškaraca je iznosilo 18 s, dok je kod žena najduže vrijeme 16 s. Najkraće vrijeme prelaska preko obilježenog pješačkog prelaza imali su muškarci, i ono iznosi 4 s. Najkraće vrijeme prelaska preko obilježenog pješačkog prelaza kod žena iznosilo je 6 s. Svi navedeni podaci predstavljeni su u tabeli 3.

Tabela 3. Vrijeme prelaska pješaka na lokaciji 3:

Muškarci		Žene	
Vrijeme prelaska [s]:	Ukupan broj pješaka:	Vrijeme prelaska [s]:	Ukupan broj pješaka:
4 sekunde	2	4 sekunde	0
5 sekundi	3	5 sekundi	0
6 sekundi	6	6 sekundi	2
7 sekundi	8	7 sekundi	9
8 sekundi	24	8 sekundi	18
9 sekundi	22	9 sekundi	41
10 sekundi	40	10 sekundi	47
11 sekundi	20	11 sekundi	31
12 sekundi	14	12 sekundi	25
13 sekundi	18	13 sekundi	23
14 sekundi	5	14 sekundi	14
15 sekundi	3	15 sekundi	5
16 sekundi	1	16 sekundi	2
17 sekundi	1	17 sekundi	0
18 sekundi	1	18 sekundi	0

S obzirom na dobijene podatke, uočeno je da vrijeme prelaska pješaka na semaforisanim obilježenim pješačkim prelazima na sve tri lokacije ima približno normalnu raspodjelu. Na sledećoj slici prikazana je normalna raspodjela vremena prelaska pješaka na svim istraženim lokacija, gdje možemo da uočimo da se vrijeme prelaska pješaka preko pješačkog prelaza kreće u intervalima od 8,4 s do 9,0 s.



Slika 4. Normalna raspodjela vremena prelaska pješaka

4.3 Brzina kretanja pješaka preko obilježenog pješačkog prelaza

Na lokaciji 1, Nemanjina ulica i Karađorđeva ulica sa širinom obilježenog pješačkog prelaza 3,0 [m] prosječna brzina kretanja pješaka iznosila je 1,41 m/s i 1,38 m/s, za muškarce i žene, respektivno. Najmanja brzina kretanja pješaka na datoj lokaciji iznosi 0,93 m/s kada su u pitanju muškarci, i 0,88 m/s kada su u pitanju ženski pješaci, dok je najveća brzina kretanja pješaka 1,75 m/s. Svi navedeni podaci predstavljeni su u tabeli 4.

Tabela 4. Brzine kretanja pješaka na lokaciji 1

Muškarci					
Aritm. sredina	Min.	Maks.	Stand. dev.	Varijansa	Harmonijska sredina
1.41 m/s	0,93 m/s	1.75 m/s	1.80	3.25	1.37 m/s
Žene					
Aritm. sredina	Min.	Maks.	Stand. dev.	Varijansa	Harmonijska sredina
1.38 m/s	0,93 m/s	1.75 m/s	1.67	2.79	1.35 m/s

Na lokaciji 2, Ulica Svetog Save, Ulica Cara Dušana i Ulica Kralja Dragutina sa širinom obilježenog pješačkog prelaza 4,0 [m], prosječna brzina kretanja pješaka iznosila je 1,01 m/s i 0,91 m/s, za muškarce i žene, respektivno. Najmanja brzina kretanja pješaka na datoj lokaciji iznosi 0,46 m/s kada su u pitanju muškarci, i 0,55 m/s kada su u pitanju ženski pješaci, dok je najveća brzina kretanja pješaka 3,0 m/s. Svi navedeni podaci predstavljeni su u tabeli 5.

Tabela 5. Brzine kretanja pješaka na lokaciji 2

Muškarci					
Aritm. sredina	Min.	Maks.	Stand. dev.	Varijansa	Harmonijska sredina
1.01 m/s	0.46 m/s	2.0 m/s	1.67	2.79	0.94 m/s
Žene					
Aritm. sredina	Min.	Maks.	Stand. dev.	Varijansa	Harmonijska sredina
0.91 m/s	0.55 m/s	3.0 m/s	1.62	2.61	0.88 m/s

Na lokaciji 3, ulica Kralja Petra I Karađorđevića sa širinom obilježenog pješačkog prelaza 5,0 [m], prosječna brzina kretanja pješaka iznosila je 1,27 m/s i 1,23 m/s, za muškarce i žene, respektivno. Najmanja brzina kretanja pješaka na datoj lokaciji iznosi 0,67 m/s kada su u pitanju muškarci, i 0,75 m/s kada su u pitanju ženski pješaci, dok je najveća brzina kretanja pješaka 3,0 m/s. Svi navedeni podaci predstavljeni su u tabeli 6.

Tabela 6. Brzine kretanja pješaka na lokaciji 3

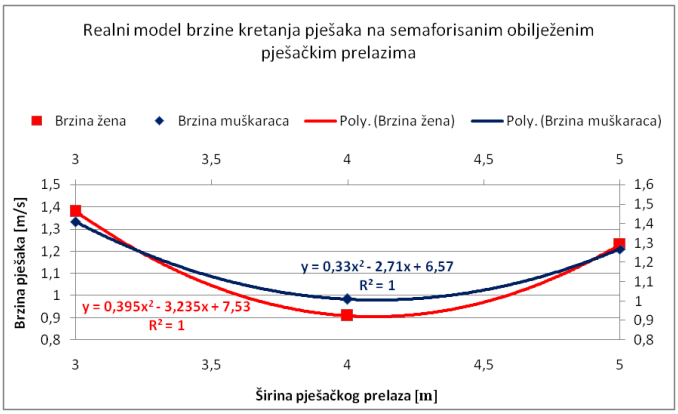
Muškarci					
Aritm. Sredina	Min.	Maks.	Stand. dev.	Varijansa	Harmonijska sredina
1.27 m/s	0.67 m/s	3.0 m/s	2.42	5.832	1.19 m/s
Žene					
Aritm. Sredina	Min.	Maks.	Stand. dev.	Varijansa	Harmonijska sredina
1.23 m/s	0.75 m/s	2.0 m/s	2.05	4.194	1.14 m/s

Na osnovu dobijenih brzina, moguće je bilo odrediti i Nivo usluge na posmatranim pješačkim prelazima. Naime, prema HCM (2000), Nivo usluge – Level Of Service (LOS), može da se odredi prema brzini kretanja koje se ostvaruju te tako:

- Na lokaciji 1 ostvaren je nivo usluge A,
- Na lokaciji 2 ostvaren je nivo usluge E,
- Na lokaciji 3 ostvaren je nivo usluge B.

5. DISKUSIJA

Na osnovu dobijenih rezultata o brzinama kretanja pješaka na tri različite lokacije, sa različitim širinama obilježenog pješačkog prelaza, predstavljen je realni model brzine kretanja pješaka na semaforisanim obilježenim pješačkim prelazim u gradu Doboju i Banja Luci, slika 5.



Slika 6. Realni model brzine kretanja pješaka

Prema dobijenom modelu, brzina kretanja pješaka može da se predstavi polinomom drugog reda i to:

$$Y = 0{,}33x^2 - 2{,}71x + 6{,}57 \qquad (1)$$

$$Y = 0{,}395x^2 - 3{,}235x + 7{,}53 \qquad (2)$$

Prosječne brzine kretanja koje su dobijene su na sve tri lokacije su niže u odnosu na brzine koje su u svom istraživanju dobili Goh i dr. (2012). Razlog tome može biti starosna struktura evidentiranih pješaka, gdje se moglo uočiti znatno veći broj stariji pješaka, koji su se kretali nešto nižim brzinama kretanja. Osim toga, u poređenju s istraživanjem od strane Subotića i dr. (2013), prosječne brzine dobijene u istraživanju su 1,30 m/s muškarci i 1,23 m/s žene primjećujemo da su brzine nešto niže, osim u slučaju prve lokacije gdje su prosječne brzine kretanja iznosile 1,41 m/s i 1,38 m/s za muškarce i žene, respektivno. Razlog tome može da bude što je prilikom istraživanja uočen veliki broj pješaka mlađe dobi (pješački prelaz se nalazi na putu duž koga se kreću srednjoškolci Medicinske škole u gradu Doboju), koji su se kretali brže u odnosu na druge dvije lokacije, gdje je zabilježen veći broj starijih pješaka. Međutim, zbog ograničenja u istraživanju podaci o istim nisu prikazani.

Zbog ograničenja u istraživanju, koja su podrazumijevala da zbog nemogućnosti nalaska pješačkih prelaza s tri različite širine na teritoriji jednog grada, snimanje je vršeno na teritoriji dva grada, gdje se može uočiti da

brzina kretanja pješaka na trećoj lokaciji, sa širinom pješačkog prelaza od 5,0 [m] je nešto veća u odnosu na drugu lokaciju, iako se očekuje da će brzina dalje da nastavi da opada s povećanjem širine pješačkog prelaza.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Brzina kretanja pješaka jedna je od značajnijih karakteristika pješačkog toka, s obzirom da na osnovu nje može da se odredi i nivo usluge površine duž koje se pješak kreće. Brojna istraživanja su pokazala da je brzina kretanja pješaka u prosjeku 1,4 [m/s], s određenim odstupanjima u zavisnosti od brojnih spoljašnjih faktora, ali i samih osobina pješaka. Sprovedeno istraživanje podrazumijevalo je snimanje kretanja pješaka na tri različite lokacije, s različitim širinama obilježenih pješačkih prelaza na semaforisanim raskrsnicama u gradu Doboju i Banja Luci. Cilj istraživanja jeste dobijanje realnog modela brzine kretanja pješaka, da bi se moglo uočiti kako se to mijenja brzina kretanja s promjenom širine pješačkog prelaza. Na osnovu dobijenih podataka, utvrđeno je da brzine kretanja pješaka s povećanjem širine pješačkog prelaza opadaju, ali zbog ograničenja u istraživanju (nemogućnost snimanja na teritoriji jednog grada), podaci dobijeni snimanjem treće lokacije odstupaju od pretpostavke da će brzine dalje da opadaju s povećanjem širine, s obzirom da se treća lokacija nalazi na području drugog grada, gdje su izmjerene veće brzine kretanja pješaka. Model predstavljen u ovom radu, prikazuje realan model brzine kretanja, gdje je brzina kretanja pješaka predstavljena polinomom drugog reda. Podaci dobijeni istraživanjem, pokazuju da su brzine kretanja muških pješaka nešto veće u odnosu na brzine kretanja ženskih pješaka. Dalje, brzine kretanja su najveće za slučaj kretanja pješaka na pješačkim prelazima širine tri metra, dok su najniže na lokaciji pješačkog prelaza širine četiri metra. S obzirom na date brzine, samo na drugoj lokaciji zabilježen je nizak nivo usluge, dok na ostale dvije lokacije nivo usluge je zadovoljavajuči. Iz tog razloga, neophodno je preduzeti odgovarajuće mjere, u skladu s mogućnostima, da se nivo usluge na drugoj lokaciji poboljša.

Buduća istraživanja vezana za ovaj rad mogu podrazumijevati snimanje kretanja pješaka na više semaforisanih obilježenih pješačkih prelaza sa različitim širinama, kao i u različitim saobraćajnim uslovima, kako bi se mogli predstaviti detaljniji podaci o brzinama, te na osnovu toga dobiti model brzine kretanja pješaka.

7. LITERATURA

Goh, B. H., Subramaniam, K., Wai, Y. T., Mohamed, A. A., & Ali, A. (2012). Pedestrian crossing speed: the case of Malaysia. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2(4), 323-332.

Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2000.

Zhao Y. Qu Z. Jiang S. Hu H. Hu J. Pedestrian crossing speed characteristic based on video detection. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition). (2013), 43(02):298-303

Iryo-Asano, M., and Alhajyaseen, W. (2014) "Analysis of Pedestrian Clearance Time at Signalized Crosswalks in Japan", Procedia Computer Science, Elsevier, Vol. 32, pp. 301-308.

Kadali, B. R., & Vedagiri, P. (2013). Modelling pedestrian road crossing behaviour under mixed traffic condition. European transport, 55(3), 1-17.

Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways. FHWA, U.S. Washington, D.C., 2003.

Manual on Road Marking. Japan Society of Traffic Engineers, (2004). (in Japanese).

Onelcin, Pelin, and Yalcin Alver. "The Crossing Speed and Safety Margin of Pedestrians at Signalized Intersections." Transportation Research Procedia 22 (2017): 3–12. doi:10.1016/j.trpro.2017.03.002.

Shahin, M. M. (2006). Pedestrian behaviour with mixed traffic in developing countries. Traffic engineering and control, 47(8), 303-309.

Vukanović, S. (2010). Regulisanje saobraćajnih tokova, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

EVALUATION OF CONDITIONS IN THE TRAFFIC FLOW ON THE CROSSROAD OF THE MAIN ROAD M4 AND MILUTIN MILANKOVIC BOULEVARD IN BANJA LUKA

VREDNOVANJE USLOVA U SAOBRAĆAJNOM TOKU NA UKRŠTANJU MAGISTRALNOG PUTA M4 I BULEVARA MILUTINA MILANKOVIĆA U BANJOJ LUCI

Radenka Bjelošević[a], Dragan Gatarić[b], Aleksandar Đukić[c], Milan Sandić[d], Mladen Pajić[e], Stojan Stevanović[f]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišiča 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, radenka.bjelosevic@sf.ues.rs.ba*

[b] *SW Health Center Banja Luka, Sime Matavulja without number, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, gataric.dragan@yahoo.com*

[c] *Republic Administration for Inspection Activities, Republic of Srpska Inspectorate, Republika Srpska Square 8, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, djukicaleksandar1990@gmail.com*

[d] *'HKP CONSULTING', Kralja Petra II Karađorđevića 9a, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, milan.sandic@gmail.com*

[e] *'Oil refinery Brod JSC', Svetog Save 106, Brod 74450, Bosnia and Herzegovina, pajicmladen@rafinerija.com*

[f] *Department of Housing and Utilities, Svetog Save 124, Zvornik 75400, Bosnia and Herzegovina, stojanmr.1988@gmail.com*

Abstract: *The design and construction of roundabouts, as a solution that will replace the classic intersection, has great application in our area, because it has proven to be the best traffic solution. The aim of this paper is to determine whether the roundabout will provide better traffic conditions than a traffic light. Baseline data were collected by counting traffic at the intersection in question and then processed in the SIDRA INTERSECTION software program. The program analysis covers the following criteria: service level, time losses, costs and emissions. Reducing speed has increased the safety of all road users, which in addition to the environmental aspect is the most important positive effect. With traffic congestion, traffic intensity and service levels have been raised. The construction of the roundabout would continue the trend of construction of roundabouts in Banja Luka, which, in addition to traffic amenities, gives this city an aesthetically pleasing new dimension.*

Key words: *Roundabout, designing, traffic flow distribution, traffic counting, traffic safety*

Apstrakt: *Projektovanje i izgradnja kružnih raskrsnica, kao rješenje koje će da zamijeni klasičnu raskrsnicu, ima veliku primjenu na našim prostorima, jer se pokazalo kao najbolje saobraćajno rješenje. Cilj rada je da se utvrdi da li će kružna raskrsnica omogućiti bolje uslove u saobraćajnom toku u odnosu na semaforisanu raskrsnicu. Osnovni podaci su prikupljeni brojanjem saobraćaja na predmetnoj raskrsnici, a zatim su obrađeni u softverskom programu SIDRA INTERSECTION. Programskom analizom su obuhvaćeni sledeći kriteriji: nivo usluge, vremenski gubici, troškovi i emisije štetnih gasova. Smanjenjem brzine povećana je bezbjednost svih učesnika u saobraćaju, što je pored ekološkog aspekta najvažniji pozitivni efekat. Smanjenjem gužvi intezitet saobraćaja i nivo usluge je podignut. Izgradnjom kružne raskrsnice nastavio bi se trend gradnje kružnih raskrsnica u Banja Luci, što ovom gradu, pored saobraćajnih pogodnosti, daje i estetski jednu novu dimenziju.*

Ključne riječi: *Kružna raskrsnica, projektovanje, distribucija saobraćajnih tokova, brojanje saobraćaja, bezbjednost saobraćaja*

1. UVOD

Regulisanje saobraćajnih tokova na drumskim saobraćajnicama je složena tehnička disciplina u oblasti saobraćajnog inženjerstva. Na mjestima sukobljavanja saobraćajnih tokova koji se odvijaju po mreži drumskih i gradskih saobraćajnica obično dolazi do zastoja. To se najčešće javlja na ukrštanjima ulica i puteva u jednom nivou. Posljedice zastoja u saobraćajnim tokovima ogledaju se u smanjenju kapaciteta, povećanju vremena putovanja i pogoršanom stanju bezbjednosti saobraćaja. Postoje različiti faktori koji utiču na zastoj u saobraćaju, veličina, struktura, raspodjela saobraćajnih tokova, a takođe jedan od njih je i način regulisanja saobraćaja.

Predmet ovog rada je vrednovanje uslova u saobraćajnom toku, postojećeg i novopredloženog rješenja, na ukrštanju magistralnog puta M4 i Bulevara Milutina Milankovića u naselju Lazarevo, u Banjoj Luci. Jedan od osnovnih ciljeva rada je da se primjenom savremenih softverskih programa izvrši vrednovanje postojećeg stanja i novopredloženog rješenja regulacije saobraćaja izgradnjom kružnog toka. Izabran je softverski program SIDRA INTERSECTION u kome su obrađeni prikupljeni podaci dobijeni brojanjem saobraćaja. U programu su analizirani sledeći kriteriji: nivo usluge, vremenski gubici, troškovi i emisije štetnih gasova (ugljen dioksid, ugljen monoksid, ugljovodonik, azotni oksid). Pored programskih kriterija posebno je analizirana bezbjednost saobraćaja za predložena rješenja. Pored vrednovanja rješenja na osnovu pomenutih kriterija ciljevi ovog rada su da se ukaže na probleme koji mogu da nastanu kao posledica izbora neadekvatnog rješenja, kao i koristi i prednosti detaljne analize u procesu izbora rješenja. Takođe, sugerišu se moguća unapređenja domaćih smjernica za projektovanje kružnih raskrsnica, a kako bi smo u budućnosti dobijali najbolja moguća rješenja.

2. METODE

Utvrđivanje karakteristika saobraćajnog toka zasnovano je na rezultatima brojanja saobraćaja koje je sprovedeno na datoj raskrsnici. Brojanje saobraćaja se vrši u cilju dobijanja relevantnih podataka i postojećeg stanja odvijanja saobraćaja na posmatranoj raskrsnici, kako bi se pronašlo rješenje i mjere za njeno unapređenje. To je postupak kojim se dobija informaciona osnova neophodna za dalja istraživanja.

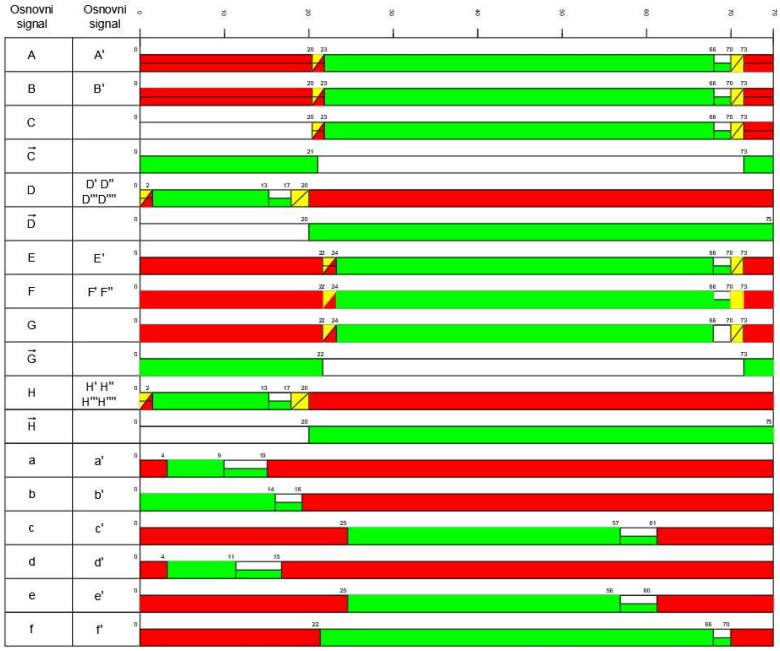
Slika 1. Prikaz predmetne lokacije i neposrednog okruženja sa Google Earth-a

Pri proračunu i obradi podataka važno je da se raspolaže sa homogenim saobraćajnim tokovima vozila. Međutim, u praksi tokovi vozila koji se javljaju su heterogeni, pa se iz tih razloga koriste različiti koeficijenti svođenja, kojima se razne kategorije vozila svode na uslovno homogeni tok, odnosno vrši se homogenizacija na PAJ – jedinice. Uslovno homogen tok praktično ne postoji, već se radi o čisto teorijskoj aproksimaciji.

Raskrsnice predstavljaju vezne tačke u putnoj mreži, koje omogućuju povezivanje putne mreže u jednu cjelinu i time funkcionisanje saobraćajnog sistema. Zadatak raskrsnice je da na siguran, udoban, brz i ekonomski opravdan način izvrše raspodjelu korisnika na željene smjerove. (Kenjić, 2009) Pod pojmom protok vozila podrazumijevamo broj vozila koja prođu kroz posmatrani presjek puta u jedinici vremena u jednom smjeru za jednosmjerne saobraćajnice ili u oba smjera za dvosmjerne saobraćajnice. (Dodić i Kos, 2007) Kapacitet je definisan kao maksimalna veličina protoka vozila koja može proći kroz posmatrani presjek saobraćajne trake ili kolovoza u određenom vremenskom periodu pod preovlađujućim putnim, saobraćajnim i regulacionim uslovima. (Kuzović, 1987) Kriterijum ekonomičnosti uopšteno gledano obuhvata vrednovanje troškova i koristi. Pod troškovima (cost) se podrazumijevaju troškovi građenja, eksploatacije i održavanja. U koristi (benefit) se računaju podizanje nivoa bezbjednosti i kvaliteta protoka saobraćaja i pozitivni uticaji na okolinu. (Kenjić, 2009)

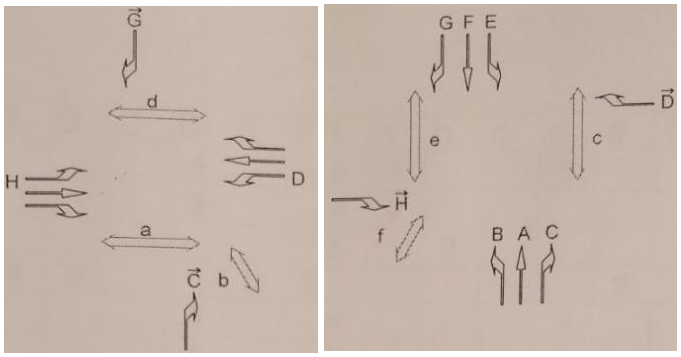
Brojanje saobraćaja vršeno je 25.04.2019. i 26.04.2019. godine u vremenskom periodu 06:00-20:00 časova. Ovaj vremenski period izabran je zbog pretpostavki da je najopterećeniji za sve pravce posmatrane raskrsnice. U postojećem stanju, predmetno ukrštanje predstavlja klasičnu semaforizovanu raskrsnicu, na kojoj se u pravcu sjever – jug pruža glavni pravac (magistralni put M4), dok se pod pravim uglom ukršta sporedni pravac, Bulevar Milutina Milankovića. Mora se reći da je sporedni krak definisan više formalno, zbog same

kategorizacije puteva. U stvarnosti, po obimu saobraćaja i važnosti ova dva pravca su veoma ujednačena, zbog čega su i vremena određena planom tempiranja približno jednaka za oba pravca.



Slika 2. Plan tempiranja na postojećoj semaforisanoj raskrsnici

Saobraćajni tokovi su distribuisani ostrvima i trakama za odgovarajuće smjerove kretanja, čije su faze prestavljene na slici 3. Na svim krakovima su formirane treće trake za lijeva skretanja, dok je na južnom i zapadnom kraku izgrađen i "bajpas" za desno skretanje.



Slika 3. Faze na postojećoj semaforisanoj raskrsnici

Ovo rješenje je relativno kvalitetno, i bilo je adekvatno za nivo saobraćaja koji je postojao u momentu građenja. Međutim, današnji saobraćaj je višestruko uvećan i treba razmišljati o povećanju propusne moći predmetne raskrsnice. Kružni tok se nameće kao dobro i savremeno rješenje.

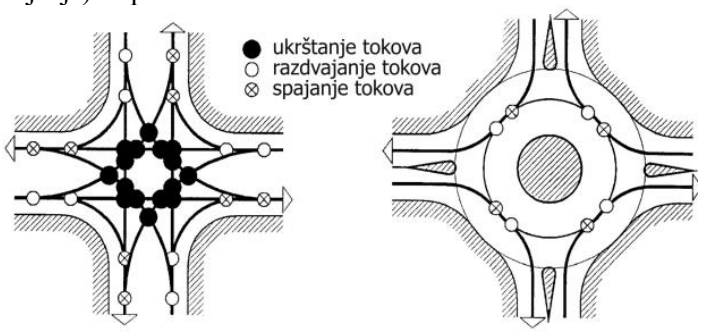
2.1 Analiza kriterija vrednovanja

Izvršeno je snimanje saobraćajnih tokova u realnom vremenu, te je kombinacijom tih podataka i zvaničnih podataka od PGDS na predmetnoj dionici izvršena softverska analiza pomoću programa SIDRA INTERSECTION.

Analiza je obuhvatala provjeru nivoa usluge, kao i ekonomskih i ekoloških parametara (prosječno vrijeme čekanja za vozila i pješake, koštanje, emisije štetnih gasova) uporedo za postojeće stanje, kao i za planirana varijantna rješenja.Takođe, u obzir je uzeto razmatrnje bezbjednosti saobraćaja na predmetnoj raskrsnici.

2.2 Bezbjednost saobraćaja

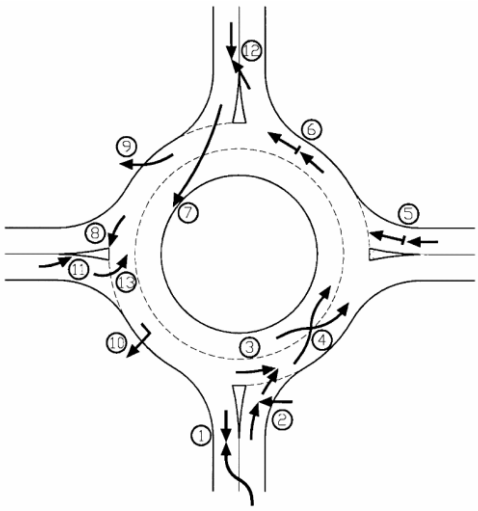
Iz ugla bezbjednosti saobraćaja, glavna prednost jednosmjernih raskrsnica (u odnosu na klasične trokrake i četverokrake raskrsnice) je eliminacija konfliktnih dionica i tačaka prvog (ukrštanje), drugog (prestrojavanje) i trećeg (uključivanje i razdvajanje) stepena.



Slika 4. Konfliktne tačke na klasičnoj četverokrakoj raskrsnici i četverokrakoj kružnoj raskrsnici (Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, 2005)

Teoretski, klasična četverokraka raskrsnica ima 32 konfliktne tačke (16 ukrštanja, 8 razdvajanja i 8 spajanja), dok jednosmjerna četverokraka kružna raskrsnica ima samo 8 konfliktnih tačaka nižeg stepena (4 razdvajanja i 4 spajanja). (Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, 2005) Ako se kružni kolovoz sastoji od dvije trake, broj konfliktnih tačaka se povećava srazmjerno broju konfliktnih tačaka prestrojavanja, što je teoretski jednako broju priključnih saobraćajnica, ali ipak manje od 32. Bezbjednost saobraćaja rapidno opada uvođenjem dodatnih traka (tri ili više). (Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, 2005)

Praktično gledano, dvotračne ili višetračne kružne raskrsnice nemaju samo konfliktne tačke, već i konfliktne dionice, obzirom na to da ništa ne upućuje vozača gdje da se prestroji (slika 5). Ovo je (uz obično veću dozvoljenu brzinu) jedan od glavnih tehničkih razloga zašto su velike kružne raskrsnice manje bezbjedne od malih. Razlog, prema tome, leži u osnovim karakteristikama kružnih raskrsnica.Šta više, postoji nekoliko tipova nezgoda koje se dešavaju u kružnim raskrsnicama, dok se iste u klasičnim raskrsnicama ne dešavaju (slika 5). Takođe, posljedice saobraćajnih nezgoda u kružnim raskrsnicama bitno se razlikuju od nezgoda u klasičnim raskrsnicama. Povrh svega, manje su teške i obično ne završavaju smrću ili teškim tjelesnim povredama. Osnovni razlog za bezazlenije nezgode u kružnim raskrsnicama je manja brzina kretanja vozila na prilazu, kretanju u samoj raskrsnici i napuštanju iste. U kružnim raskrsnicama vozila obično imaju bočno saobraćajnu nezgodu, pod oštrim uglom, ili se nezgoda dogodi u sustizanju vozila.

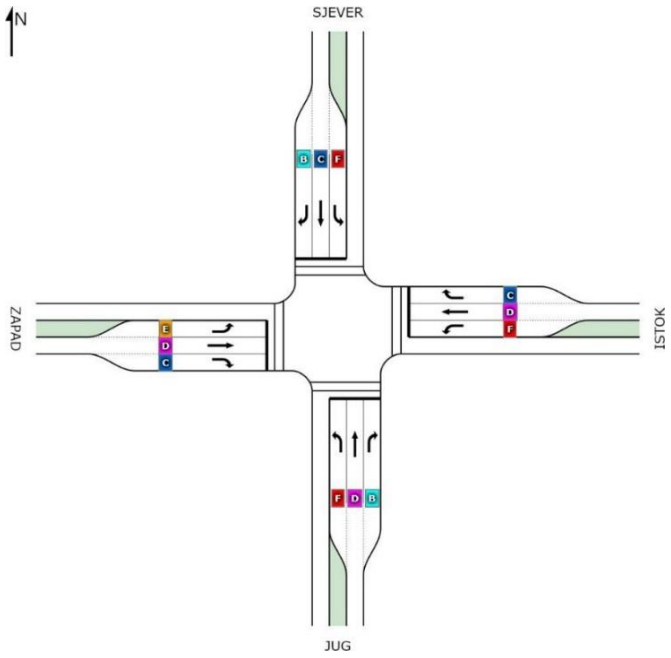


Slika 5. Vrste saobraćajnih nezgoda u dvotračnoj kružnoj raskrsnici (Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, 2005)

Nezgode motornih vozila i biciklista (pješaka) koji prelaze krak kružne raskrsnice isti su kao i kod klasične raskrsnice, samo što su manje posljedice (uzimajući u obzir manju brzinu na ulazu i izlazu). (Kenjić, 2009)

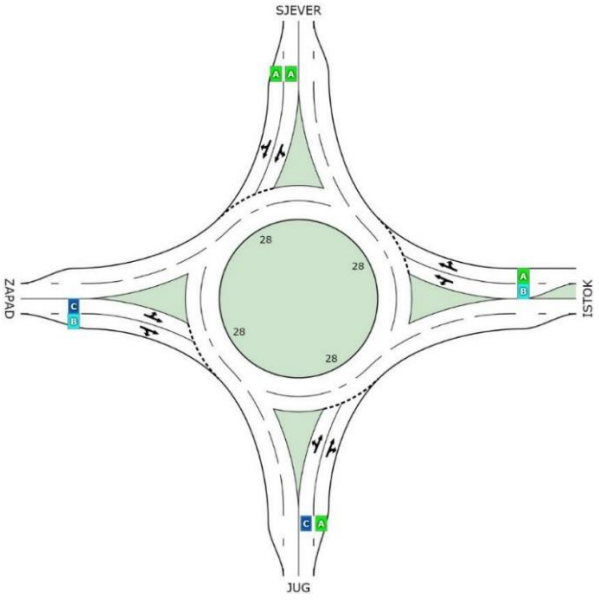
3. REZULTATI I DISKUSIJA

Primjenom softverskog programa SIDRA INTERSECTION dobijeni su podaci o nivou usluge za dva načina regulisanja saobraćaja na predmetnoj raskrsnici.



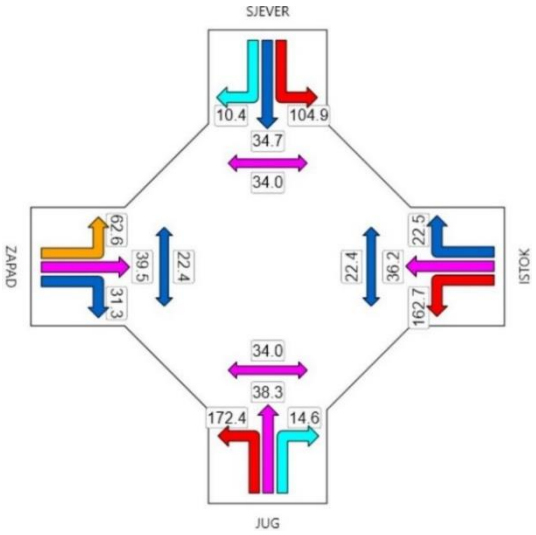
Slika 6. Nivo usluge na semaforisanoj raskrsnici

Ukoliko se saobraćaj na raskrsnici reguliše svjetlosnom saobraćajnom signalizacijom nivo usluge je D, a to u ovom slučaju znači prosječan vremenski gubitak po jednom vozilu u iznosu od 47 sekundi. Zbog dopusnih strelica i odvojenih traka za desna skretanja najmanji su vremenski gubici u ovim pravcima, gdje imamo zadovoljavajuće nivoe usluge B i C. Lijeva skretanja takođe imaju odvojene saobraćajne trake, ali su vremenski gubici veoma visoki. Sve trake za lijeva skretanja imaju najlošiji nivo usluge F, osim smjera zapad-sjever gdje je nivo usluge E. Vremenski gubici u trakama koje vode pravo se kreću u rasponu od 35 do 40 sekundi, što predstavlja nivo usluge D. Jedino je smjer sjever-jug nešto rasterećeniji i ima kvalitet usluge C.



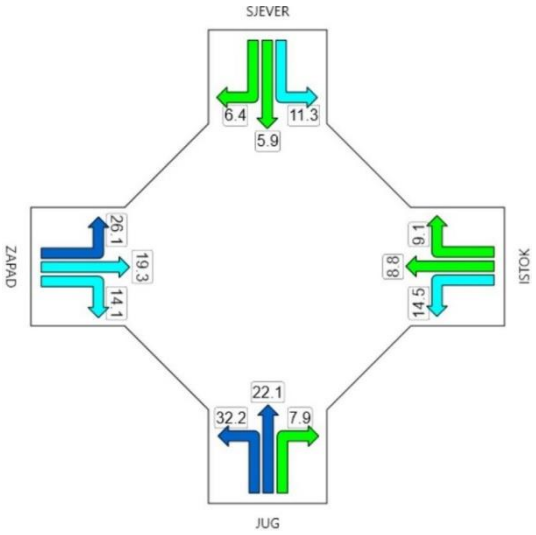
Slika 7. Nivo usluge na kružnoj raskrsnici

Izgradnjom kružnog toka, kao saobraćajnog rješenja na navedonoj raskrsnici, dobijeni rezultati su značajno povoljniji. U ovom slučaju nivo usluge bi bio B, a prosječan vremenski gubitak 15,2 sekunde. Sve desne ulazne trake imaju nivo usluge A osim trake koja dolazi iz pravca zapada, čiji je nivo usluge B. Lijeve ulazne trake imaju nešto slabiji nivo usluge: iz pravca sjevera je nivo usluge A, iz pravca istoka je nivo usluge B, te iz pravca zapada i juga je nivo usluge C.



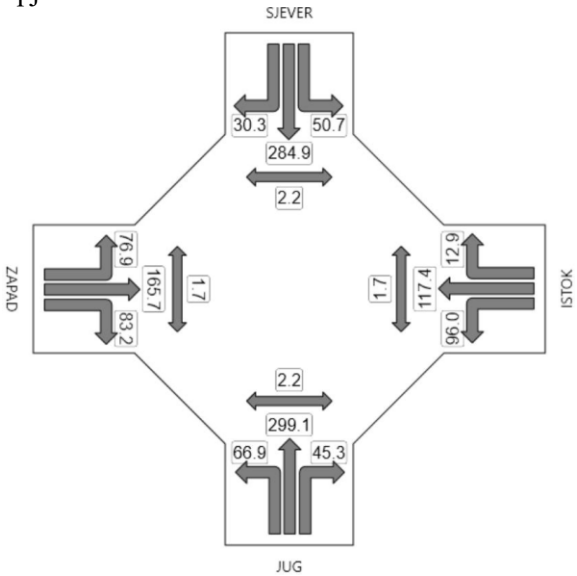
Slika 8. Vrijeme zadržavanja vozila i pješaka na semaforisanoj raskrsnici

Vremenski gubici pješaka su znatno veći u slučaju regulacije saobraćaja svjetlosnim signalnim uređajima. Prosječno čekanje pješaka na raskrsnici iznosi 34 sekunde za pravac istok-zapad, a 22,4 sekunde za pravac sjever-jug.



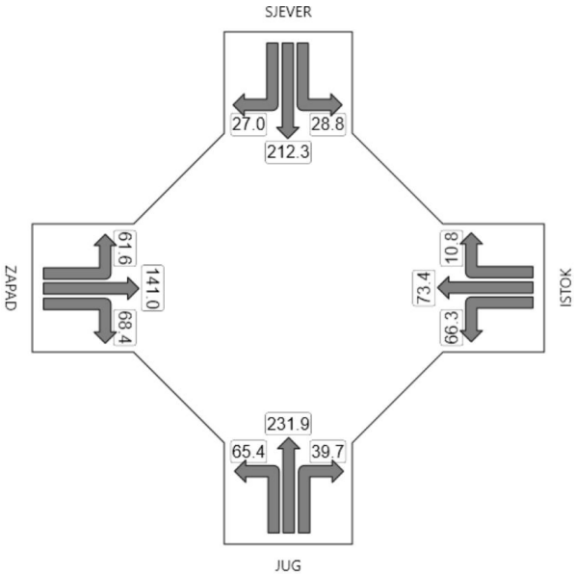
Slika 9. Vrijeme zadržavanja vozila na kružnoj raskrsnici

Kod kružnih tokova teoretski nema zadržavanja pješaka. Međutim, treba naglasiti da su semaforisane raskrsnice znatno bezbjednije za pješake.



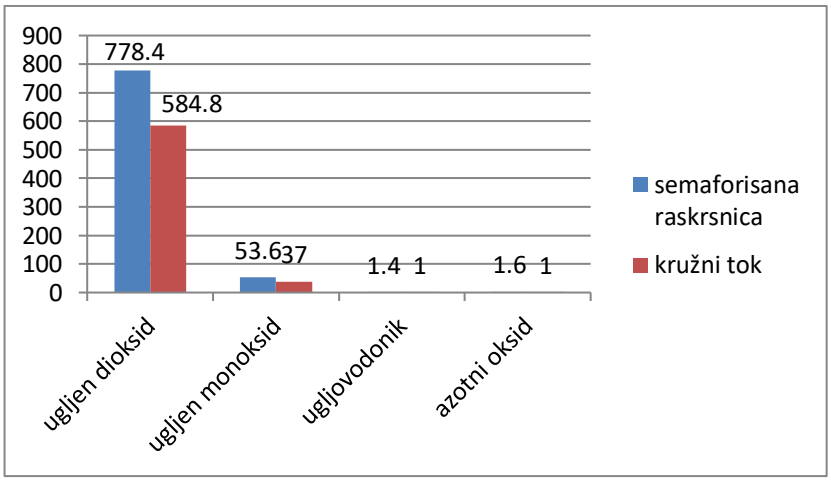
Slika 10. Ukupan radni i vremenski trošak vozila i vremenski trošak pješaka na semaforisanoj raskrsnici

Softverski program SIDRA INTERSECTION na osnovu unijetih podataka izračunava ukupni radni i vremenski trošak vozila, kao i vremenski trošak za pješake. Navedeni troškovi se izražavaju u novčanoj jedinici (KM) po satu. Prilikom regulacije svjetlosnom saobraćajnom signalizacijom ukupni troškovi za vozila (zbirno za sve saobraćajne trake i sva četiri smjera) iznose 1329,5 KM/h. Dok bi ukupni troškovi za pješake iznosili 7,8 KM/h.



Slika 11. Ukupan radni i vremenski trošak vozila na kružnoj raskrsnici

Ukoliko se na raskrsnici izgradi kružni tok sa po dvije ulazne i dvije izlazne trake na svakom kraku i dvije trake u samom krugu, ukupni troškovi za vozila (zbirno za sve saobraćajne trake i sva četiri smjera) bi iznosili 1026,5 KM/h. Imajući u vidu ovu ekonomsku analizu jasna je opravdanost ulaganja u kružne tokove.



Slika 12. Ekonomski parametri semaforisane raskrskice i kružnog toka

Ekološki parametri su analizirani kroz praćenje emisija: ugljen dioksida, ugljen monoksida, ugljovodonika i azot oksida. Sve vrijednosti su izražene u kilogramu po satu (kg/h). Radi lakšeg pregleda dobijeni rezultati su grafički prestavljeni. Emisija svih štetnih gasova koji nastaju prilikom sagorijevanja goriva je veća za 30% na raskrsnici regulisanoj svjetlosnom saobraćajnom signalizacijom, nego u kružnom toku. Obzirom da se u posljednje vrijeme sve veći značaj pridaje ekologiji i zaštiti životne sredine dobijeni rezultati u velikoj mjeri daju značaj kružnim raskrsnicama.

Iz svega navedenog jasno se vidi da je sa aspekta nivoa usluge i vremenskih gubitaka kružni tok znatno bolje rješenje.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Nakon sveobuhvatne analize predmetne raskrsnice u postojećem stanju, došlo se do zaključka da je bolja opcija projektovanja kružne raskrsnice koja će između ostalog smanjiti broj konfliktnih tački i povećati nivo bezbjednosti svih učesnika u saobraćaju na navedenoj raskrsnici. Pored toga, kružne raskrsnice su estetski vrlo povoljne za gradske sredine, sa brojnim mogućnostima uređenja centralnog ostrva.

Ipak je neophodno naglasiti da potpuna zaštita svih učesnika u saobraćaju ne postoji niti ju je moguće izvesti u praksi, jer i samo ponašanje učesnika u saobraćaju dosta utiče na stepen bezbjednosti. Vođeni subjektivnom procjenom rizika, isti mogu dobiti osjećaj potpune zaštite i sigurnosti prilikom prelaska saobraćajnice, te se mogu u odsustvu objektivne svjesti, ponašati suprotno od šablona ponašanja kojim se u trenutnoj situaciji nalaze, što je gore, jer takav šablon ponašanja isti mogu primjeniti i izvan granica zaštitnih zona.

Dobijeni rezultati idu u prilog rekonstrukciji, jer se sve analizirane vrijednosti znatno razlikuju u odnosu na postojeće stanje. Nivo usluge raskrsnice se povećava sa postojećeg D na B, a samim tim i vremenski gubici se značajno smanjuju. Ukupan radni i vremenski trošak vozila se smanjuje za oko 30%, a vremenski trošak pješaka se u potpunosti eliminiše. Emisije štetnih gasova zavisno od vrste se smanjuju za 25% do 40%.

Smanjena je gustina saobraćaja, nema zastoja, ekonomičnost je povećana smanjenjem potrošnje goriva, jer je protok veći i zastoji su značajno smanjeni. Sve ovo je popravilo i ekološku sliku raskrsnice smanjivanjem buke i emisije štetnih gasova. Smanjenjem brzine povećana je bezbjednost svih učesnika u saobraćaju, što je pored ekološkog aspekta najvažniji pozitivni efekat. Smanjenjem gužvi intezitet saobraćaja i nivo usluge je podignut.

Izabrano rješenje je kružna raskrsnica prečnika 48 m, sa dvije trake u rotoru, te po dvije trake na svim ulazima i izlazima, ukupne širine 14 m, a za njenu izgradnju se čeka samo građevinska dozvola.

Osnovni zadatak ovog istraživanja, koje je poslužilo kao osnov za izradu ovog rada, bio je da se pokaže opravdanost uvođenja drugih načina regulisanja i zamjena postojećeg, kroz kvalitetnu analizu uticajnih faktora na odvijanje saobraćaja na posmatranoj raskrsnici. Iako poboljšanje mreže saobraćajnica često zahtijeva velika finansijska ulaganja, postoje i drugi načini sa kojima možemo unaprijediti saobraćajno stanje na određenjoj lokaciji. Jedan od načina poboljšanja saobraćajnih uslova grada jeste optimizacija saobraćajnih uslova na pojedinačnim raskrsnicama ili dionicama puta koje čine saobraćajnu infrastrukturu grada. To se može postići kroz dobro regulisanje saobraćajnih tokova. Kako je u gradu primjetan trend gradnje kružnih raskrsnica, mi smo se odlučili da izvršimo vrednovanje postojećeg stanja i novopredloženog u vidu kružne raskrsnice. Već postoji izgrađena projektna dokumentacija za nekoliko raskrsnica koje se nalaze na istom pravcu kao i predmetna raskrsnica, a dobar dio njih je u fazi izgradnje. Rad ima potencijala da se dalje unapređuje kroz analizu različitih mjera koje mogu značajno unaprijediti uslove u saobraćajnom toku na predmetnoj rakrsnici (izrada novih signalih planova, uvođenje sistema detekcije vozila javnog gradskog saobraćaja ili svih vozila na sporednim prilazima ili na svim prilazima, itd.), nakon izrade pomenutih kružnih raskrsnica u neposrednoj blizini.

5. LITERATURA

Dodić, I., Kos, G. (2007). Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb.

Kenjić, Z. (2009). Kružne raskrsnice - rotori, Udruženje konsultanata inženjera BiH, Sarajevo.

Kuzović, Lj. (1987). Teorija saobraćajnog toka, Građevinska knjiga, Beograd.

Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima (2005). Knjiga I: Projektovanje, Dio 1: Projektovanje puteva, Poglavlje 4: Funkcionalni elementi i površine puta Sarajevo/Banja Luka, 8-142.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

STRESS AS A CAUSE OF TRAFFIC ACCIDENTS

STRES KAO UZROK SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

Tihomir Đurić[a], Edita Tenić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišiča 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, tihomir.djuric@sf.ues.rs.ba, editat.t1991@gmail.com*

Abstract: *The purpose of this paper is to define and describe one of the most important causes of today's illness - stress, and to explain the causes and consequences of stress in traffic and in everyday life. Stress is defined as a state of long-term tension resulting from physiological, psychosomatic reactions that result in a deterioration of health, frustration, mental and physical exhaustion. Stress is any change in the environment or in the human body that affects an individual, positive or negative. The importance of this topic is reflected in the fact that we are all exposed to stressful situations every day and may not even be aware of it. The fact is that stress is part of our daily lives and that it has a negative impact on the overall health of the individual. The experience of stress is different for each individual, and stressful situations are considered, for example, exams, visits to the doctor, marital and financial problems, traffic, etc. For this reason, the harmful effects of stress, the most common causes, the way possible, will be explained in this paper. to combat stress, differences about the causes and effects of stress across Europe and the United States. By comparative analysis between the two areas, the aim is to define the differences between stressors, mentalities, the development of traffic safety awareness and the adverse effects of traffic resulting from stress. During the preparation of this paper, a survey was conducted with professional truck drivers in Europe and the United States.*

The survey was conducted by telephone and the respondents answered 15 questions asked. The survey questions are the same for both groups of drivers.

Key words: *traffic safety, stress, traffic*

Apstrakt*: Predmet ovog rada jeste definisati i opisati jedan od najvažnijih uzročnika bolesti današnjice –stres, te objasniti uzroke i posljedice stresa kako u saobraćaju, tako i u svakodnevnom životu. Stres se definiše kao stanje dugotrajne napetosti usljed koje se javljaju fiziološke, psihosomatske reakcije čija je posledica pogoršavanje zdravstvenog stanja, osećaj frustracije, mentalna i fizička iscrpljenost. Stres je svaka promena u spoljašnjoj sredini ili u ljudskom tjelu, koja utiče na pojedinca, pozitivno ili negativno. Može se definisati i kao odbrambeni odgovor organizma na napad iz spoljašnje sredine. Važnost ove teme se ogleda u tome što smo svi svakodnevno izloženi stresnim situacijama a da toga možda nismo ni svjesni. Činjenica je da je stres dio našeg svakodnevnog života te da se negativno odražava na opšte zdravlje pojedinca. Doživljaj stresa različito se manifestuje kod svakog pojedinca, a stresnim situacijama smatraju se npr. ispiti, posjete ljekaru, bračni i finansijski problemi, saobraćaj itd. Iz tog razloga u ovom radu bit će objašnjene štetne posljedice stresa, najčešći uzročnici, način na koji je moguće boriti se protiv stresa, razlike o uzrocima i posljedicama stresa na prostoru Evrope i Sjedinjenih Američkih Država. Uporednom analizom između dva područja cilj je definisati razlike između stresora, mentaliteta, razvijenosti svijesti o bezbjednosti saobraćaja, te o štetnim posljedicama saobraćaja nastalim usljed stresa. U toku izrade ovoga rada izvedena je anketa sa profesionalnim vozačima kamiona na području Evrope i Sjedinjenih Američkih Država. Anketa je vršena telefonski a ispitanici su odgovorali na 15 postavljenih pitanja. Anketna pitanja su ista za obje grupe vozača.*

Ključne riječi: *bezbjednost saobraćaja, stres, saobraćaj*

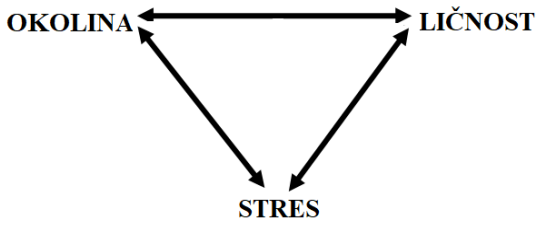
1. UVOD

Savremeni život pun je pritisaka i frustracija. Jedna od sve češće korištenih riječi pogodna da se opiše stanje u kome se nalazi većina ljudi današnjice je stres. Stres postaje uobičajno životno iskustvo čovjeka savremene civilizacije. Zbog njegove rasprostranjenosti i uticaja na fizičko i psihičko zdravlje, poslednjih decenija 20. vijeka postaje posebna oblast proučavanja psihologije. U psihološkom smislu, stres predstavlja

frustraciju visokog intenziteta. Svi se mi susrećemo sa stresom svakog dana. Praktično, on je neizbježan. Stres je negativno životno iskustvo praćeno biohemijskim, fiziološkim, kognitivnim i bihevioralnim promenama koje su usmerene na izmenu događaja ili prilagođavanja njihovim efektima.

2. DEFINICIJA STRESA

Liječnik Hans Selye 1936. godine u upotrebu uveo je pojam stres. Stres je engleska riječ i označava snažan pritisak, naprezanje i napor. Selye pod stresom smatra "sumu ukupnog trošenja organizma tijekom njegova životnog vijeka", te "da je stres opšta reakcija to jest skup nespecifičnih reakcija organizma na izmjenjene uslove spoljašnje sredine." Američki psiholog John Wayne Mason pod stresom smatra "proces, a ne stanje spoljašnje sredine ili stanje organizma". Obje definicije stresa podrazumijevaju interakciju ličnosti i događaja.



Slika 1. ***Transakcionistički model stresa***

Izvor: [obrada autora, 2019]

Stres je događaj koji djeluje alarmantno na ljude ili životinje, odnosno, tijelo se stavlja u izuzetno stanje, kako bi se nosilo sa predstojećom situacijom s više energije i snage. Doživljaj stresa kao neuobičajenog stanja različito se manifestuje kod svakog pojedinca. To je proces u organizmu kada je on izložen bilo kakvoj agresiji koja narušava njegovo dosadašnje stanje a to mogu biti fizičke, verbalne i neverbalne prepreke.

3. STATISTIKE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA U SJEDINJENIM AMERIČKIM DRŽAVAMA

Skoro 1,25 miliona ljudi pogine u Sjedinjenim Američkim Državama u saobraćajnim nezgodama svake godine, što je u prosjeku 3.287 poginulih slučajeva dnevno. 20-50 miliona je povrijeđeno ili onesposobljeno. Više od polovine svih poginulih slučajeva u saobraćaju javlja se među vozačima u dobi od 15 do 44 godine. Napredna obuka vozača smanjila je tu stopu na 4,6% vozača prve godine, što je utvrđeno u četverogodišnjem istraživanju. Pojedinci starosti od 15 do 20 godina čine 6,7% ukupne populacije vozača, ali su uključeni u 20% svih nezgoda i 14% poginulih lica u motornim vozilima. Uzroci ovih saobraćajnih nezgoda se razlikuju.

U Sjedinjenim Američkim Državama 17. april je posledni dan kada se plaća godišnji porez i ljudi su tada pod stresom jer ih brinu odgovori na mnoga pitanja. Koliko će platiti porez? Da li će doplaćivati porez? Da li će imati dovoljno novca da doplate porez? Da li su dobro izračunali porez? Da li će bankrotirati zbog poreskih obaveza? Da li će im deo poreskog novca biti vraćen?

Istraživanje je pronašlo povezanost upravo između poslednjeg dana za plaćanje poreza i porasta broja saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima. Prema tome, istraživači savjetuju da 17. aprila vozači dodatno obrate pažnju da li su vezani u automobilu, da ne voze prebrzo, da ne voze ako su neispavani, da ne voze ako su umorni i rastrojeni, a naročito da ne voze ako su konzumirali alkohol. Jedan od zaključaka istraživanja je da se na sam dan plaćanja poreza dogodi u proseku 13 i više saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u poređenju sa ostalim danima u isto doba godine.[1]

U poređenju sa drugim danima u godini, došlo je do povećanja od otprilike 6% u broju saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima na dan poreza, što je ekvivalentno dodatnih 13 poginulih slučajeva. Istraživači su nagađali da su stresni rokovi doveli do ometanja i grešaka učesnika u saobraćaju. Porezni dan u Sjedinjenim Američkim Državama je prvi na listi najtežih, najstresnijih i najzabrinjavajućih dana u godini.

[1] https://www.statista.com/topics/3708/road-accidents-in-the-us/

3.1 Uzroci nastanka stresa – stresori u Sjedinjenim Američkim Državama

Pod stresorima podrazumijevamo spoljašnje sile iskazane u vidu stimulatora koji izazivaju promjenu stanja organizma a oni se razlikuju i u zavisnosti su od mnogih faktora. Osobe koje obavljaju isti posao ali imaju različite karakterne osobine ličnosti, različitog su pola, različitih stavova na različit način doživljavaju stresne situacije. Uzroci stresa se razlikuju od osobe do osobe, od posla koji se obavlja, razlikuje se od firme u kojoj je osoba zaposlena, pa čak i od kontinenta do kontinenta. Iako su stresori kod profesionalnih vozača uglavnom isti ili slični oni se u određenoj mjeri mogu i razlikovati.

Prema istraživanju provedenom u Sjedinjenim Američkim Državama dokazano je da čekanje u saobraćajnoj gužvi ili redu može prouzrokovati više problema od obične nervoze i dovesti do ozbiljnih mentalnih posljedica. Poznata je činjenica da je putna mreža u Sjedinjenim Američkim Državama veoma razvijena, naročito u pogledu autoputeva. Sjedinjene Američke Države posjeduju 6.853,024 km putne mreže. Međutim, velika skladišta robe su zbog potreba stanovnika uglavnom koncentrisana oko velikih gradova što dodatno opterećuje gradsku putnu mrežu.

Opterećena putna mreža profesionalne vozače zamara i stvara preduslove za stres i agresivnost. Uvođenjem zabrana za teretna vozila na gradskoj mreži također negativno utiče na psihičko stanje vozača jer povećavaju se vremenski i ekonomski gubici (obavezna vožnja gradskim zaobilaznicama), povećava se broj pređenih kilometara ili milja i smanjuje se transportni rad.

Financijski i vremenski gubici naročito se mogu svrstati u jedne od najčešćih uzroka stresa kod profesionalnih vozača. Putevi Sjedinjenjih Američkih Država spadaju u najopasnije puteve na svijetu i zauzimaju 6. mjesto na ljestvici najopasnijih puteva na svijetu sa - 35.490 poginulih u 2016. godini odmah iza Kine - 275.983, Indije - 231.027, Nigerije - 53.399, Brazila - 43.869, Indonezije - 42.434.

Slika 2. Saobraćajna gužva kao uzrok stresa

Izvor: [obrada autora, 2019]

Period od 15:00 do 18:00 sati u Sjedinjenim Američkim Državama predstavlja špicu ili "rush hour" te vozači koji se u tom periodu zadese u nekom od gradskih centara moraju svoju vožnju prilagoditi zahtjevima saobraćaja što znači čekati u dugim saobraćajnim gužvama. U periodu špice svi a ne samo profesionalni vozači su izloženi stresu nakon napornog radnog dana te je u ovom periodu najveći broj saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima. Jedan od čestih uzroka stresa kod profesionalnih vozača jeste i čekanje na utovaru ili istovaru robe. Ovaj uzrok je sličan prethodno navedenom stresu prilikom saobraćajnih gužvi.

Vremenski gubici su veoma važan faktor u današnjem kapitalističkom društvu u kojem se pojam vremena izjednačava sa pojmom novca ("vrijeme je novac"). Vremenski gubici se odražavaju na zdravstvene, ekonomske, finansijske i socijalne odnose. Duga čekanja prilikom utovara ili istovara izaziva nervozu kod vozača iz više razloga. Vozači ne smiju napuštati kamion ili parking po nekoliko sati prilikom dužih utovara ili istovara te nisu u mogućnosti da ispune određene potrebe (potrebe za hranom, fiziološke potrebe) te iz tog razloga postaju nervozni, što dalje vodi do stresa.

4. STATISTIKE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA U EVROPI

Prema istraživanjima u Evropi smrtno nastrada 50 osoba na million stanovnika. U 2016. godini saobraćajne nezgode u državama članicama Evropske unije odnijele su oko 25.600 života, oko 500 manje nego prethodne godine (-2%) a više od 1,4 miliona ljudi povrijeđeno. U posljednjih 20 godina zabilježen je trend smanjenja broja poginulih u saobraćaju u EU. Zemlje sa najvećim brojem saobraćajnih nezgoda su Litvanija, Poljska i Grčka. Najmanji broj saobraćajnih nezgoda dešava se u najrazvijenijim državama Evrope a to su

Švedska, Velika Britanija, San Marino, Švicarska, Holandija, Danska i Njemačka. Ove države su prihvatile ideju da je bezbjednost saobraćaja društvena pojava kojom se može upravljati.[2]

Evropske zemlje nastoje da usaglase svoje saobraćajne politike, teže ka unaprijeđenju cjelokupnog saobraćajnog sistema a samim tim i smanjenju broja saobraćajnih nezgoda i posljedica saobraćajnih nezgoda. Uzroci saobraćajnih nezgoda su različiti a najčešći su to spoljašnji uticaji (uslovi na putu, vremenski uslovi, prepreke) i osobne (npr. prebrza vožnja, nepoštivanje propisa, stres). Mnogi učesnici nezgoda u Evropi su relativno mladi vozači: 18,9% u dobi između 18 i 24 godine, 25,4% je bilo između 25 i 34 godine.

4.1 Uzroci nastanka stresa – stresori u Evropi

Uzroci stresa na Evropskom kontinentu se značajno razlikuju u odnosu na stresore u Sjedinjenim Američkim Državama. Evropski sistem transporta je dosta kompleksniji u odnosu na američki transport. U Sjedinjenim Američkim Državama ne postoje granične kontrole niti komplikovana transportna dokumentacija, dok se u Evropskim zemljama još uvijek radi na unifikaciji i pojednostavljenju transportne dokumentacije koja će biti validna i za zemlje članice Evropske Unije i za ostale evropske zemlje.

Transportna dokumentacija u međunarodnom evropskom transportu dijeli se na dokumente za vozilo, dokumente za vozače i dokumente koji prate realizaciju usluge.[3] Ovi dokumenti su neophodni za međunarodni transport i razmjenu robe između zemalja članica Evropske Unije i ostalih zemalja Evrope. Čekanja na graničnim prelazima uglavnom se poistovjećuju sa radom carinske kontrole, a ti razlozi imaju mnogo više faktora, poput dinamike rada administracija susednih država ili usporavanja njihovog rada zbog pojačanih kontrola koje se sprovode u zemljama Evropske Unije. U prosjeku kamioni koji saobraćaju u međunarodnom transportu na evropskom tlu na carinskim kontrolama mjesečno izgube 3 dana, odnosno 36 dana godišnje.

Zadržavanje vozila na granicama i carinama poskupljuje prevoz i ugrožava rokove isporuke. Posljedice ovakvog funkcionisanja transportnog sistema pored vremenskih gubitaka su ekonomski i finansijski gubici. Svaki takav gubitak postaje izvor stresa i za vozača i za ostale članove u transportnom preduzeću a posebno vlasnicima. Nezadovoljstvo radnika odnosno vozača u ovakvim uslovima rada najčešće rezultira povećanom nervozom, napetošću, umorom, finansijskim gubicima a nezadovoljsvo vlasnika transportnih preduzeća uglavnom rezultira mobingom nad zaposlenim osobljem, što kod radnika opet uzrokuje stres.

Slika 3. Zastoj saobraćaja na carini

Izvor: [obrada autora, 2019]

Odmarališta i parking mjesta za kamione u Evropi se mnogo razlikuju u odnosu na takozvane truck stopove u Sjedinjenim Američkim Državama. Površine odmarališta su mnogo manje kao i sadržaj koji one pružaju. Dok američka odmarališta pružaju mogućnost relaksacije u vidu bavljenja sportom, posjete kinu, odmora u spa centrima, evropska odmarališta uglavnom pružaju osnovne usluge kao što su parkinga vozila, točenja goriva, kupovina hrane, napitaka, rezervnih dijelova za vozila, korištenje toaleta i tuša.

Povećana stopa kriminala u Istočnoj i Južnoj Evropi se negativno odražava i na sigurnost korisnika usluga odmarališta. Veoma često se dešavaju otuđivanja pogonskog goriva, materijalnih dobara, robe koja se prevozi a nerijetko profesionalni vozači prolaze kroz psihičku i fizičku torturu kriminalnih organizacija koje dejstvuju na tom području.

Iz ovih razloga vozači se zbog vlastite sigurnosti obično opredjeljuju za odmarališta koja su opremljena video nadzorom i čuvarima, te ograđena i redovna kontrolisana parkirališta. Boravak na ovakvim odmarališima

[2] https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/asr2018

[3] Zakon o međunarodnom i međuentitetskom cestovnom prijevozu, Parlamentarna Skupština BiH broj 78/01, Sarajevo, 2001.

je nešto skuplji u odnosu na ostala odmarališta. Da bi izbjegli novčane gubitke profesionalni vozači obično se kratko zadržavaju na ovakvim mjestima i nastavljaju vožnju bez adekvatnog odmora, voze brže, krše saobraćajne propise, osjećaju nelagodu. Ovakvo ponašanje vozača pokazuje da su neadekvatna odmarališta jedan od važnijih stresora na području Evrope, koji za posljedicu imaju povećan broj saobraćajnih nezgoda.

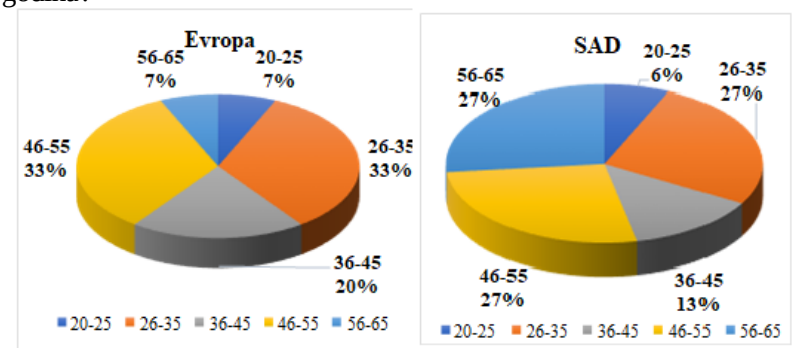
5. ANALIZA REZULTATA SPROVEDENE ANKETE

U istraživanju stresa kod profesionalnih vozača koji za posljedicu imaju saobraćajne nezgode provedena je telefonska anketa sa 30 profesionalnih vozača kamiona sa dva različita područja. 15 anketiranih vozača su vozači kompanije "Nation Wide Transportation LLC" iz grada Waterloo, Savezne Države Ajove u Sjedinjenim Američkim Državama. Druga polovina anketiranih vozača su vozači kompanije "Eberle Internationale Spedition GmbH" iz grada Rosenhajm, Njemačka.

Anketa se sastoji od 15 pitanja koja na osnovu kojih je moguće utvrditi karakteristike ličnosti, socijalni, kulturološki, materijalni i zdravstveni status ispitanika, odnosno njihovu otpornost na stres. Ispitanici su na pitanja odgovarali usmeno, telefonski na osnovu više ponuđenih odgovora, te na osnovu skale procjene. U istraživanju su učestvovali vozači starosti od 20 do 65 godina.

Na početku ankete potrebno je bilo odrediti dobne skupine ispitanika i njihovu zastupljenost.

"Koliko imate godina?"

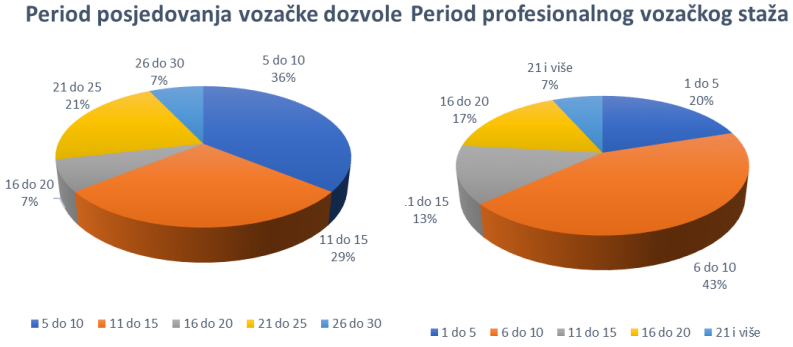


Dijagram 4. Starosna struktura anketiranih vozača

U anketiranju su učestvovali vozači starosti od 20 do 65 godina starosti. Najzastupljenija skupina ispitanih vozača su osobe od 26 do 35, te 46 do 55 godina starosti.

Na osnovu pitanja **"Koliko godina posjedujete vozačku dozvolu?"** zaključujemo da je period posjedovanja vozačke dozvole uzimajući u obzir sve anketirane vozače kod većine ispitanika od 5 do 10 godina sa ukupno 36%, zatim od 11 do 15 godina kod 29% ispitanika, od 21 do 25 godina 21%, od 16 do 20 godina je 7% i od 26 do 30 godina je 7%. Na osnovu ovih podataka možemo zaključiti da su u anketiranju učestvovali zreli i iskusni vozači. Međutim, neophodno je napomenuti da se period posjedovanja vozačke dozvole sastoji od takozvanog mrtvog i stvarnog vozačkog staža.

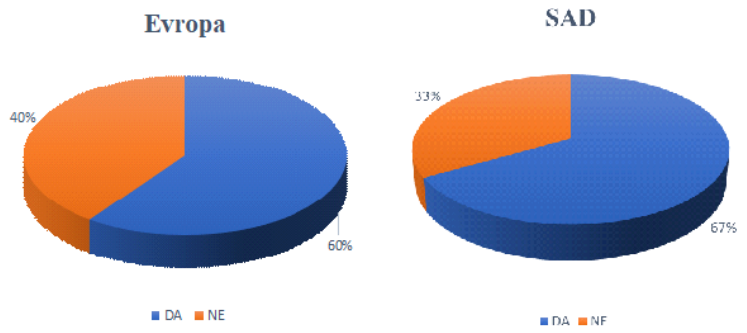
Stvarni vozački staž anketiranih vozača zaključili smo iz narednog anketnog pitanja a ono glasi **"Koliko godina se profesionalno bavite poslom vozača?"**



Dijagram 5. *Period posjedovanja vozačke dozvole i profesionalnog vozačkog staža*

Period obavljanja posla profesionalnog vozača uzimajući u obzir sve ispitanike značajno se razlikuje od perioda posjedovanja vozačke dozvole. Stvarni vozački staž ili profesionalni staž anketiranih vozača kreće se od 1 do 5 godina sa 20% zastupljenosti, od 6 do 10 godina sa najvećom zastupljenosti od 43%, od 16 do 20 godina sa 17%, od 11 do 15 godina sa 13% te 21 i više godina sa 7% zastupljenosti.

"Da li ste prije bavljena poslom profesionalnog vozača imali neko drugo zanimanje?"

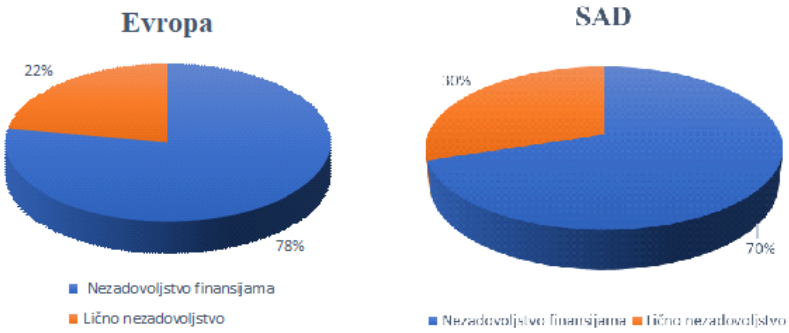


Dijagram 3. Procentualni odnos između ispitanika koji su se ranije bavili nekim drugim poslom

Većina ispitanika je prije bavljenja poslom profesionalnog vozača imala neko drugo zanimanje. 9 od 15 ispitanika (60%) iz Evrope, a 10 od 15 (67%) iz Sjedinjenih Američkih Država prethodno se bavilo nekim drugim zanimanjem. U daljem istraživanju neophodno je bilo saznati zašto su se ispitanici odlučili promijeniti profesiju i zašto su izabrali zanimanje vozača. Na naredno anketno pitanje odgovarali su samo ispitanici koju su na prethodno pitanje odgovorili potvrdno.

Analizom prethodnog dijagrama zaključeno je da su ispitanici koji su se prethodno bavili nekim drugim zanimanjem promijenili svoje zanimanje uglavnom is nezadovoljstva sa finansijskog aspekta. Poznata je činjenica da je posao vozača kamiona jedan od bolje plaćenih poslova na oba istraživana područja pa iz tog razloga ne iznenađuje činjenica da se sve više ljudi odlučuje za ovu profesiju.

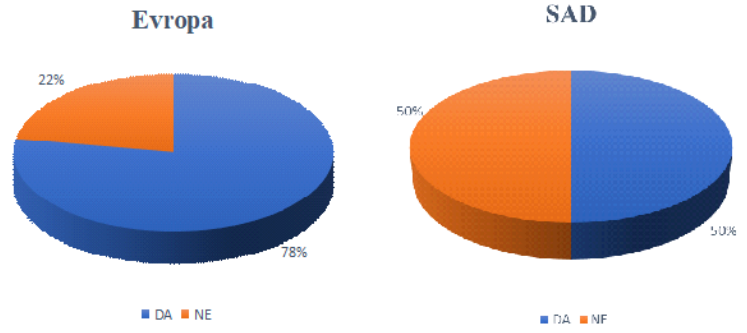
"Zašto ste promijenili profesiju?"



Dijagram 4. Razlozi promjene profesije ispitanika

Sa druge strane postoji znatno manji broj ljudi koji se nisu na ovu profesiju odlučili isključivo radi novca. Sledeći korak u istraživanju stresa kao uzroka saobraćajnih nezgoda jeste utvrditi da li osobe koje su promijenile prethodno zanimanje za profesiju vozača svoje trenutno zanimanje smatraju stresnijim u odnosu na prethodno. Na ovo pitanje odgovaraju samo oni ispitanici koji su na pitanje o promjeni zanimanja odgovorili sa DA.

"Da li je Vaše trenutno zanimanje – posao vozača, stresnije u odnosu na prethodno?"

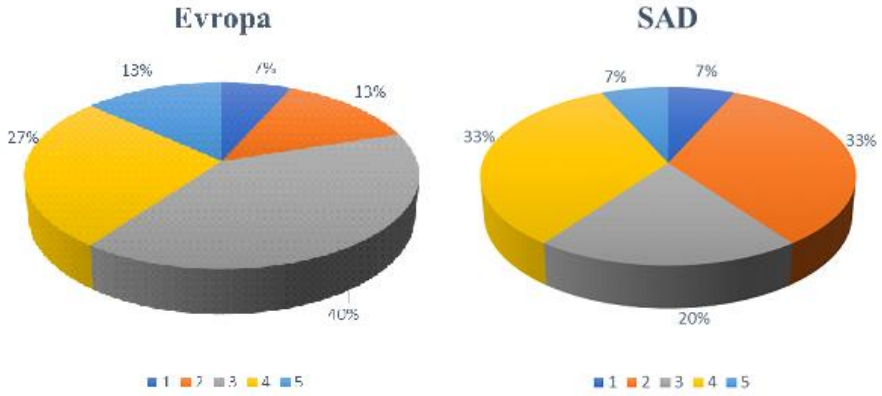


Dijagram 5. Procentualni odnos između ispitanika koji smatraju da njihovo trenutno zanimanje vozača stresnije u odnosu na prethodno

Ispitanici sa Evropskog kontinenta uglavnom smatraju da je zanimanje vozača mnogo stresnije u odnosu na zanimanja kojima su se prethodno bavili. Čak 78% ispitanika je odgovorilo potvrdno. U Sjedinjenim Američkim Državama 50% vozača smatra svoje trenutno zanimanje stresnijim. Potrebno je napomenuti da su u Sjedinjenim Američkim Državama vozači uglavnom vlasnici svojih kamiona i samostalno ili uz konsultacije sa dispečerima odlučuju o relacijama na kojima žele transportovti, težini tereta koji su spremni prevoziti, te cijeni za koju će obaviti uslugu transporta. Veoma mali broj vozača su vozači koji obavljaju prevoz za transportno preduzeće. U Evropi je taj odnos drugačiji u korist vozača koji rade za velike kompanije.

Naredni korak u istraživanju jeste da vozači na skali od 1 do 5 ocijene izloženost stresu u svakodnevnom životu.

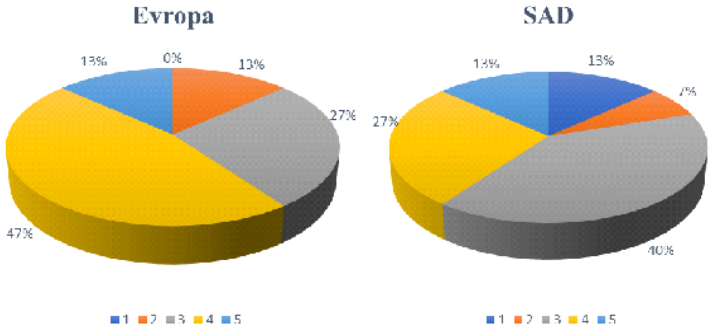
"Ocijenite Vašu izloženost stresu u svakodnevnom životu?"



Dijagram 6. Izloženost stresu na skali od 1 do 5

13% ispitanika u Evropi i 7% u Sjedinjenim Američkim Državama ocjenjuje izloženost stresu u svakodnevnom životu najvećom ocjenom na skali. I ovako mali procenat je zbrinjavajući problem i ukazuje na to da su ljudi u svakodnevnom životu veoma izloženi stresu. Sledećom manjom ocjenom svoju izloženost stresu ispitanici u Evropi su ocijenili sa zabrinjavajućih 27% a u Sjedinjenim Američkim Državama sa 33%, zatim 40% u odnosu na 20% ocjenom 3. Za dalje istraživanje ispitanici su na skali od 1 do 5 ocijenili svoju izloženost stresu u saobraćaju i saobraćajnim situacijama.

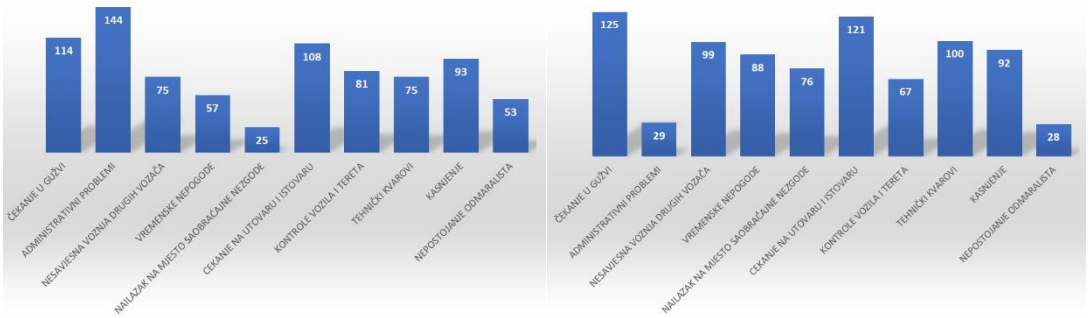
"Ocijenite Vašu izloženost stresu u saobraćaju i saobraćajnim situacijama?"



Dijagram 7. Izloženost stresu u saobraćaju na skali od 1 do 5

Isti broj vozača sa oba područja istraživanja je svoju izloženost stresu ocijenila maksimalnom ocjenom na skali od 1 do 5 (13%). Čak 47% ispitanika iz Evrope a 27% iz Sjedinjenih Američkih Država ocijenilo je svoju izloženost saobraćajnom stresu ocjenom 4 što ukazuje na to da je saobraćaj jedan od značajnijih uzroka stresa modernog vremena. Procentualni odnos kojim su ispitanici iz Evrope u odnosu na ispitanike u Sjedinjenim Američkim Državama ocijenili svoju izloženost ocjenom 3 je 27% naprema 40%, a ocjenom 2 je 13% naprema 7%.

Zaključujemo da su u Evropi vozači u znatnoj mjeri više izloženi stresu u odnosu na svoje kolege iz Sjedinjenih Američkih Država. Ovaj podatak nas dovodi do pitanja zašto je to tako i koji su to uzroci ovakvih statistika. Iz tog razloga naredni zadatak za ispitanike ankete je bio: **"Bodujte brojevim od 1-10 koje su to po Vašem mišljenu najstresnije situacije u saobraćaju (1-najmanje stresne, 10-najstresnije)!"** Ukupan broj bodova koji su podijeljeni za jedno anketirano područje je 825 bodova. Za područje Evrope dobijeni su sljedeći rezultati:



Dijagram 8. Najstresnije situacije u saobraćaju u Evropi i u SAD

Najveći broj bodova, čak 144 boda, ispitanici iz Evrope su dodijelili administrativnim problemima što znači da je ovo jedan od najvećih izvora stresa kod evropskih vozača. U radu je već pomenuto da su ovo veoma značajni problemi u evropskom transport. Na drugom mjestu sa 114 bodova slijedi čekanje u saobraćajnoj gužvi a zatim čekanje na utovaru i istovaru sa 108 bodova. Čekanje se negativno odražava i na transportnu firmu i na vozača kao pojedinca. Kašnjenje kao uzrok stresa nalazi se na 4. mjestu sa 93 boda.

Svako čekanje i kašnjenje predstavlja gubitak vremena i novca a nemogućnost isporuke robe na vrijeme predstavlja preduslov za stvaranje nervoze i stresa. Kontrole vozila i terete zauzimaju 5. mjesto sa 81 bodom, dok nesavjesna vožnja drugih učesnika u sobraćaju i tehnički kvarovi vozila dijele 6. mjesto sa po 75 bodova. Nepostojanje adekvatnog odmarališta (53 boda), vremenske nepogode (57 bodova) i nailazak na mjesto saobraćajne nezgode (25 bodova) su prema odgovorima ispitanika iz Evrope najmanje stresne situacije sa kojima se susrećemo.

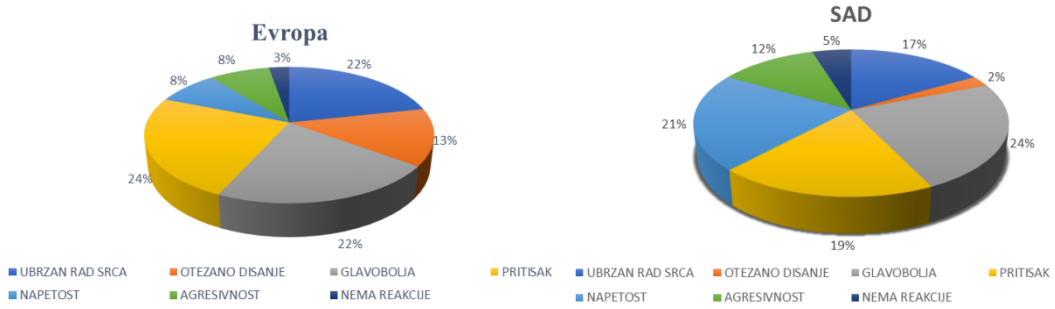
Bodovanje stresnih situacija u saobraćaju u Sjedinjenim Američkim Državama dalo je sledeće rezultate: Ispitanici u Sjedinjenim Američkim Državama najstresnijim situacijama u saobraćaju smatraju čekanje u saobraćajnoj gužvi (125 bodova) i čekanje na utovaru i istovaru (121 bod). Razlozi za ovakvo bodovanje su isti kao i kod evropskih vozača a to su vremenski i finansijski gubici. Uzrok dugih čekanja na utovaru i istovaru su trasnportni procesi koji se odvijaju u velikim skladištima i koji opslužuju veliki broj transportnih jedinica u toku radnog vremena.

Čekanja u gužvi su posljedice velikog stepena motorizacije koji opterećuju saobraćajnu mrežu, posebno u periodu saobraćajne špice. Sa 100 bodova tehnički kvarovi nalaze se na 3. mjestu stresora u saobraćaju a razlog tome jesu visoka cijena dijelova za teretna vozila i servis vozila.

Nesavjesna vožnja drugih vozača bodovana je sa 99 bodova, a kašnjenje ispitanici su bodovali sa 92 bodova. Američki vozači kašnjenje su svrstali na 5. mjesto za razliku od evropskih kod kojih je kašnjenje na visokom 3. mjestu. U Sjedinjenim Američkim Državama skladišta za otpremu i prijem robe uglavnom imaju definisano radno vrijeme te kamioni se opslužuju prema teoriji redova (masovnog opsluživanja) ili takozvanog Firs Come First Serve – FCFS (prvi dođe, prvi opslužen) sistema. Iz ovog razloga američki profesionalni vozači u odnosu na evropske kašnjenja ne smatraju veoma značajnim stresorom jer su veoma rijetka pojava.

Naredno anketno pitanje dalo je odgovor na koji način organizam ispitanika odreaguje u stresnim situacijama. Moguće je bilo dati više odgovora a rezultati su sljedeći:

"U stresnim situacijama Vaš organizam odreaguje na neki od navedenih načina (moguće dati više odgovora)?"



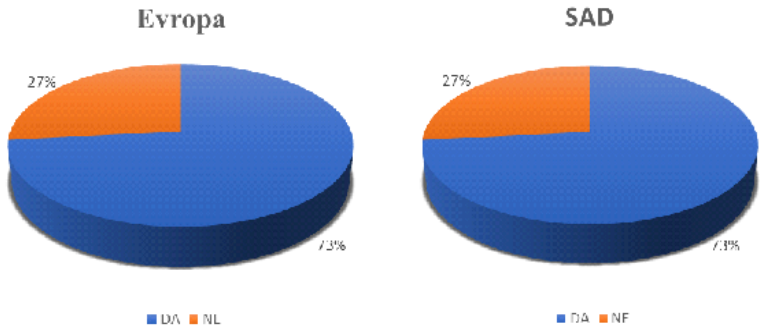
Dijagram 9. Reakcije organizma na stres kod vozača u Evropi i u SAD

Najčešća reakcija na stres kod ispitanih vozača u Evropi jeste povišen krvni pritisak sa udjelom od 24%, zatim slijedi glavobolja i ubrzan rad srca sa po 22%. Otežano disanje je također veoma česta reakcija (13%).

Napetost i agresivnost su ravnomjerno zastupljene reakcije organizma (8%). Mali procenat vozača od svega 3% se izjasnilo da na stresne situacije njihov organizam ne reaguje na bilo koji način.

24% ispitanika sa američkog područja izjavilo je da njihov organizam na stres reaguje pojavom glavobolje a 21 % napetošću. Pritisak je 3. reakcija organizma po učestalosti sa 19% a slijedi ubrzan rad srca sa 17%. 12% vozača odraguje agresivnošću što u saobraćaju ali i svakodnevnom životu može da dovede do opasnih situacija. Mali procenat vozača od 2% odraguje otežanim disanjem a 5% vozača tvrdi da na stres njihov organizam nema reakciju.

U nastavku ispitanici su dali odgovor na pitanje: "Kada vozite pod stresom da li se Vaše ponašanje razlikuje od ponašanja u normalnim uslovima vožnje?".

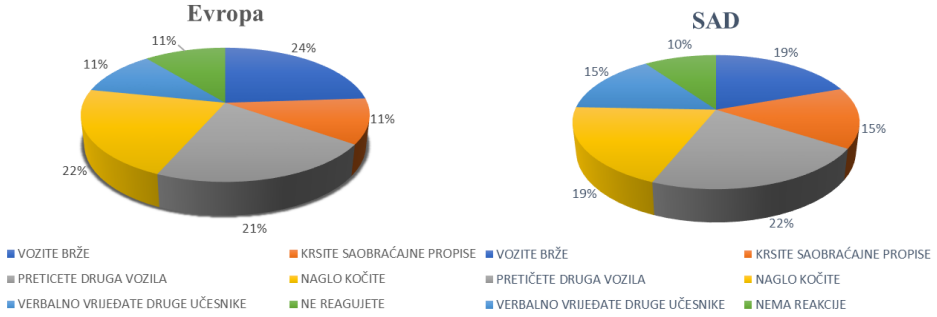


Dijagram 10. Procentualni odnos o razlici ponašanja ispitanika pri normalnim uslovima vožnje i vožnje pod stresom

Odnos odgovora ispitanika na prethodno pitanje koje su dali na oba anketirana područja je jednak. 73% ispitanika je izjavilo da se njihovo ponašanje razlikuje kada voze pod stresom.

Karateristično je da se pod stresom sve radnje u svakodnevnom životu obavljaju brže i agresivnije pa tako je i vožnja vozača pod stresom agresivnija u odnosu na vožnju u normalnim uslovima.

Ispitanici su na pitanje "Pod uticajem stresa Vi (moguće dati više odgovora)?" dali sljedeće odgovore:



Dijagram 11. Promjene ponašanja vozača pod stresom u Evropi i u SAD

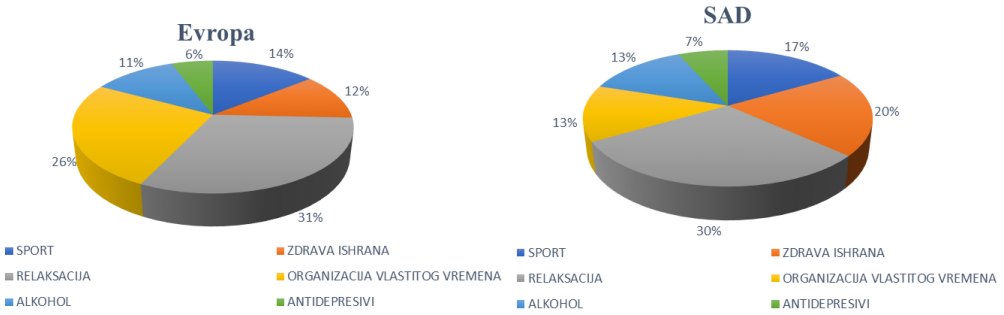
Skoro četvrtina ispitanika (24%) sa područja Evrope izjašnjava se da pod uticajem stresa povećavaju brzinu vožnje. Uzmemo li u obzir fiziološke promjene u organizmu usljed stresa kao što su smanjena koncentracija, glavobolja, napetost i još tome dodamo povećanu brzinu vožnje, vjerovatnoće dešavanja saobraćajnih nezgoda rapidno rastu.

Ako se procenat vozača koji voze prebrzo udvostruči, broj nezgoda poraste za oko 10%. Ako njihova prosječna brzina poraste za 2km/h, broj nezgoda poraste za preko 20%. Povećavanje brzine dovodi do potrebe za naglim kočenjem kada vozila naiđu na prepreke (22% ispitanika je izjavilo da naglo koče), te potrebe za preticanjem drugih vozila (21%) , što također mnogostruko povećava rizik od saobraćajnih nezgoda. 11% vozača krši saobraćajne propise i verbalno vrijeđa druge učesnike u saobraćaju. Također, 11% vozača tvrdi da se njihova vožnja pod stresom ne razlikuje od vožnje u normalnim uslovima. Ovakva ponašanja u saobraćaju spadaju u opasna.

U Sjedinjenim Američkim Državama 22% vozača po stresom ima potrebu da pretiče druga vozila, a 19% njih povećava svoju brzinu i naglo koči. Ovakva tri ponašanja su povezana uzročno-posljedičnom vezom. Upoređujući ove rezultate sa oba područja anketiranja možemo zaključiti da vozači pod stresom uglavnom stres ispoljavaju agresivnom i ofanzivnom vožnjom. Promjene ponašanja vozača usljed stresa na oba područja imaju iste posljedice a najučestalije su kao što je navedeno povećanje brzine, preticanje te naglo kočenje. 15 % vozača

sa američkog područja odgovorilo je da pod uticajem stresa verbalno vrijeđaju druge učesnike u saobraćaju te krše saobraćajne propise. Procenat vozača koji svoje ponašanje ne mijenjaju iznosi 10%.

Da bi se smanjio negativan uticaj stresa te smanjio broj saobraćajnih nezgoda i na što efikasniji način eliminisao stres kod profesionalnih vozača neophodno je stalno usavršavati i optimizirati transportne procese, saobraćajnu infrastrukturu, vozila i omogućiti vozačima adekvatne objekte za relaksaciju. Ispitanici su na pitanje **"Na koji način se Vi borite protiv stresa (moguće je dati više odgovora?"** dali sljedeće odgovore:



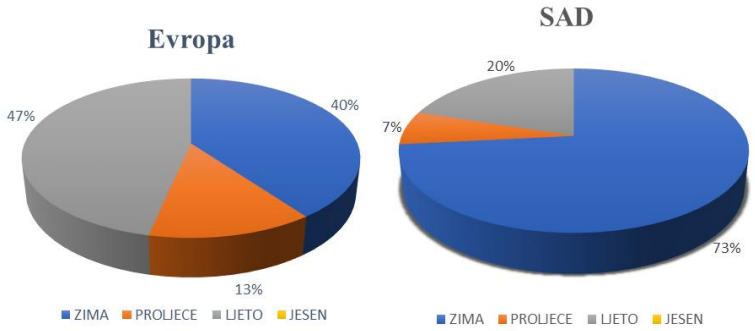
Dijagram 12. Načini eliminacije stresa kod ispitanika u Evropi i u SAD

Na osnovu pitanja **"Načini eliminacije stresa kod ispitanika u Evropi"** zaključili smo da su razni načini relaksacije (31%) kod evropskih vozača najzastupljeniji vid eliminacije stresa. Organizacija vlastitog vremena je također bitan faktor u smanjivanju uticaja stresa za 26% ispitanika. Boravak u prirodi, odmor sa porodicom, obilazci gradova, odlazak u šoping, odmor veoma povoljno utiču na psihičko stanje vozača. Organizacija vremena održava balans između stresnih perioda na radu i perioda opuštanja. 14 % vozača nagomilani stres eliminiše bavljenjem sportom a 12% zdravom i redovnom ishranom. 11% vozača je odgovorilo da se protiv stresa bori uz pomoć alkohola a 6% pomoću antidepresiva.

Poznata je činjenica da se upotrebom alkohola fiziološke sposobnosti mnogostruko pogoršavaju i da alkohol više nego bilo koji drugi faktor povećava rizik od saobraćajnih nezgoda. Također, upotreba antidepresiva slabi koncentraciju, otupljuje čula i smanjuje sposobnost preciznih pokreta. Vozači u pokušaju da eliminišu ili ublaže posljedice stresa pribjegavaju raznim načinima opuštanja koji opet negativno utiču i na same vozače i na okolinu.

30% ispitanika iz Sjedinjenih Američkih Država stres eliminiše raznim načinima relaksacije a 20% zdravom ishranom. Sjedinjene Američke Države su poznate po mnogobrojnim lancima restorana brze hrane a amerikanci kao najgojaznija nacija na svijetu. Vozači zbog prirode svoga posla nisu u mogućnosti uvijek hraniti se zdravo, ipak petina njih ne spada u kategoriju ljudi koji ne vode računa o onome što unose u svoj organizam. 17% vozača se bavi sportom te na taj način negativnu energiju nastalu stresom izbacuje iz svog organizma.

Organizaciju vremena i alkohol kao eliminatore stresa praktikuje 13% ispitanika a 7% koristi antidepresive. Procenat upotrebe antidepresiva u Evropi (6%) i Sjedinjenim Američkim Drzavama (7%) je veoma približan. Za najdepresivnije dane u godini smatraju se dani poslije novogodišnjih praznika, posebno treći ponedjeljak u januaru. U zimskom periodu povećava se broj saobraćajnih nezgoda a razlozi su različiti od vremenskih neprilika, stresnih saobraćajnih gužvi, povećane upotrebe alkohola pa do psihičke iscrpljenosti ljudi. Anketirani vozači su na pitanje **"Sa saobraćajnog aspekta najstresniji period u toku godine po Vašem mišljenju je (moguće dati samo jedan odgovor)?"** dali sljedeće odgovore:



Dijagram 13. Najstresniji periodi u toku godine za ispitanike iz Evrope i iz SAD

Skoro polovina ispitanika iz Evrope (47%) smatra da je period ljetnih godišnjih odmora najstresniji period u toku godine sa saobraćajnog aspekta. Velike gužve na granicama i oko velikih turističih gradova vozače primoravaju na duga čekanja te velike finansijske gubitke a predstavljaju i preduslove za stvaranje nervoze i napetosti. Sa 40% odgovora ispitanika vrijeme zimskih praznika nalazi se na 2. mjestu najstresnijih godišnjih doba. Padavine, saobraćajne gužve u vrijeme praznika, upotreba alkohola a samim tim i nasavjesna vožnja drugih učesnika u saobraćaju uveliko doprinose stvaranju stresnih situacija.

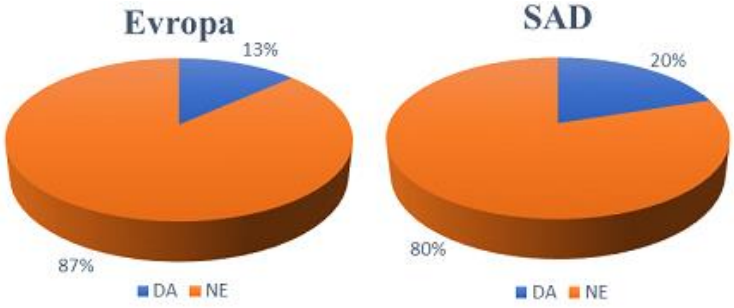
Proljeće je najstresniji period za 13% vozača . Najmanje stresan period za evropske vozače prema anketi je jesen. Nijedan ispitanik nije izjavio da je jesen stresan period sa saobraćajnog aspekta iako se u tom periodu vozači nakon vožnje po suvim i čistim kolovozima moraju adaptirati na padavine i mokre kolovoze.

U Sjedinjenim Američkim Državama zima je ubjedljivo najstresniji period u saobraćaju u toku cijele godine. Čak 73% ispitanika smatra da je vrijeme zimskih praznika najstresnije razdoblje. Razlozi su isti kao i kod ispitanika u Evropi. Pored saobraćajnih gužvi i snježnih padavina, dodatni razlog za ovakav stav jeste i to što uvoz robe koja se prevozi obično bude u padu zbog mnogo prazničnih neradnih dana. Na američkom tlu veoma su česte pojave lančanih sudara usljed velikih snježnih nanosa, posebno na Istočnoj obali i zapadnim planinskim zemljama.

20% anketiranih vozača iz Sjedinjenih Američkih Država ljetne praznike smatra za najstresniji period u godini. Razlozi su opet povećane gužve te enormno visoke temperature u južnim djelovima zemlje koje se bave isključivo turizmom i iz kojih izvoza skoro da uopšte nema, dakle finansijski gubici su neizbježni. 7% ispitanika smatra da je proljeće period sa najviše stresnog djelovanja.

Razlozi su najčešće elementarne nepogoda kao što su poplave, padavine, uragani i slično. Kao i ispitanici sa evropskog područja, ispitanici iz Amerike smatraju jesen najmanje stresnim periodom.

Za kraj ankete ispitanici su odgovorili na pitanje "Da li li znate da je najmanje trećina bolesti u današnjim industrijaliziranim zemljama izazvana stresom?".



Dijagram 14. Procentualni odnos ispitanika koji su upoznati sa činjenicom da je stres uzrok jedne trećine bolesti u razvijenim zemljama

87% ispitanika iz Evrope odgovorilo je da nisu upoznati sa činjenicom da je stres uzročnik jedne trećine poznatih bolesti današnjice dok je preostalih 13% svjesno ovoga problema.

U Sjedinjenim Američkim Državama svega jedna petina ispitanika (20%) je upoznata sa posljedicama stresa na ljudsko zdravlje. Ovako veliki broj odgovora "NE", čak 80% je zabrinjavajući i ukazuje na to da ljudi nisu ni svjesni opasnosti koje prouzrokuje stres.

6. ZAKLJUČAK

Prisustvo stresa karakteristično je za svako zanimanje pa tako i zanimanje profesionalnih vozača. Izloženost stresu u manjoj mjeri može pozitivno da utiče na funkcionisanje pojedinca, da budi kreativnost, podstiče na razmišljanje i slično. Ipak svakodnevna izloženost stresu, naročito na visokom nivou stresa, rezultira negativnim uticajem na fizičko i psihičko zdravlje, a samim tim i na radnu produktivnost. Kao rezultat djelovanja raznih stresora na organizam pojavljuju se posljedice kao što su emocionalne i mentalne reakcije te fizičke reakcije.

Analizom dobijenih rezultata iz provedene ankete možemo zaključiti da je saobraćaj veoma stresan aspekt svakodnevnog života. Svi učesnici u saobraćaju izloženi su stresnim situacijama u različitoj mjeri. Profesionalni vozači većinu svog radnog vijeka provode u vožnji te su najbolje upoznati sa izvorima stresa u saobraćaju. Za najznačajnije stresore u saobraćaju smatraju se duga čekanja u saobraćajnim gužvama, čekanja na utovaru i

istovaru, kašnjena, administrativni problemi, kontrole, kvarovi, saobraćajne nezgode, nesavjesna vožnja drugih učesnika te vremenske neprilike.

Veoma nizak postotak ljudi ravnodušan je na stresne situacije i pod stresom ne mijenja svoje ponašanje, odnosno ne reaguje. Većina ljudi nema razvijen mehanizam za eliminaciju stresa i pod pritiskom mijenja svoje ponašanje u saobraćaju tako što povećava brzinu, ima potrebu za preticanjem i naglim kočenjem, ne poštuje saobraćajne propise te verbalno vrijeđa druge učesnike u saobraćaju. Ovakve promjene ponašanja kod profesionalnih vozača negativno utiču na bezbjednost saobraćaja uopšte.

U borbi protiv stresa profesionalni vozači rješenje pronalaze baveći se sportom, relaksacijom, organizacijom vlastitog vremena ali nažalost i upotrebom alkohola i antidepresiva. Ovakav način borbe protiv stresa je neadekvatan iz razloga što pod uticajem ovih sredstava fiziološke i psihomotorne sposobnosti slabe te se povećava rizik od nastanka saobraćajnih nezgoda, a saobraćajne nezgode su opet novi izvori stresa.

Ključ uspješnog savladavanje stresa sastoji se u očuvanju emocionalne i fizičke stabilnosti, stabilnosti socijalnih odnosa, hrabrosti, samopoštovanja, samopovjerenja, samokontrole, relaksacije te zadovoljenju vlastitih potreba. S obzirom da stres na radu postaje veliki problem, jako je važno ovladati stresom mijenjajući svoje ponašanje, način razmišljanja i svoju životnu filozofiju. Na taj način čovjek može postići da mu svakodnevni život i njegov posao budu zdraviji, potpuniji i kvalitetniji.

Nizak nivo svijesti (čak 80% ljudi nije bilo upoznato sa činjenicom da je stres uzročnik više od jedne trećine bolesti u modernom svijetu) o negativnom uticaju stresa na ljudsko zdravlje mnogo govori o tome koliko se pažnje posvećuje ovom problem. Podizanje svijesti o opasnosti stresa na zdravlje ljudi te organizacija antistres terapija, razvoj medicinskih relaksacionih tehnika, omogućavanje bavljenje sportom su neki od načina efikasne borbe protiv ovog problema.

Stres je činjenica modernog života i ne možemo ga se skoro nikada potpuno riješiti. Očigledno je da stres, kome je gotovo svakodnevno izložen veliki broj ljudi, što zbog materijalnih, što zbog drugih problema, zatim umora, napetosti, a naročito upotrebe alkohola – rizik od saobraćajnih nezgoda višestruko povećava.

7. LITERATURA

Milić A. (2007), "Saobraćajna psihologija", Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajno-tehnički fakultet Doboj, Doboj.

Lipovac, K. (2008), "Bezbednost saobraćaja", J. P, Službeni list SRJ Beograd, Beograd.

Hans Selye, (1956), "Stres života", McGraw-Hill Book Company, Inc, New York.

Mikuš, Lj., Franjić, Ž. (2010), "Program psihosocijalnog tretmana počinitelja prekršajnih kaznenih djela iz prometa", Zagreb, vol. 17, broj 2/2010, str. 659-668

Zakon o međunarodnom i međuentitetskom cestovnom prijevozu, Parlamentarna Skupština BiH broj 78/01, Sarajevo, 2001.

Grupa autora, "Savjetnik za zdravlje i prevenciju stresa u radu sa multikulturnim strankama i problematičnim društvenim grupama", Omega, Graz, Austrija, 2003, https://www.omega-gratz.at/ (datum pristupa: 24.03.2019.)

https://www.statista.com/topics/3708/road-accidents-in-the-us/ (datum pristupa 12.05.2019.)

https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/asr2018 (datum pristupa: 12.05.2019.)

https://samoobrazovanje.rs/stres/ (datum pristupa: 15.05.2019.)

https://www.who.int/ (datum pristupa: 24.03.2019.)

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

IMPLEMENTATION OF THE ZIGBEE PLATFORM AS AN ASSISTANT TO DRIVERS FROM THE SAFETY ASPECTS OF TRAFFIC PARTICIPANTS

IMPLEMENTACIJA ZIGBEE PLATFORME KAO ASISTENTA VOZAČIMA SA ASPEKTA BEZBJEDNOSTI UČESNIKA U SAOBRAĆAJU

Miroslav Kostadinović[a], Nataša Đalić[a], Amer Sarajlic[a], Emir Peco[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišiča 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, miroslav.kostadinovic@sf.ues.rs.ba, natasa.djalic.@sf.ues.rs.ba, amer_sarajlic@hotmail.com, e.peco@elektroprivreda.ba*

Abstract: *According to the research smart driving assistants can prevent 20-30% of road accidents. The biggest drawback of these systems is the high price. Because of that, we can find smart driving assistance, just as enhancement of expensive cars. One way of reducing the number of accidents is the implementation of security systems in all cars. To make this possible, we need to create a simple, inexpensive and efficient system that have small price, ease of installation and long life. Than we would be able to reduce the number of accidents. One potential solution is to use a system based on ZigBee platform.*

Key words: *ZigBee, Wireless Sensor Networks, Traffic Safety, Sensor Systems*

Apstrakt: *Prema rezultatima istraživanja pametni asistenti u vožnji mogu spriječiti 20-30% saobraćajnih nezgoda. Najveći nedostatak tih sistema je velika cijena, tako da ih danas možemo naći samo kao dio dodatne opreme skupocjenih automobila. Jedan od načina smanjenja broja nezgoda je i implementacija sigurnosnih sistema u svim automobilima. Da bi to bilo moguće, potrebno je kreirati jednostavan, jeftin i efikasan sistem koji će svojom pristupačnom cijenom, jednostavnošću instalacije, dugoročnošću omogućiti da se broj nezgoda smanji. Jedno od potencijalnih rješenja je korištenje sistema zasnovanog na ZigBee platformi.*

Ključne riječi: *ZigBee, Bežične senzorske mreže, Saobraćajna sigurnost, Senzorski sistemi*

1. UVOD

TRL (Transport Research Laboratory) je objavio podatke da u svijetu godišnje u saobraćajnim nezgodama strada 750 000 - 880 000 ljudi. Prema podacima TRL saobraćajne nezgode su 1996. godine zauzimale 9. mjesto na listi top 100 uzročnika smrti, a prema predviđanju 2020. godine će se naći na 6. mjestu sa oko 1,3 miliona smrtnih slučajeva. Takođe u posljednjih nekoliko godina, 24 - 34 miliona ljudi biva teže ili lakše povrijeđeno što je duplo više u odnosu na predviđanja Svjetske zdravstvene organizacije (engl. World Health Organization, WHO) od prije 10 godina. Uvidjevši trend rasta broja nezgoda Europska Unija i WHO zajedno provode aktivnosti s ciljem smanjenja broja nezgoda. Predstavljena je dugoročna, desetogodišnja strategija čiji su rezultati već sada vidljivi.

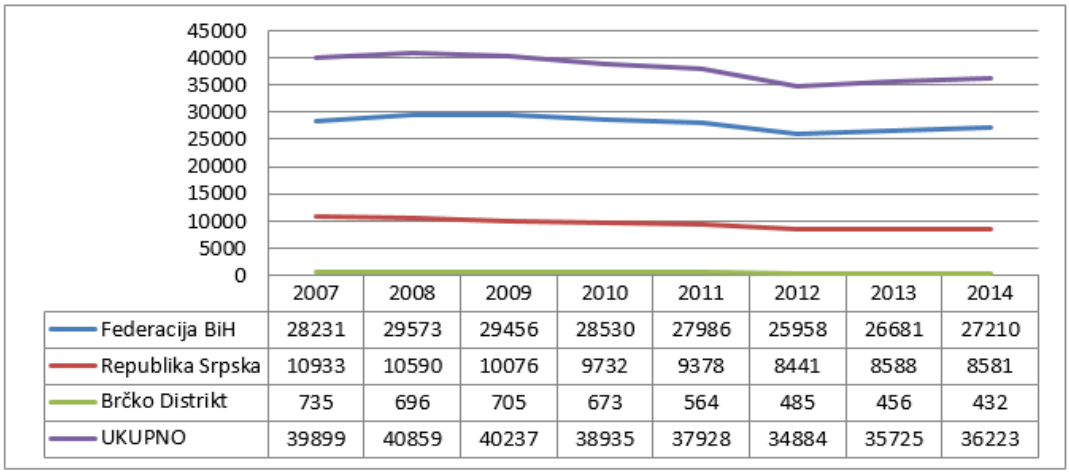
Prema rezultatima istraživanja, koja su provedena unutar Europske Unije, pametni asistenti u vožnji mogu spriječiti 20-30% saobraćajnih nezgoda [1], a prema najnovijim rezultatima istraživanja NHTSA (engl. National Highway Traffic Safety Administration) provedenih na tlu Sjedinjenih Američkih Država, čak do 40%. Najveći nedostatak tih sistema je velika cijena, tako da se danas mogu naći samo kao dio dodatne opreme skupocjenih automobila. Jedan od načina smanjenja broja nezgoda je i implementacija sigurnosnih sistema u svim automobilima. Da bi to bilo moguće, potrebno je kreirati jednostavan, jeftin i efikasan sistem koji će svojom pristupačnom cijenom, jednostavnošću instalacije, dugoročnošću omogućiti da se broj nezgoda smanji. Jedno od potencijalnih rješenja je korištenje sistema zasnovanog na ZigBee platformi [2,3].

Iako u oblasti saobraćaja ZigBee još uvijek nema veliku primjenu, potencijal koji pruža i pojedina testiranja pokazali su zavidne rezultate tako da se može očekivati da će ZigBee uređaji uskoro postati sastavni dio svih saobraćajnica i automobila. Na osnovu toga, u radu će biti prikazan mogući način primjene ZigBee

bežične senzorske mreže u saobraćaju, s ciljem povećanja sigurnosti i smanjenja broja saobraćajnih nezgoda u Bosni i Hercegovini, čiji je broj, na žalost, u poslijednjih nekoliko godina u porastu.

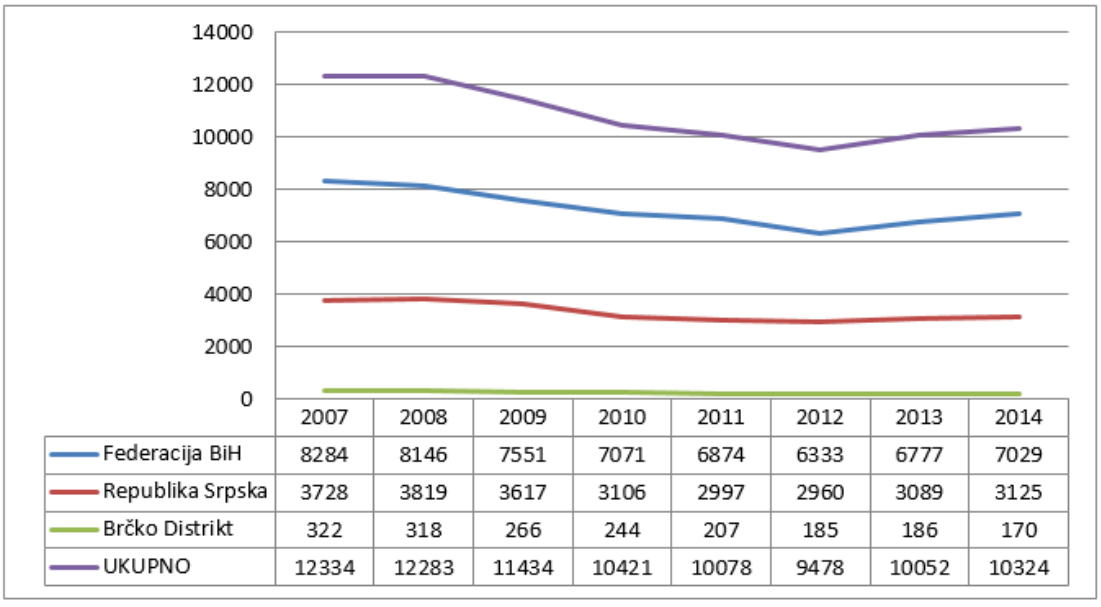
2. PODACI O BROJU SAOBRAĆAJNIH NEZGODA U BIH

Sektor za informisanje i dokumentaciju Bosanskohercegovačkog auto-moto kluba (SID BIHAMK) sistematski prikuplja dostupne podatake iz oblasti saobraćaja, koristeći pri tome sve relevantne izvore sa ciljem pravovremenog i detaljnog informisanja javnosti. Podaci o saobraćajnim nezgodama, uzrocima i posljedicama prikupljeni su od nadležnih MUP-ova (FUP, kantonalna MUP, MUP RS i MUP Brčko Distrikta). Na osnovu prikupljenih podataka BIHAMK-a, kreirani su dijagrami (*slika 1* i *slika 2*) iz kojih jasno vidimo da je broj saobraćajnih nezgoda u BiH imao tendenciju opadanja u periodu 2007- 2012 godina [4,5,6], kada se na žalost broj nesreća počinje ponovo povećavati. Iako još uvijek nisu prikupljeni podaci za 2016. godinu već je na osnovu dosadašniih saznanja jasno da će se taj trend rasta broja nezgoda nastaviti i u 2016. godini [7].



	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Federacija BiH	28231	29573	29456	28530	27986	25958	26681	27210
Republika Srpska	10933	10590	10076	9732	9378	8441	8588	8581
Brčko Distrikt	735	696	705	673	564	485	456	432
UKUPNO	39899	40859	40237	38935	37928	34884	35725	36223

Slika 1. Broj saobraćajnih nezgoda u BiH (2007-2014)



	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Federacija BiH	8284	8146	7551	7071	6874	6333	6777	7029
Republika Srpska	3728	3819	3617	3106	2997	2960	3089	3125
Brčko Distrikt	322	318	266	244	207	185	186	170
UKUPNO	12334	12283	11434	10421	10078	9478	10052	10324

Slika 2. Broj saobraćajnih nezgoda sa poginulim i povrijeđenim osobama (2007 - 2014)

U skladu sa prikupljenim statističkim podacima od nadležnih institucija (FMUP, MUP RS, MUP Brčko Distrikta, MUP kantona), na bosanskohercegovačkim putevima u 2015. godini dogodilo se ukupno 38.659 saobraćajnih nezgoda od kojih je zabilježeno 7.627 saobraćajnih nezgoda sa poginulim i povrijeđenim licima, te 31.032 saobraćajne nezgode sa materijalnom štetom (*tabela 1*). U saobraćajnim nezgodama u Bosni i Hercegovini život je izgubilo 341 lice, dok je 9.864 lica zadobilo teže ili lakše tjelesne povrede.

Tabela 1. Pregled saobraćajnih nezgoda 2015. godina

PODRUČJE	UKUPAN BROJ SAOBRAĆAJNIH NEZGODA (SN)	BROJ SN SA POGINULIM/POVRIJEĐENIM OSOBAMA	BROJ SN SA MATERIJALNOM ŠTETOM
	2015	2015	2015
Federacija BiH	28960	5084	23876
Republika Srpska	9295	2396	6899
Brčko Distrikt	404	147	257
UKUPNO	**38659**	**7627**	**31032**

Tokom 2015.godine registrovano je 2.434 nezgoda više u odnosu na 2014. godinu, što izraženo u procentima prikazuje povećanje ukupnog broja saobraćajnih nezgoda za 6,72 % [7]. Broj saobraćajnih nezgoda sa smrtnim ishodom je takođe povećan i to za 521 saobraćajnu nezgodu ili 7,33 %. Kada su u pitanju saobraćajne nezgode sa materijalnom štetom iz gore navedene tabele se može zaključiti da je u 2015. godini registrovano 1.278 nezgoda više u odnosu na 2014.godinu ili procentualno to iznosi 4,29 % [8]. Iz naprijed navedenih činjenica, zaključuje se da je trend povećanja ukupnog broja saobraćajnih nezgoda započet 2013. godine nastavljen i u 2015. godini [5]. Prema navedenim podacima možemo zaključiti da se na području BiH dnevno tokom 2015.godine događalo u prosjeku oko 106 saobraćajnih nezgoda, od toga oko 21 saobraćajna nezgoda sa poginulim ili povrijeđenim osobama [7].

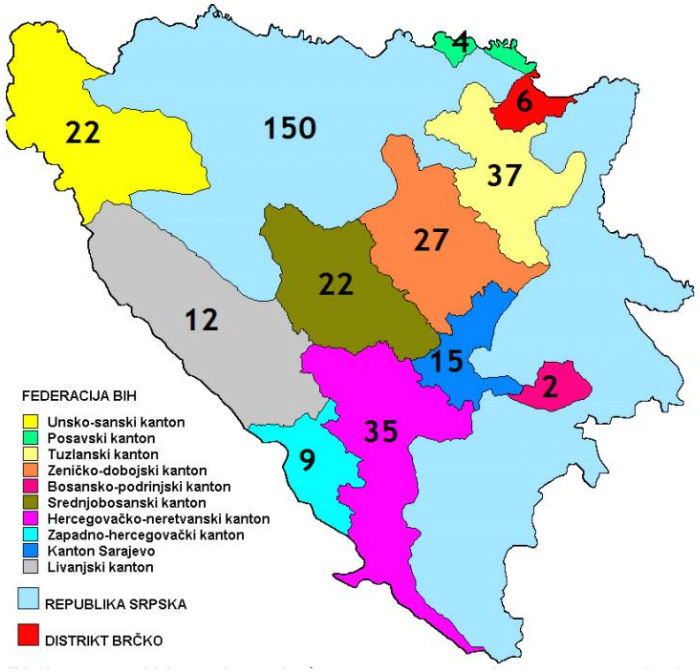
U 2015. godini, u saobraćajnim nezgodama u Bosni i Hercegovini život je izgubilo 341 osoba, 1.678 osoba je teže povrijeđeno, dok je 8.186 osoba pretrpjelo lakše tjelesne povrede (*tabela 2*) [7]. Povećanje ukupnog broja saobraćajnih nezgoda u BiH u 2015. godini dovelo je do značajnog povećanja broja poginulih, tačnije za 44 osoba odnosno za 14,8 %, broj teže povrijeđenih smanjen je za 7 lica, odnosno za 0,42 %, kao i broj lakše povrijeđenih koji je smanjen za 196 osoba, odnosno za 2,3 %.

Tabela 2. Posljedice saobraćajnih nezgoda 2015. godina

PODRUČJE	BROJ POGINULIH OSOBA	BROJ TEŽE POVRIJEĐENIH OSOBA	BROJ LAKŠE POVRIJEĐENIH OSOBA
	2015	2015	2015
Federacija BiH	185	1043	6368
Republika Srpska	150	599	1662
Brčko Distrikt	6	36	156
UKUPNO	**341**	**1678**	**8186**

U saobraćajnim nezgodama na putevima širom BiH u toku 2015. godine u prosjeku je svaki dan zabilježeno oko 106 saobraćajnih nezgoda u kojima je teže povrijeđeno nešto manje od 5 osoba, lakše 22 osobe, dok je skoro svaki dan smrtno stradala 1 osoba (*slika 3*) [7].

Prosječna smrtnost u saobraćajnim nezgodama u BiH iznosi nešto manje od 9 poginulih na 1000 saobraćajnih nezgoda. Posmatrano sa aspekta ukupnog broja saobraćajnih nezgoda po entitetima/distriktu, primijetno je da je smrtnost veća u Republici Srpskoj i ona iznosi više od 16 poginulih na 1000 saobraćajnih nezgoda, u Federaciji BIH nešto više od 6 poginulih na 1000 saobraćajnih nezgoda, dok u Distriktu Brčko iznosi nešto manje od 15 poginulih na 1000 saobraćajnih nezgoda.



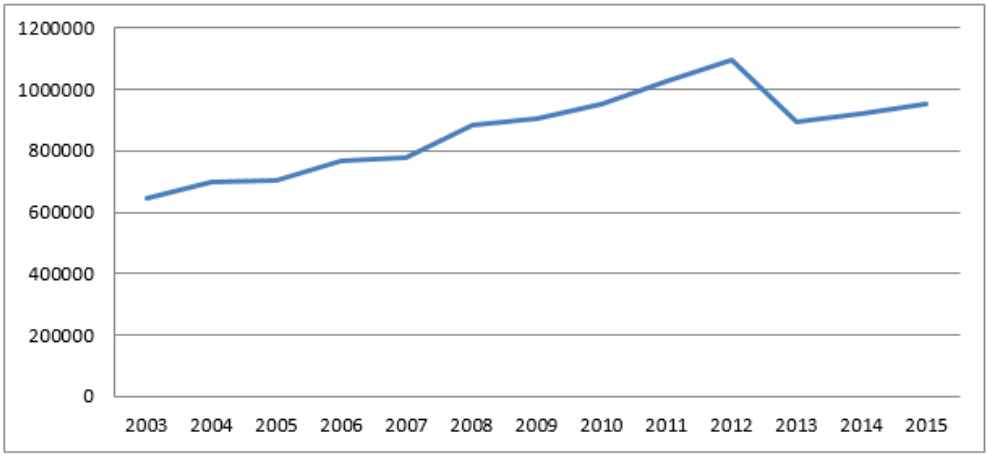
Slika 3. Broj poginulih osoba u saobraćajnim nezgodama po entitetim/kantonima/distriktu

3. IMPLEMENTACIJA ZIGBEE PLATFORME SA ASPEKTA BEZBJEDNOSTI UČESNIKA U SAOBRAĆAJU

Da bi se smanjio broj nezgoda potrebno je donijeti adekvatne strateške dokumente i akcione planove na nivou BiH sa jasno definisanim dugoročnim ciljevima kao što je to uradila EU i UN kroz Dekadu sigurnosti 2011-2020 [3].

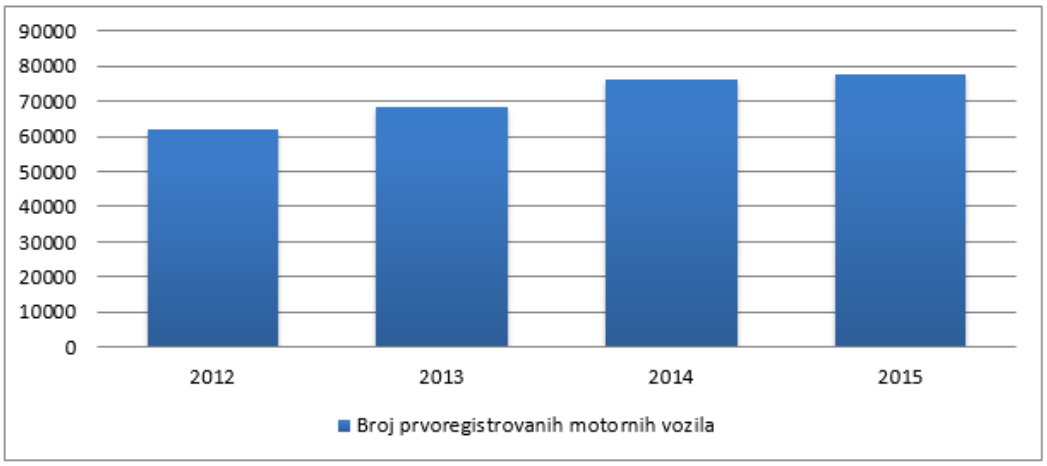
Jedan od mogućih načina smanjenja broja nezgoda je i primjena jeftinih Zigbee senzorskih sistema. Uzimajući u obzir ukupan broj motornih vozila u BiH, koji se približava brojci od 1 milion, teško je očekivati da sva vozila u kratkom periodu počnu koristiti ZigBee senzorski sistem. Takođe i pokrivenost svih područija ZigBee stacionarnih stanica u početku nije moguća. Tako da bi se prvo trebalo posvetiti najkritičnijim područijima kojih prema podacima BIHAMK-a u BiH ima 52. Naravno ovih područija ima puno više, prema posljednjim podacima samo u Federaciji BiH postoje 122 kritične lokacije. Ali broj onih najkritičnijih je prema zadnjoj analizi BIHAMKA 52, s tim da je planirano da se 2017. godina ponovo uradi analiza.

U 2015. godini u Bosni i Hercegovini je ukupno registrovano 952.595 motorna vozila, što u odnosu na 2014. godinu (921.643m/v) predstavlja povećanje od 30.952 vozila, odnosno za 3,36% (*slika 4*). U Federaciji BiH ukupno registrovano 587.017 motornih vozila ili 61,62 % od ukupnog broja registrovanih motornih vozila na području BiH, u Republici Srpskoj 335.775 ili 35,24 % od ukupnog broja registrovanih motornih vozila na području BiH, dok je u Distriktu Brčko registrovano ukupno 29.803 motornih vozila ili 3,14 % od ukupnog broja registrovanih motornih vozila na području BiH [8].



Slika 4. Ukupan broj vozila u BiH (2003. - 2015.)

Gledano dugoročno, kada bi samo vozila koja se prvi puta registruju na teritoriji BiH bila obavezna da posjeduju ZigBee senzorski sistem, a takvih vozila je prema podacima BIHAMK-a, približno 80 000 na godišnjem nivou, nakon perioda od 10 godina broj saobraćajnih nezgoda potencijalno bi se smanjio za 20%, što iznosi približno 12 000 saobraćanih nezgoda manje na godišnjem nivou (*slika 5*).



Slika 5. Broj prvoregistrovanih motornih vozila u BiH (2012. - 2015)

Na osnovu analize navedenih podataka, preuzetih iz godišnjih izvještaja BIHAMK-a, uzimajući u obzir osnovne parametre koji utiču na broj ZigBee platformi i njihovu efikasnost, slijedećim izrazom se može predvidjeti potencijalni uticaj ZigBee platforme na smanjenje broja saobraćajnih nezgoda. U ovom slučaju se radi isključivo o predviđanu uticaja ZigBee platforme na godišnjem nivou u narednim periodu, na osnovu pretpostavke da ona može uticati na smanjenje ukupnog broja nezgoda u konačnici do 20%.

$$A_n = \frac{(Z_v + T_{fr}) * (S_p - A_p)}{C_t} \qquad (1)$$

gdje je:

A_n - procentualno smanjenje broja nezgoda

Z_V - broj vozila koja već koriste ZigBee platformu u prethodnoj godini

T_{fr} - ukupan broj prvoregistrovanih vozila u BiH za datu godinu

$$T_{fr} = N_{fr} + U_{fr} \qquad (2)$$

N_{fr} - broj novih vozila koja se prvi put registruju na teritoriji BiH

U_{fr} - broj korištenih vozila koja se prvi put registruju na teritoriji BiH

S_p - procenat efikasnosti ZigBee platforme

A_P - procentualni trend rasta broja saobraćajnih nezgoda

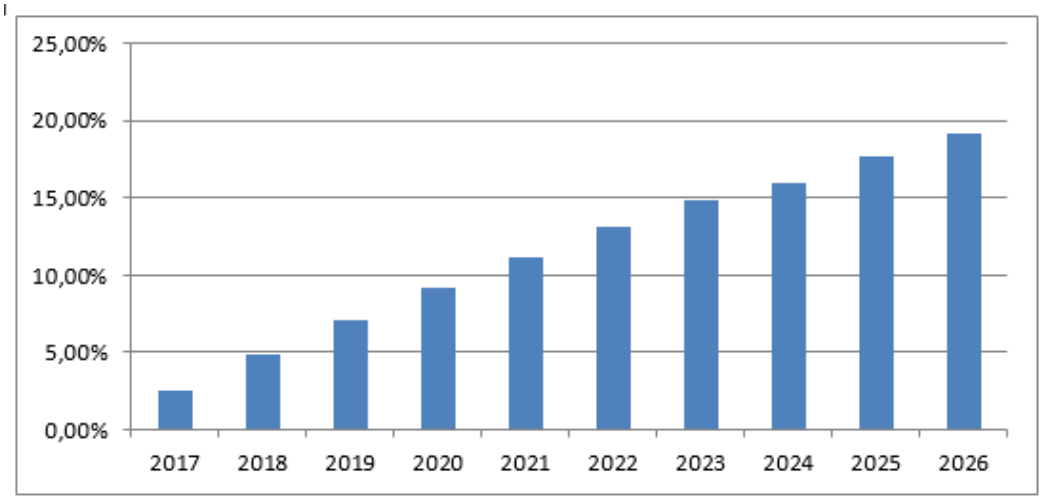
C_t - ukupan broj registrovanih vozila u datoj godini

$$C_t = C_l + T_{fr} - T_{nr} \qquad (3)$$

C_l - ukupan broj registrovanih vozila u prethodnoj godini

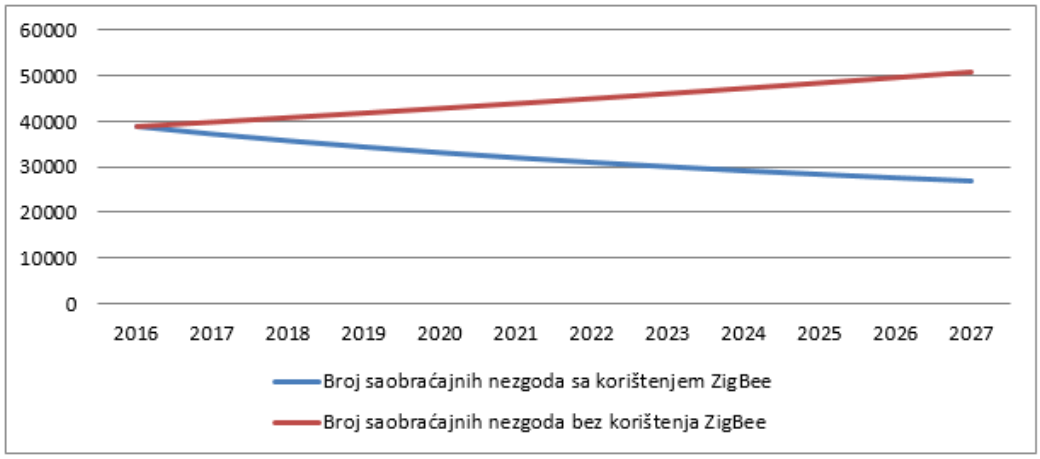
T_{nr} - broj vozila koja nisu ponovo registrovana

Nažalost očekivati je rast broja nezgoda na godišnjem nivou sa oko 2,5% u "najpozitivnijim" predviđanjima, a prema nekim predviđanjima i čak do 10% na godišnjem nivou. Podatke o broju nezgoda iz 2016. godine još uvijek nisu dostupna, ali nezvanično 2016. godina će premašiti sve dosadašnje godine što se broja nezgoda tiče. Primjenom ZigBee platforme taj broj bi se mogao drastično smanjiti (*slika 6*).



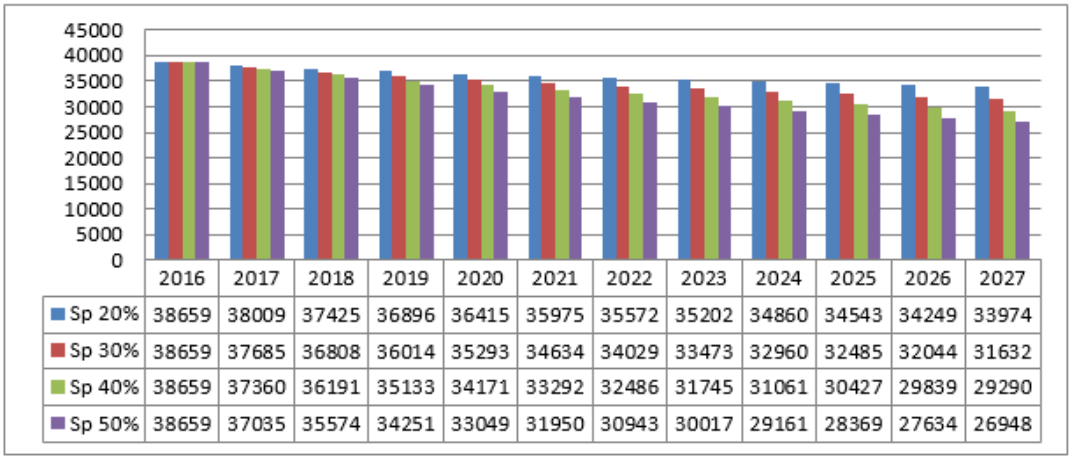
Slika 6. Potencijalno procentualno smanjenje broja nezgoda u BiH na godišnjem nivou, korištenjem ZigBee senzorskih sistema u automobilima koji su prvi put registrovani na teritoriji BiH

Bosna i Hercegovina može ce u narednom periodu kretati u dva pravca, zavisno od strategije koju odabere (*slika 7*). Prva je da ne učini ništa po pitanju saobraćajnih nezgoda te da se trend istih nastavi. Na dijagramu je prikazan "najpozitivniji" desetogodišnji ishod u kome će se broj nezgoda u konačnici približiti brojci od 50 000 godišnje. Uzimajući u obzir trenutni trend rasta, taj broj bi vrlo lako mogao premašiti i 60 000, a prema najcrnjim prognozama čak i 70 000. Druga strategija bi bila, praćenje trendova i politike EU, WHO i UN. Što znači da je neophodno provesti ciljane aktivnosti kako bi se taj broj nezgoda smanjio.



Slika 7. Predviđanje broja nezgoda u narednih 10 godina

Primjena samo ZigBee platforme bi u najlošijem scenariju broj nezgoda u jednom desetogodišnjem periodu smanjila za nekih 20%. Trend smanjenja broja saobraćajnih nezgoda korištenjem isključivo ZigBee platforme, s tim da je pri proračunu u obzir uzeto i povećanje broja vozila na godišnjem nivou do prosjeka u razvijenim zemljama koji iznosi jedno vozilo na tri stanovnika (*slika 8*).



	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Sp 20%	38659	38009	37425	36896	36415	35975	35572	35202	34860	34543	34249	33974
Sp 30%	38659	37685	36808	36014	35293	34634	34029	33473	32960	32485	32044	31632
Sp 40%	38659	37360	36191	35133	34171	33292	32486	31745	31061	30427	29839	29290
Sp 50%	38659	37035	35574	34251	33049	31950	30943	30017	29161	28369	27634	26948

Slika 8. Potencijalno smanjenje broja saobraćajnih nezgoda sa različitim procentima efikasnosti ZigBee platforme

Na osnovu toga jednostavnim proračunom, korištenjem ranije navedene formule, broj saobraćajnih nezgoda do 2027. godine bi se trebao smanjiti na brojku od oko 30 000 godišnje. U ovom slučaju efikasnost ZigBee platforme je 35%. U nekim idealnim uslovima, sa dodatnim nagažmanom vlasti i drugim aktivnostima taj broj bi vrlo lako mogao pasti i na broj ispod 20 000.

4. ZAKLJUČAK

„Većina nezgoda je rezultat ljudskih grešaka i mnoge od njih mogle bi biti izbjegnute. Napredni sigurnosni inteligentni sistemi dostupni u vozilima danas mogu dati podršku vozaču i ograničiti smrtnost i težinu povreda u nezgodama.“ (Michael Schumacher, Strazbourg, 11.maj 2011.).

Da bi se broj nezgoda smanjio potrebno je donijeti adekvatne strateške dokumente i akcione planove na nivou Bosne i Hercegovine i entiteta i provoditi ih u cjelosti sa jasno definisanim ciljevima. Iako je Bosna i Hercegovina kao članica UN-a trebala provesti Dekadu sigurnosti, još uvijek je nije ni počela provoditi.

U radu je predstavljen mogući način implementacije ZigBee platforme kao asistenta vozačima koja sa pozitivnim dugoročnim rezultatima može uticati na smanjenje nezgoda u saobraćaju. Barem za početak na najugroženijim lokacijama, a to su trenutno prema podacima BIHAMK-a i Agencije za bezbjednost saobraćaja RS, magistralni putevi M17 i M4, posebno dionice Doboj - Tuzla, Doboj - Zenica i Potkozarje - Kotor Varoš.

Iako je jasno da ZigBee platforma predstavlja dobro rješenje za kreiranje pametnog sistema za asistente vozačima, teško je predvidjeti da li će se to zaista i ostvariti. Kao ograničavajući faktori su nezainteresovanost ZigBee Alliance za implementaciju ZigBee platforme u saobraćaju, a glavni uzrok tome je izbjegavanje primjene ZigBee tehnologije u sistemima koji direktno utiču na život ljudi, jer ZigBee Alliance jednostavno ne želi da preuzme tu odgovornos. Postoje pojedine organizacije, prije svih Freescale Semiconductor, čije platforme zasnovane na ZigBee tehnologiji idu korak unaprijed u odnosu na ostale i koji su spremni u svakom trenutku odgovoriti na zahtjeve tržišta [9,10], ali da li će se i oni upustiti u razvoj ZigBee tehnologije u oblasti saobraćaja takođe je teško predvidjeti, iako postoje indicije da bi se to moglo desiti na osnovu izvještaja EETimes (engl. Electronic Engineering Times), online časopisa koji se bavi praćenjem razvoja elektronske industrije, prema kojem su Freescale Semiconductor čipovi 2016. godine preuzeli primat u automobilskoj industriji.

Upravo ZigBee platforma može pretstavljati dugoročno rješenje problema saobraćajnih nesreća u Bosni i Hercegovini. Na žalost svjedoci smo svakodnevnih stradanja na našim saobraćajnicama. Uprkos tome Bosna i Hercegovina nema jasnu strategiju koja bi vodila smanjenju broja nesreća. Dovoljan pokazatelj tome je da u Bosni i Hercegovini ne postoji jedinstvena baza o saobraćajnim nesrećama, tako da nemamo podatke o broju, uzrocima i lokacijama nesreća. Podaci koje imamo su prikupljani od strane BIHAMK-a od nadležnih MUP-ova, a čak se ni ti podaci ne slažu u potpunosti ali barem imamo približnu sliku o dešavanjima na našim saobraćajnicama.

Na osnovu iznešenih razmatranja i rezultata, preporuke mogućih pravaca budućih istraživanja je da se kreira jednostavan, jeftin i efikasan sistem koji će svojom pristupačnom cijenom, jednostavnošću instalacije, dugoročnošću omogućiti da se broj nesreća smanji. Jedno od potencijalnih rješenja je korištenje sistema zasnovanog na ZigBee platformi.

5. LITERATURA

Karl 2005, "Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks", Wiley

H. Shadeed, J. Wallaschek; Proceedings 2007, "Concept of an Intelligent Adaptive Vehicle Front-Lighting Assistance System" ,IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Istanbul

https://www.crcpress.com/Handbook-of-Sensor-Networking-Advanced-Technologies-and-Applications/Vacca/9781466569713 (pristupljeno 11.6.2016)

http://bihamk.ba/assets/files/bSM0nqAHOx-informacija-o-broju-sn-za-2010-2pdf.pdf (pristupljeno 17.7.2016)

http://bihamk.ba/assets/files/2KpJHQQyFh-informacija-o-sn-2013-web1pdf.pdf (pristupljeno 17.7.2016)

http://bihamk.ba/assets/files/1ZMzvNb8QA-informacija-o-sn-2014-newpdf.pdf (pristupljeno 17.7.2016)

http://bihamk.ba/assets/files/3Vze35HSbf-informacija-o-sn-2015pdf.pdf (pristupljeno 17.7.2016)

http://bihamk.ba/assets/files/UyGhHXc9gN-registrovana-vozila-15pdf.pdf (pristupljeno 17.7.2016)

Freescale Semiconductor 2012, "Advanced ZigBee™- Compliant SoC Platform for the 2.4 GHz IEEE® 802.15.4 Standard", Reference Manual

Freescale Semiconductor 2013, "Advanced ZigBee™- Compliant Platform-in-Package (PiP) for the 2.4 GHz IEEE® 802.15.4 Standard", Technical Data

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF THE TRAFFIC FLOW ON THE PERMEABILITY OF TWO-WAY ROADS ON FALL

UTICAJ STRUKTURE SAOBRAĆAJNOG TOKA NA PROPUSNU SPOSOBNOST DVOTRAČNIH PUTEVA NA PADU

Goran Bošnjak[a], Srđan Bogdanović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišiča 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, goranbosnjak97@gmail.com, srdjoo12@gmail.com*

Abstract: *In a real traffic flow with a heterogeneous structure, several classes of vehicles are present, with a significant impact on their movements in progress. The translation of a non-homogeneous flow into a conditionally homogeneous is carried out using the equivalents of commercial vehicles (PCE) which multiply individual classes of vehicles from the structure of the traffic flow. The subject of this paper is the determination of equivalents of freight vehicles at cross sections of two-way roads. Equivalents of freight vehicles were obtained by determining the time interval of follow-up based on the Greenshilds basic model. Analyzing the obtained results of the survey, it has been proved that the value of equivalents of freight vehicles on the fall of two-way roads does not significantly increase with the increase of the longitudinal fall.*

Key words: *Heterogeneous traffic flow, time headway, longitudinal fall*

Apstrakt: *U realnom saobraćajnom toku koji je heterogene strukture, zastupljeno je nekoliko klasa vozila, čiji je znatan uticaj na njihovo kretnje u toku. Prevođenje nehomogenog toka u uslovno homogen obavlja se pomoću ekvivalenata teretnih vozila (E) kojima se množe pojedine klase vozila iz strukture saobraćajnog toka. Predmet ovog rada je određivanje ekvivalenata teretnih vozila na presjecima dionica dvotračnih puteva na padu. Ekvivalenti teretnih vozila dobijeni su utvrđivanjem vremenskih intervala slijeđenja zasnovanog na Grinšildsovom osnovnom modelu. Analizom dobijenih rezultata istraživanja, dokazano je da vrijednost ekvivalenata teretnih vozila na padu dvotračnih puteva se značajno ne povećava sa povećanjem uzdužnog pada.*

Ključne riječi: *Heterogeni saobraćajni tok, vremenski interval slijeđenja, uzdužan pad*

1. UVOD

Saobraćajni tok predstavlja kretanje vozila posmatranim djelom puta čije je kretanje sa istog izvorišta i koji imaju isti cilj putovanja. Ako se posmatra kretanje vozila na presjeku puta možemo vidjeti da se vozila različito kreću kao i da jedno vozilo svojim načinom kretanja može da utiče na druga vozila u toku. Prema strukturi saobraćajni tok može biti homogen, nehomogen i uslovno homogen. Homogen saobraćajni tok bi bio onaj koji se sastavljen od jedne vrste motornih vozila, nehomogen koji je sastavljen od jedne ili više različitih vrsta motornih vozila i uslovno homogen koji praktično ne postoji već se koristi u svrhe rješavanja praktičnih zadataka. Prevođenje nehomogenog toka koji je u praksi i prisutan obavlja se pomoću ekvivalenata teretnih vozila (Kuzović,1987). Ekvivalentima se množe pojedine klase vozila iz strukture saobraćajnog toka. Uslovno homogen tok se izražava u putničkim automobilskim jedinicama (PAJ). Vrijednosti ekvivalenata za pojedine klase vozila su:

- za motocikle E<1
- za putničke automobile E=1
- za BUS E>1
- za teretna vozila i auto vozove E>1

Vrijednosti ekvivalenata teretnih vozila koji se koriste u istraživanjima za pojedine klase vozila prikazani su u tabeli 1. Uticaj komercijalnih vozila ima veliki značaj i na propusnu sposobnost puta. Najveći uticaj imaju teška teretna vozila koja se svojim tehničko-eksploatacionim karakteristikama u mnogome razlikuju od putničkih

automobila. Takođe ne treba zanemariti i činjenicu da teretna vozila utiču i na kapacitet raskrsnica, te se njhovo kretanje u užim djelovima većih gradova ograničava. Jedna od veoma bitnih karakteristika teretnih vozila su njihova sposobnost ubrzanja i usporenja, te su s toga i veće udaljenosti između istih.

U drugom djelu rada navedeni su neki od istraživača koji su se bavili istraživanjima u oblasti ekvivalenata teretnih vozila kao i uticaja teretnih vozila na saobraćajni tok. U trećem djelu rada opisane su metode koje su korištene da bi se došlo do rezultata, dok su na kraju predstavljeni rezultati istraživanja i zaključna razmatranja vezana za njih.

Tabela 1. Vrijednosti ekvivalenata u zavisnosti od kategorije vozila (Webster,1966)

Kategorija vozila	Vrijednost ekvivalenta (E)
Motocikl	0.33
Putnički automobil	1.00
Autobus	2.25
Srednje teško teretno vozilo	1.75
Teško teretno vozilo	2.25

2. LITERALNI PREGLED

Mnogi istraživači već od druge polovine dvadesetog vijeka bavili su se istraživanjem uticaja komercijalnih vozila na saobraćajni tok. Pojam ekvivalent vozila se prvi put pojavljuje u ranom izdanju HCM priručnika iz 1950. godine, gdje se navodi da teretno vozilo pri kretanju ima uticaj na kretanje ostalih vozila čak kao dva putnička automobila. U HCM priručniku novijeg izdanja iz 2010. godine, ekvivalenti se definišu kao broj putničkih automobila koji imaju isti uticaj kao jedno teretno vozilo određenog tipa, pri određenim putnim, saobraćajnim i uslovima regulisanja (HCM, 2000).

Kriterijumi za određivanje ekvivalenata teretnih vozila uključuju interval sleđenja (Werner and Morrall, 1976; Seigun i ostali., 1982), brzinu (Hu and Johnson, 1981), zadržavanje (Cunagin and Messer, 1983), odnos obima saobraćaja i kapaciteta (Linzer i ostali., 1979), gustina (Webster and Elefteriadous, 1999), formiranje reda (Van Aerde and Yagar, 1984), vrijeme putovanja (Keller and Saklas, 1984), pražnjenje toka čekanja (Al-Kaisy et al., 2002) (Orazio i dr. 2016).

Huber (1982) koristi simulacije da odredi jednačine za određivanje ekvivalenata.

$$E = \frac{1}{P_T}\left(\frac{q_B}{q_M} - 1\right) + 1, \text{ gdje je:} \qquad (1)$$

P_T-procentualno učešće teretnih vozila u mješovitom toku,

q_B-bazični protok

q_M-mješoviti protok

Rahman i Nakamura, (2005) na osnovu HCM iz 1985. utvrđuju da gustina mora biti glavni parametar za određivanje nivoa usluge, iako je definisan i gustinom i brzinom. To objašnjava, da je gustina mjera koja kvantifikuje blizinu vozila u toku (Kanakabandi i dr. 2014).

Greenshields i ostali, (1947) utvrđuju vrijednosti ekvivalenata koristeći sledeću jednačinu.

$$E = \frac{th(KV)}{th(PA)}, \text{ gdje je:} \qquad (2)$$

E-ekvivalent teretnih vozila,

Th(KV)-vremenski interval slijeđenja komercijalnih vozila,

Th(PA)-vremenski interval slijeđenja putničkih automobila.

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Za određivanje ekvivalenata teretnih vozila primjenivana je metoda Grinšilds, koja zahtjeva određivanje vremenskih intervala slijeđenja vozila u toku, odnosno komercijalnih i putničkih automobila. Formula po kojoj su određivani ekvivalenti glasi:

$$E = \frac{th(KV)}{th(PA)}, \text{ gdje je:} \qquad (1)$$

E-ekvivalent teretnih vozila,

th(KV)-vremenski interval slijeđenja komercijalnih vozila,

th(PA)-vremenski interval slijeđenja putničkih automobila.

Interval slijeđenja vozila (th) u saobraćajnom toku predstavlja vrijeme između prolaska čela dva uzastopna vozila kroz presjek na posmatranom odsjeku puta [4].

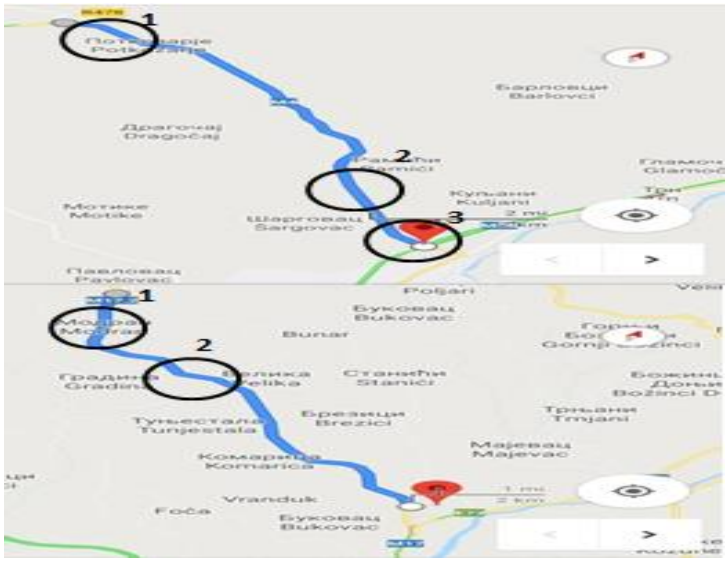
Kao što je navedeno uticaj teretnih vozila u mnogome remeti saobraćajni tok, ali njihov uticaj na padu je još i izraženiji. Vrijednosti ekvivalenata sa povećanjem uzdužnog pada se povećavaju, što potkrepljuje tvrdnju većeg uticaja teretnih vozila sa povećanjem pada.

Cilj istraživanja je bio utvrditi vrijednosti ekvivalenata teretnih vozila na uzdužnom padu, te su za lokacije mjerenja odabrane dionice dvotračnih puteva u Bosni i Hercegovini sa karakterističnim padovima. Na slici 1. prikazane su dionice na kojima su izvršena mjerenja. Kriterijumi koje je bilo bitno ispuniti prije mjerenja su: da se radi isključivo o dvotračnim putevima sa kolovozom širine najmanje 3.00m, da u blizini mjesta mjerenja ne postoje radovi na putu kao i drugi ograničavajući faktori koji bi uticali na ishod mjerenja i da se prije i poslije mjesta mjerenja ne nalaze raskrsnice koje bi takođe uticale na konačne rezultate. Karakteristični padovi na kojima su prikupljani podaci, kao i dionice na kojima su isti prisutni, prikazani su u tabeli 1.

Softver korišten pri prikupljanu podataka je „PROTOK“. Softverom je mjeren vremenski interval slijeđenja vozila u toku. Vozila su razvrstana po kategoriji PA (putnički automobil), LT (lako teretno vozilo), TT (teško teretno vozilo), AV (autovoz), BUS (autobus). Podatke je softver evidentirao u „Notepad“, koji su kasnije obrađivani u „Microsoft Office Excel“ programu.

Kada govorimo o broju izmjerenih uzoraka on se kreće oko 1000 po mjerenom presjeku. Na prvoj dionici kao što se može vidjeti na slici 1. je mjereno na tri presjeka, dok je na drugoj dionici na dva presjeka. Struktura saobraćajnog toka po dionicama, odnosno po presjecima prikazana je u tabeli 2.

Statistička metoda korištena pri dobijanju rezultata je srednja vrijednost. Pri obradi podataka vrijednosti koje su imale velika odstupanja su izbačene, zbog toga što uzorci sa velikim odstupanjem ne bi prikazali stvarno stanje u toku.



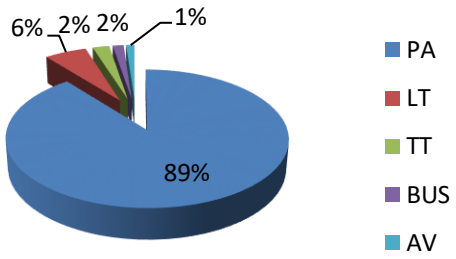
Slika 1.Lokacije mjerenja

Za svaki presjek pojedinačno je utvrđena vrijednost ekvivalenta teretnih vozila. Kao što se može vidjeti sa slike 1. mjerenja su vršena na dvije dionice i to Ivanjska-Šargovac (M4/R478-M4/M16/M16L), i Vrhovi-Šešlije (M17.2/R482-M17/M17.2). Prosječan godišnji dnevni saobraćaj (PGDS) na prvoj dionici prema podacima iz

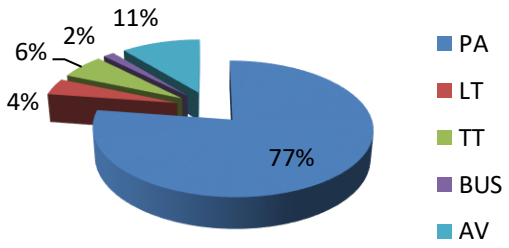
2011. godine iznosi 9498 voz/dan. Za drugu dionicu posmatranja prema istom izvoru podataka prosječan godišnji dnevni saobraćaj (PGDS) iznosi 4547 voz/dan.

Tabela 2. Mjerne lokacije

Mjerne lokacije	Kategorija puta	Uzdužni pad [%]
Ivanjska-Šargovac	M4	2
Ivanjska-Šargovac	M4	5.52
Ivanjska-Šargovac	M4	2.98
Vrhovi-Šešlije	M17.2	1.5
Vrhovi-Šešlije	M17.2	5.1



Slika 3. Procentualno učešće pojedinih klasa vozila u strukturi toka na dionici Ivanjska-Šargovac



Slika 4. Procentualno učešće pojedinih klasa vozila u strukturi toka na dionici Vrhovi-Šešliie

4. REZULTATI

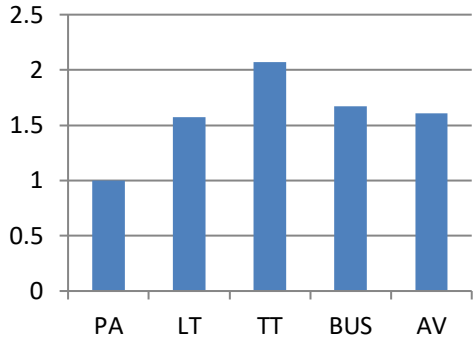
Kao što se može vidjeti sa slike 3. i 4. što je u radu prethodno navedeno u praksi idealan tok ne postoji. Tako i na posmatranim dionicama udio ostalih, odnosno komercijalnih vozila se ne može zanemariti. Stepen nehomogenosti može se izraziti udjelom ostalih vozila u saobraćajnom toku u postocima. Posmatrajući ostale klase vozila koja su zastupljena u toku, na uzdužnom padu, dobijeni su značajni pokazatelji.

Sa porastom stepena nehomogenosti pogoršavaju se uslovi u saobraćajnom toku zbog udjela komercijalnih vozila što se može uočiti i na sledećim rezultatima dobijenim na mjerenjima. Na uzdužnom padu od 1.5% vrijednost ekivivalenta je najveća za teška teretna vozila. Na ostalim mjernim lokacijama je takođe nastavljen rast vrijednosti kada govorimo o teškim teretnim vozilima. Vezano za autovozove koji svojim gabaritima i tehničko-eksploatacionim karakteristikama imaju značajan uticaj u saobraćajnom toku, može se vidjeti da vrijednost ekvivalenta je najveća na najvećem uzdužnom padu od 5,52%, što je bilo i za očekivati.

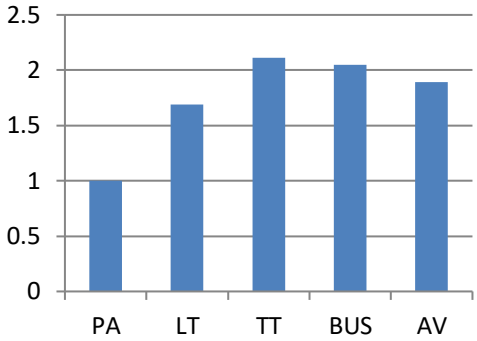
U tabeli 4. Prikazani su slučajevi kada autovoz slijedi autovoz i teško teretno vozilo kada slijedi teško teretno vozilo. Na uzdužnom padu od 1.5% bila su 2 slučaja kada je TT slijedilo TT, dok je za autovozove bilo 8 slučajeva. Kod pada 5.1% bilo je 12 slučajeva da teško teretno slijedi teško teretno, dok je za autovozove bilo 17. Prema podacima za pad 2%, bili su po jedan slučaj kada AV slijedi AV i TT slijedi TT, dok je i na uzdužnom padu od 5.52% takođe bio po jedan slučaj. Na uzdužnom padu od 2.98% bio je jedan slučaj kada TT slijedi TT i dva slučaja kada AV slijedi AV. Maksimalne vrijednosti intervala sleđenja, zavisno od kategorije vozila, koje su se javljale na svim presjecima date su u tabeli 5.

Tabela 3. Raspored vozila po kategorijama i mjernim lokacijama

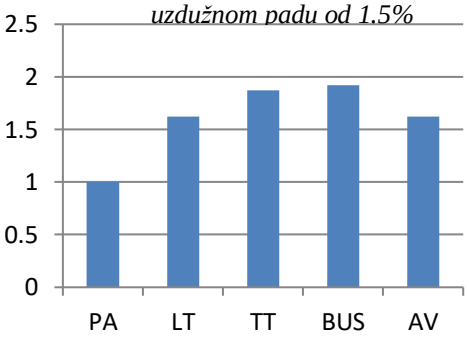
Mjerne lokacije	Uzdužni pad [%]	PA	LT	TT	BUS	AV	∑KV
Ivanjska-Šargovac	2,98	867	70	28	11	8	117
Ivanjska-Šargovac	5,52	886	31	16	12	7	66
Ivanjska-Šargovac	2	788	60	16	15	14	105
Vrhovi-Šešlije	1,5	776	20	44	16	106	186
Vrhovi-Šešlije	5,1	682	58	71	13	100	242
∑		3999	239	175	67	235	716



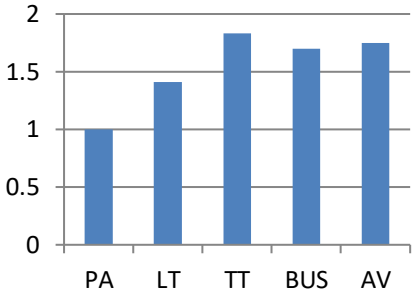
Slika 5. Ekvivalenti teretnih vozila na uzdužnom padu od 1.5%



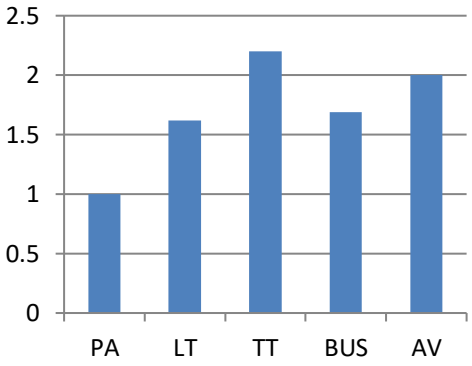
Slika 6. Ekvivalenti teretnih vozila na uzdužnom padu od 2%



Slika 7. Ekvivalenti teretnih vozila na uzdužnom padu od 2.98%



Slika 8. Ekvivalenti teretnih vozila na uzdužnom padu od 5.1%



Slika 9. Ekvivalenti teretnih vozila na uzdužnom padu od 5.52%

Tabela 4. Slučajevi kada AV slijedi AV i TT slijedi TT

Mjerne lokacije	TT-TT (max th)	AV-AV (max th)	Uzdužni pad [%]
Ivanjska-Šargovac	2,79	3,82	2
Ivanjska-Šargovac	2,32	2,21	5.52
Ivanjska-Šargovac	18,33	3,46	2.98
Vrhovi-Šešlije	22,40	101,95	1.5
Vrhovi-Šešlije	151,77	110,73	5.1

Tabela 5. Granične vrijednosti intervala sleđenja

Kategorija vozila	max th (s)
AV	144,80
LT	155,07
TT	183,49
PA	109,50
BUS	89,32

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom radu prikazani su dobijeni rezultati sa dvije dionice, na kojima je saobraćaj heterogene strukture. Vremenski interval slijeđenja kao jedan od parametara kojim se opisuje saobraćajni tok je u zavisnosti od klase vozila. Osnovni zadatak ovog istraživanja je bio utvrditi ekvivalente teretnih vozila na uzdužnom padu na prethodno navedenim dionicama koje su dio putne mreže Bosne i Hercegovine. Dobijene vrijednosti u ovom radu djelimično se slažu sa navedenom konstatacijom da se sa povećanjem uzdužnog nagiba puta povećava i vrijednost ekvivalenta teretnih vozila. Značajan uticaj na vrijednosti ekvivalenata imaju I vremenski uslovi. Kada uporedimo dobijene rezultate sa vrijednostima iz HCM priručnika iz 2000. godine, dobijene vrijednosti su

uglavnom manje u zavisnosti od posmatranog uzdužnog naguba. Iako povećanja vrijednosti ekvivalenata teretnih vozila s povećanjem uzdužnog nagiba puta nisu drastična, uticaj teretnih vozila je itekako primjetan. U budućnosti bilo bi korisno sprovesti istraživanje drugim naučnim metodama za dobijanje ekvivalenata teretnih vozila te ih uporediti.

6. LITERATURA

Brojanje vozila na mreži puteva u Republici Srpskoj (2013), Javno preduzeće "PUTEVI REPUBLIKE SRPSKE", Banja Luka

Cunagin, W. D., & Messer, C. J. (1983), PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR RURAL HIGHWAYS (DISCUSSION) (No. HS-036 187).

Highway Capacity Manual, Transportation Research Board. Washington D.C.: National Research Council; 2000.

Huber, M., 1982. Estimation of Passenger Car Equivalents of Trucks in Traffic Stream. Transportation Research Record 869, 60-70.

Kanakabandi, S., Brind, K. (2014), Estimation of the Passenger Car Equivalent: A Review. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering

Kuzović, Lj., (1987). Teorija saobraćajnog toka, Fakultet tehničkih nauka Beograd,

Orazio, G., Anna G., Sergio M,. Fabio G. (2016), Passenger car equivalent for heavy vehicles crossing turbo-roundabouts: A Review. 6th Transport Research Arena April 18-21,

Rahman, M. and Nakamura, F. (2005) Measuring Passenger Car Equivalents for Non-Motorized Vehicle (Rickshaws) at Mid-Block Sections. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 6, 119-126.

Van Aerde, M. and S. Yagar, "Capacity, Speed, and Platooning Vehicle Equivalents for Two-Lane Rural Highways." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 971, pp. 58–67. Washington, DC: Transportation Research Board, 1984.,

Webster, N., Elefteriadou L.,1999. A Simulation Study of Truck Passenger Car Equivalents (PCE) on Basic Freeway Sections. Transportation Research Part B 33(5), 323–336.

Greenshields, B.D., Shapiro, D., and Ericksen, E.L. (1947).Traffic Performance at Urban Intersections, Technical Report No. 1. Bureau of Highway Traffic, Yale University.

Keller, E. L., & Saklas, J. G. (1984). Passenger car equivalents from network simulation. Journal of Transportation Engineering, 110(4), 397-411.

Linzer, E.M., Roess, R.P. and McShane, W.R. (1979) Effect of trucks, buses and recreational vehicles on freeway capacity and service volume. Transportation Research Record, No 699, pp. 17-26

Hu, Y., and Johnson, R. Passenger Car Equivalents of Trucks in Composite Traffic. Report DTFH-61-80-C-00127, FHWA, U.S. Department of Transportation, 1981.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

ANALYSIS OF THE CONTROL OF LIGHTING DEVICES ON CARS AT TARGETED GROUPS OF VEHICLES ON TECHNICAL INSPECTION

ANALIZA KONTROLE SVJETLOSNIH UREĐAJA NA AUTOMOBILIMAKOD CILJANIH GRUPA VOZILA NA TEHNIČKOM PREGLEDU

Vladan Blagojević[a], Marko Kovačević[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišiča 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, vladanstp@yahoo.com, marko.kovacevic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *The need for mobility, as well as the need for greater safety in low visibility conditions at night, has led to permanent improvement of light systems to high quality level, comfortable driving and comfort. Nowadays, car manufacturers are paying attention to safety, therefore they improve lighting and signal light devices, and so they come to the most perfect solutions. The functioning of lighting and signal lights on the vehicle is an important factor of safety and therefore the control of these devices is a complex procedure, which has recently been conditioned by advanced systems on vehicles. The aim of this paper is to present faulty lighting devices on vehicles through age structure and their contribution to the malfunctioning for all devices on vehicles controlled at the vehicle inspection station. Applying the data analysis method, the literary research method, and the visual adjustment rating and light intensity of vehicles on a vehicle inspection station using a regloscope device, we introduced some of the research results presented in this paper.*

Key words: *safety, malfunction, LED lighting, laser lights*

Apstrakt: *Potreba za mobilnošću, kao i potreba za većom bezbjednošću u noćnim uslovima smanjene vidljivosti, dovela je do stalnog usavršavanja svjetlosnih sistema do nivoa visokog kvaliteta, prijatne vožnje i konfora. Danas, proizvođači automobila svoju pažnju poklanjaju bezbjednosti, tako da usavršavaju uređaje za osvjetljavanje i svjetlosnu signalizaciju, pa samim tim dolaze do najsavršenijih rješenja. Ispravnost osvjetljenja i signalizacije na vozilu je bitan faktor bezbjednosti pa je samim tim i kontrola tih uređaja je složena procedura koja je u skorije vrijeme uslovljena novijim sistemima na vozilima. Cilj ovog rada je prikaz neispravnih svjetlosnih uređaja na vozilima kroz starosnu strukturu i njihov udio u neispravnosti svih uređaja na vozilima koji se kontrolišu na stanici za tehnički pregled vozila. Primjenom metode analize podataka, metode literaturnog istraživanja, te vizuelne ocjene podešenosti i inteziteta svjetlosti na uređajima na vozilima na stanici za tehnički pregled vozila, koristeći uređaj regloskop, predstavljeni su rezultati istraživanja koji su prikazani u ovom radu.*

Ključne riječi: *bezbjednost, neispravnost, LED rasvjeta, laserska svjetla*

1. UVOD

Tehnički sistemi se razvijaju iz dana u dan, pa tako i razvoj motornih vozila zajedno sa uređajima i opremom, koji su u današnje vrijeme sve moderniji i savremeniji. Današnji stepen razvoja motornih vozila se karakteriše sa prozivodnjom širokog spektra različitih vrsta, tipova i kategorija vozila. Savremena vozila karakterišu velika složenost mehanizama od kojih se sastoje, posebno automatizacija i elektronska kontrola sistema na vozilu sa ciljem zadržavanja konkurentnosti na tržištu automobila.

Uređaji koji se stalno usavršavaju na vozilu, a od bitnog su značaja za bezbjednost saobraćaja i smanjenje uticaja na okruženje, su uređaji za osvjetljavanje puta i svjetlosna signalizacija. Kontrola takvih uređaja iziskuje složenu proceduru zbog sve većeg razvoja takvih sistema koji se danas svrstavaju u Inteligentne Transportne Sisteme (ITS), koji su predmet svakodnevnog razvoja i analize zadnjih 10 godina u auto industriji. Ona predstavlja bitan faktor u današnjim uslovima eksploatacije vozila, jer složenost sistema zahtijeva detaljniju kontrolu i dijagnostiku takvih uređaja zbog kombinacije komponenti kao što su različiti senzori, kamere i

elementi signalizacije. Stanica za tenhički pregled vozila ima zadatak da vrši kontrolu uređaja za osvjetljavanje puta, označavanje vozila i davanje svjetlosnih znakova, a ona se vrši vizuelno i pomoću uređaja za kontrolu usmjerenosti u podešenosti farova – regloskopa sa svjetlosmjerom.

Zadatak tehničke dijagnostike ovih uređaja predstavlja proces objedinjavanja teorije, metoda i sredstava radi utvrđivanja trenutnog stanja sistema i određivanje stvarnog stanja uređaja za osvjetljavanje puta i svjetlosne signalizacije.

Kontrola vozila na stanici za tenhičiki pregled je aktivnost koja je zakonski propisana, a svrha je obezbjeđenje odvijanja drumskog saobraćaja uz što manje posljedica, u ovom slučaju smanjenje uticajnog faktora "VOZILO" kao uzročnika saobraćajnih nezgoda. Pored faktora bezbjednosti kvalitetno osvjetljenje utiče na konfor vožnje i smanjuje umor kod vozača. U tom smislu obrada podataka o rezultatima tehničkog pregleda u ovom radu predstavlja osnovu za kvalitetniji pristup cjelokupnoj problematici koja se veže za kontrolu tehničke ispravnosti vozila u toku njihove eksploatacije.

Pod pojmom svjetlosni uređaji u širem smislu se podrazumijevaju: uređaji za osvjetljavanje puta, označavanje vozila i davanje svjetlosnih znakova.

- Uređaji za osvjetljavanje mogu biti: dugo i oboreno svjetlo, svjetlo za vožnju unazad, reflektor za radove;
- Uređaj za označavanje vozila može biti: poziciona svjetla, svjetla za maglu, parkirna svjetla, gabaritna svjetla, svjetla registarskih oznaka;
- Uređaj za davanje znakova: pokazivači smjera, svjetla kočnice, rotaciona svjetla.

Tehnički normativi koji se postavljaju pred ove uređaje su propisani nacionalnim i međunarodnim propisima. Pravilnik o dimenzijama, ukupnoj masi i osovinskom opterećenju vozila, o uređajima i opremi koju moraju da imaju vozila i osnovnim uslovima koje moraju da ispunjavaju uređaji i oprema u saobraćaju na putevima ("Službeni glasnik Republike Srpske", broj: 33/07, 67/07, 111/12 i 26/19.) jasno definiše na koji način uređaji i oprema ispunjavaju tehničke uslove, dok Pravilik o tehničkim pregledima ("Službeni glasnik Republike Srpske", broj: 33/19.) definiše metode i način kontrole uređaja na stanici za tehnički pregled vozila, te se u skladu sa tim propisima vrši kontrola na stanici za tehnički pregled vozila, gdje možemo sresti širok spektar rasvjetlih tijela sa različitim karakteristikama i različitim sijalicama koje mogu biti: sijalice sa žarnom niti, halogene sijalice, sijalice sa gasnim izvorom svjetlosti, diode za emitovanje svjetlosti-LED i laserska svjetla (Milašinović i Čiča, 2019).

2. METODE

Prikupljanje podataka je vršeno dvije godine i sastoji se od analiziranja defektnih vozila kod kojih je utvrđena neispravnost svjelosne signalizacije i svjetlosno-signalnih uređaja u 2017 i 2018. godina na stanici za tehnički pregled „Grga auto" d.o.o. Analizirane su neipsravnosti uređaja prema mjesecima. Vozila se svrstavaju u tri starosne grupe:

- do 5 godina starosti,
- od 5 do 15 godina starosti,
- preko 15 godina starosti.

Dobijeni rezultati se nakon tabelarnog prikaza predstavljaju grafički, na osnovu čega se dolazi do konačnog zaključka.

Na osnovu istraživanja očekuju se sljedeći rezultati:

- Utvrđivanje neispravnosti svjetlosne signalizacije za vozila starija od 15 godina,
- Ukazivanje na neispravnosti uređaja za signalizaciju sa porastom godina starosti vozila,
- Vozila mlađa od 5 godina starosti nemaju neispravnih svjetlosnih i svjetlosno-signalnih uređaja na tehničkom pregledu ili je neispravnost minimalna.

2.1 Analiza neispravnih vozila

Tabela 1.Struktura neispravnosti signalizacije po mjesecima u 2017.i 2018.godini

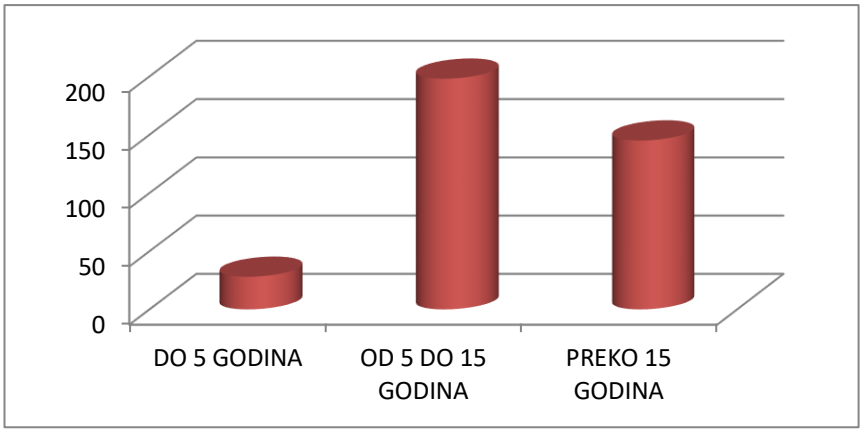
MJESEC	GODINA	DO 5 GODINA	OD 5 DO 15 GODINA	PREKO 15 GODINA	UKUPNO NEISPRAVNIH	UKUPNO VOZILA
JANUAR	2017	2	4	4	10	99
	2018	3	6	3	12	112
FEBRUAR	2017	1	5	2	8	130
	2018	0	9	4	13	134
MART	2017	0	10	8	18	158
	2018	1	9	9	19	171
APRIL	2017	1	11	4	16	179
	2018	1	12	8	21	199
MAJ	2017	0	10	10	20	167
	2018	1	8	7	16	172
JUN	2017	0	10	5	15	182
	2018	1	8	4	13	180
JUL	2017	1	7	4	12	196
	2018	0	8	6	14	205
AVGUST	2017	1	6	4	11	155
	2018	1	5	6	12	185
SEPTEMBAR	2017	0	9	2	11	139
	2018	1	8	5	14	148
OKTOBAR	2017	2	7	7	16	181
	2018	1	14	5	20	187
NOVEMBAR	2017	1	9	10	20	175
	2018	2	11	11	24	179
DECEMBAR	2017	3	9	7	19	167
	2018	4	12	10	26	177
UKUPNO VOZILA		28	207	145	380	3975

Analizirani su podaci koji su prikupljeni na stanici za tehnički pregled vozila za 2017. i 2018. godinu prema mjesecima i prema tehničkoj neispravnosti svjetlosnih i svjetlosno-signalnih uređaja, za period starosti vozila do 5 godina, od 5 do 15 godina i preko 15 godina. Uvidom u kontrolne listove defektnih vozila, jasno se uočava koje su to tačno neispravnosti vozila, te je broj vozila koji je kontrolisan 380. Taj podatak nije zanemariv, s obzirom da udio neispravnih svjetlosnih uređaja u ukupnom broju vozila u prosjeku izosi 9,56 %.

Tabela 2.Struktura neispravnosti prema vrsti u 2017.i 2018.godini

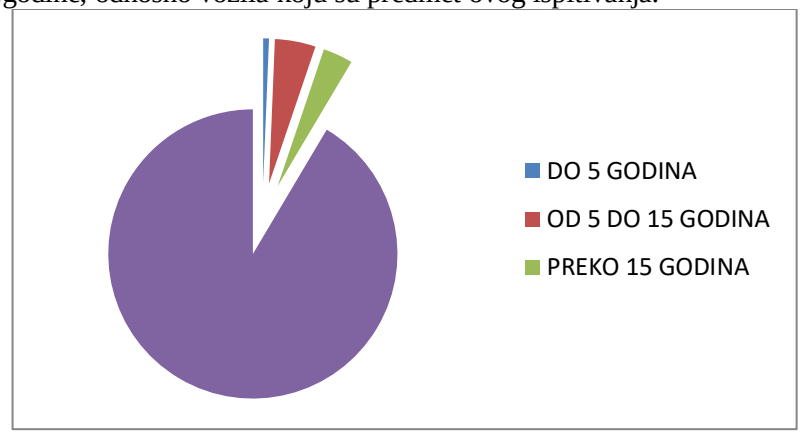
VRSTA NEISPRAVNOSTI	2017. i 2018. GODINA (3975 VOZILA)	%
KOČIONI SISTEM	305	7,67
SISTEM ZA UPRAVLJANJE	64	1,61
SVJETLOSNI UREĐAJI	380	9,56
ELEKTRONSKI UREĐAJI	55	1,38
OPREMA VOZILA	146	3,67
OSTALI UREĐAJI	55	1,38
UKUPNO	1005	25,27

Prema analiziranim rezultatima dolazi se do zaključka da je udio neispravnih vozila do 5 godina starosti minimalan, odnosno 28 vozila ili 7,36 %, od ukupnog broja vozila kod kojih je utvrđena neka od neispravnosti svjetlosnih uređaja. Procenat je još manji ako se posmatra ukupan udio svih vozila koja su kontrolisana na stanici za tehnički pregled vozila, a to iznosi 0,70% od ukupnog broja vozila.



Dijagram 1. Udio neispravnosti u odnosu na godine starosti.

Ovaj podatak govori da vozila koja su stara do 5 godina imaju veoma nizak stepen neispravnosti (manje od 1%), a razlog zbog koga se dešava su savremeni svjetlnosi uređaji na vozilima koja se ugrađuju na vozila proizvedena od 2013.godine, odnosno vozila koju su predmet ovog ispitivanja.



Dijagram 2. Udio neispravnih vozila u odnosu na ukupan broj ispitanih vozila

3. DISKUSIJA

Najveći udio neispravnih vozila sa neispravnim uređajima svjetlosne signalizacije imaju vozila od 5 do 15 godina starosti, što je usko povezano sa učešćem takvih vozila u našim uslovima eksploatacije, to jest, udio takvih vozila u saobraćajnom toku je više od 54% ,dok je udio vozila mlađih od 5 godina približan 1%. Signalizacija kod pojave ove grupe vozila može biti heterogena počevši od halogenih sijalica, HID svjetla te LED tehnologija svjetala koja se pojavljuje kod vozila od 5 do 15 godina starosti, što je pojava od 2008. godine.

Većina uređaja koji se koriste na tim vozilima su LED-diode za emitovanje svjetlosti (engl. Light Emmiting Diode), kod kojih je princip rada zasnovan na poluprovodnicima koji emituju usmjerenu svjetlost zbog efekta poznatog pod nazivom elektroluministencija. Sastoji se od LED čipa, aluminijuma, galijuma, arsena, fosfora, azota i indijuma, katode i anode, reflektora, sočiva i protektora.

Prednosti ovog sistema su kvalitet osvjetljenja zbog intezivnije svjetlosti u odnosu na halogene sijalice, značajno smanjenje potrošnje energije, veoma brzo dostizanje punog sjaja, te izuzetno dugačak vijek eksploatacije i otpornost na mehanička oštećenja što je vrlo bitno kod tehničke kontrole uređaja na stanici za tehnički pregled.

Zbog svih prednosti koje ova svjetla imaju minimalno je učešće u neispravnosti svjetlosne signalizacije kod grupe vozila do 5 godina starosti što predstavlja odličan pokazatelj u smislu tehničke kontrole vozila, bezbjednosti saobraćaja, te same kvalitetne i konforne vožnje takvih vozila.

Slika 1. Light Emmiting Diode (LED tehnologija) - Izvor: [https://ams.ut.ee]

Neka vozila, koja su bila predmet ispitivanja vozila do 5 godina starosti su posjedovala laserska svjetla (engl. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), što bi se moglo prevesti kao svjetlo nastalo stimulisanom emisijom zračenja. Princip rada zasniva se na laserskim diodama koje generišu tri posebna zraka plave laserske svjetlosti koji se usmjeravaju kroz prizmu formirajući pri tome jedinstven zrak svjetlosti. Ovakav zrak se fokusira na veoma malo sočivo koje sadrži žuti fosforni gas. Pri kontaktu sa laserskim zracima ova supstanca se pobuđuje i kao posljedicu emituje veoma intezivno bijelo svjetlo koje se zatim odbija od reflektujuće površine i osvjetljava saobraćajnicu.

Slika 2. Poređenje LED tehnologije i laserskih svjetala

Izvor: [https://www.autoportal.hr]

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

S obzirom da neispravnost svjetlosne signalizacija na vozilima čini 9,56% od ukupne strukture neispravnosti, ova vrsta oštećenosti čini neizostavan dio kod analiza i istraživanja ove grupe uređaja na vozilima. Ovom analizom došlo se do određenih pokazatelja, pa samim tim i određenih zaključaka.

Vozila starosti od 15 godina u današnjim uslovima eksploatacije su itekako prisutna i kontrola njihovih uređaja predstavlja redovan proces na stanici za tehnički pregled vozila, gdje se kontroliše ispravnost starijih sistema koja nemaju visok stepen pouzdanosti na našem tržištu. Najčešća primjena kod ove grupe vozila je halogena sijalica, koja spada u sijalice sa žarnom niti, kod kojih je generisanje svjetla zasnovano na principu termičkog zračenja. U poređenju sa običnim sijalicama sa žarnom niti halogene sijalice imaju dosta prednosti, a to je veća temperatura žarne niti, veća svjetlosna efikasnost, te duži vijek eksploatacije, što je vrlo bitno kod ove grupe vozila. Od ukupno 380 vozila kod kojih je uočena tehnička neispravnost svjetlosnih uređaja, dobijeni rezultati nam pokazuju da su njih 145 preko 15 godina starosti. Samim tim imamo jasnu sliku da ova vozila imaju dobar udio u neispravnosti svjetlosnih i svjetlosno-signalih uređaja (preko 38%).S obzirom na udio ovih

vozila u saobraćaju, dobijeni rezultati pokazuju da su nespravnosti svjetlosnih uređaja na najvećem nivou u odnosu na ostale grupe vozila, što znači da su kod starijih vozila sistemi pri tehničkoj kontroli manje pouzdani.

Najveći udio vozila je u grupi od 5 do 15 godina starosti, te ona predstavlja sliku stanja starosne strukture vozila i heterogene strukture svjetlosnih uređaja na ovim vozilima. Osim velikog udjela u saobraćaju, imaju i različite vrste neispravnosti na koje bi trebali obratiti posebnu pažnju. Od 380 vozila kod njih 207 je uočena neispravnost svjetlosnih uređaja, što predstavlja više od 54% vozila.

Posebnu pažnja se skreće na vozila starosti do 5 godina. Njihov udio u rezultatima jeste minimalan, međutim, neispravnost uređaja za osvjetljenje je minimalna takođe. Stepen bezbjednosti uređaja za osvjetljenje je na zavidnom nivou, nema nedostataka niti zamjerki pri tehničkoj kontroli. Postavlja se pitanje kako će se ti sistemi pokazati nakon deset i više godina eksploatacije, kakva će pouzdanost biti. Troškovi održavanja ovih sistema su veći nego kod starijih svjetlnosih sistema na vozilima. Zamjena lasera, senzora, kamera ili kompletnog fara je skuplja opcija nego kod halogenih sijalica, koja će se vjerovatno još neko vrijeme zadržati na našem tržištu. Neminovno je da će ih novije tehnlogije potiskivati, ali uzećemo u obzir veći konfor, prijatnu vožnju, te veću bezbjednost saobraćaja. Posebno je potrebno analizirati troškove održavanja sistema za osvjetljenje i njihov vijek trajanja, kako bi dobili potpuniju sliku.

5. LITERATURA

Milašinović, A.,Knežević, D(2010).:Tehnologija tehničkog pregleda vozila, Univerzitet u Istočnm Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, Doboj;

Milašinović, A., Čiča, Đ.(2019);Uređaji za osvjetljavanje kod motornih vozila, Tehnički pregledi vozila Republike Srpske, zbornik radova, Teslić;

Internet adresa: https://ams.ut.ee/light-emitting-diodes-leds-the-dominating-lighting-technology-for-the-future/ (10.04.2019.);

Internet adresa:https://www.autoportal.hr/clanak/svjetlosni_sustavi_jucer_danas_sutra_4_(10.04.2019.).

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ANALYSIS OF STATIONARY TRAFFIC AT PARKING 'PALAS' IN BANJA LUKA

ANALIZA STACIONARNOG SAOBRAĆAJA NA PARKINGU „PALAS“ U BANJA LUCI

Branko Aleksić[a], Stojan Stevanović[b], Dejana Pajić[c], Mladen Pajić[d], Zdravko Tutnjević[e], Marko Kovačević[f]

[a] *'HKP CONSULTING', Kralja Petra II Karađorđevića 9a, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, b.d.aleksic@gmail.com*

[b] *Department of Housing and Utilities, Svetog Save 124, Zvornik 75400, Bosnia and Herzegovina, stojanmr.1988@gmail.com*

[c] *'AMD TB Brod', Petra Petrovića Njegoša 125, Brod 74450, Bosnia and Herzegovina, pajicdejana89@gmail.com*

[d] *'Oil refinery Brod JSC', Svetog Save 106, Brod 74450, Bosnia and Herzegovina, pajicmladen@rafinerija.com*

[e] *'AGRAM', Pijeskovi without number, Doboj 74400, Bosnia and Herzegovina, zdravko.tutnjevic@agram.ba*

[f] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišiča 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, marko.kovacevic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Parking is one of the key traffic problems in the city of Banja Luka. This paper analyzes the parking on one microllocation, in this case the parking lot 'Palas'. This type of analysis, individual microlocations, can in the future serve as a more detailed analysis of parking on the territory of the city, and serve as an input for the formation of a tariff system for parking payment, as well as the formation of parking zones on the territory of the city of Banja Luka.*

Key words: *problem of parking system, tariff models, parking zones*

Apstrakt: *Parkiranje vozila je jedan od ključnih saobraćajnih problema u Banja Luci. U radu je urađena analiza parkiranja na jednoj mikrololokaciji, u ovom slučaju parking“Palas“. Ovakav tip analize, pojedinačne mikrolokacije, u budućnosti može poslužiti za detaljniju analizu parkiranja na teritoriji grada, te poslužiti kao ulazni podatak za formiranje tarifnog sistema naplate parkinga, kao i formiranja parkin zona na teritoriji grada Banja Luka.*

Ključne riječi: *problemi sistema parkiranja, tarifni modeli, parking zone.*

1. UVOD

Kad je riječe o parkiranju individualnih vozila, istraživanja su dokazala da individualna vozila imaju malo iskorišćenje u toku dana. Ta vozila se uglavnom koriste za prevoz od stana do radnog mjesta, zatim za odlazak u kupovinu ili radi rekreacije. Pri tome se putnički automobili nalazi u pokretu veoma malo. Istraživanja su pokazala da se jedan automobil samo 1,5 – 2,5 sata nalazi u pokretu, a preostalo vrijeme u toku dana je u stanju mirovanja, na nekoj od površina u gradu. Sa druge strane, koristeći automobile za svoje kretanje, čovjek zauzima površinu oko 5,3 m2/ čovjeku, a pri kretanju pješke ta površina iznosi 0,5 m^2/čovjeku.

Posljedice velikog broja vozila na ulicama su: smanjenje propusne moći saobraćajnica, smanjenje brzine kretanja i bezbijednosti saobraćaja, povećanje troškova eksploatacije i pojava zakrčenosti na saobraćajnicama.

Svrha ovog istraživanja jeste da se formira jasna slika o korisnicima parking prostora u centralnoj gradskoj zoni koja će kasnije poslužiti za formiranje jasnije slike o potrebama korisnika za parking prostorom, te da se formira baza podataka koja će poslužiti kao ulazni podatak za šira istraživanja ovog problema.

U Bosni i Hercegovini u prošloj godini registrovano je nešto više od 1.000.000 vozila, a grad Banja Luka je jedan od gradova sa najviše vozila u BiH.

Pored ovog grad Banja Luka je doživjela građevinsi „bum“, kao i procvat turizma u poslednjih deset godina, te se zbog nedostataka u “Zakonu u uređenju prostora i građenju RS” javlja sve veća potreba i potražnja za parking prostorom.

U ovakvoj, sticajam okolnosti, nastaloj situaciji neophodno je organizovano, planski i stručno prići rješavanju ovog problema. Zainteresovani za rješavanje ovog globalnog problema su svi, vozači, vlasnici trgovina i drugih poslovnih djelatnosti, te na kraju, sam grad koji je zainteresovan za efikasno odvijanje cjelokupnog saobraćaja, pa i parkiranja.

Grad Banja Luka ulaže trud i napor kako bi održala korak da svojim građanima i sve većom koncentracijom turista kroz mnogobrojne projekte proširenja postojećih puteva i ulica, te tako i parkirališta.

Pojmovi kao što su parkiranje i parkirališta postali su izuzetno važni u svakodnevnom životu čovjeka upravo zbog masovne upotrebe automobila. Problem parkiranja različit je od države do države, pa tako i od grada do grada. Što je grad razvijeniji, odnosno što je veći stepen motorizacije, postojaće i veća potražnja za parking mjestima, pa tako i sam grad mora pratiti svoj razvoj, te razviti odgovarajuću ponudu.

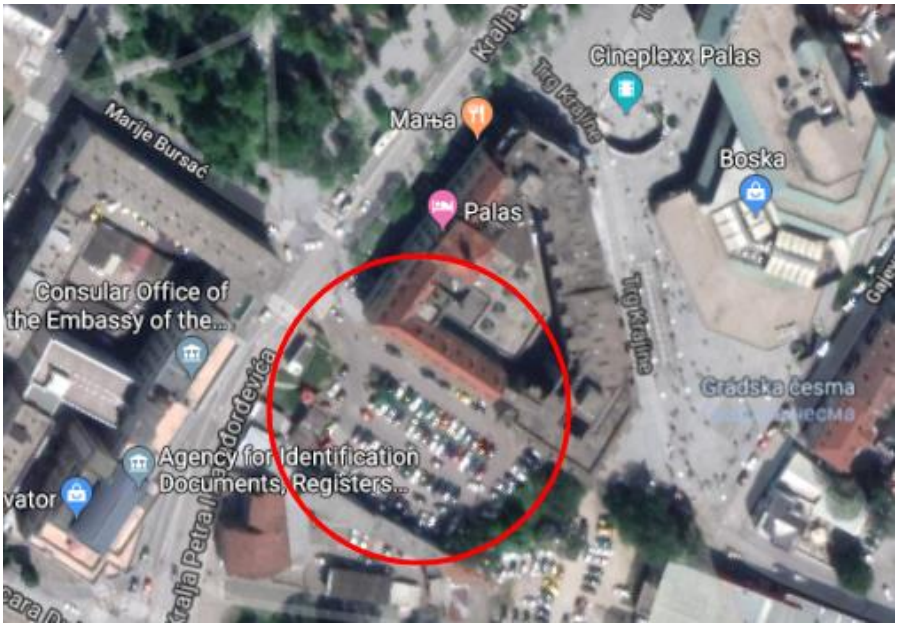
2. OPIS POSTOJEĆEG STANJA

Parking na kome je vršeno brojanje i analiza satacionarnog poznat je po imenu „Palas“. Parking se nalazi u najužem centru grada između ulica Kralja Petra II Karađorđevića i Tržničke.

Generalno gledano Banjaluci se nalazi oko 2672 parking mjesta raspoređenih na 41 parking lokacije podjeljenih na I i II zonu. Cijena parkinga za jedan sat u I zoni iznosi 1 KM a cjelodnevna 5 KM dok je cijena parkinga za 1h u drugoj zoni 0,50 KM a cjelodnevna 3 KM. Naplata se vrši putem automata postavljenih na parkingu. Ukoliko ste predplatnik m:tel mobilne mreže plaćanje parkinga se može izvršiti putem SMS-a.

Radno vrijeme na svim parkiralištima je svakim radnim danom od 7,00 do 21,00 časova, a subotom od 7,00 do 16,00 časova.

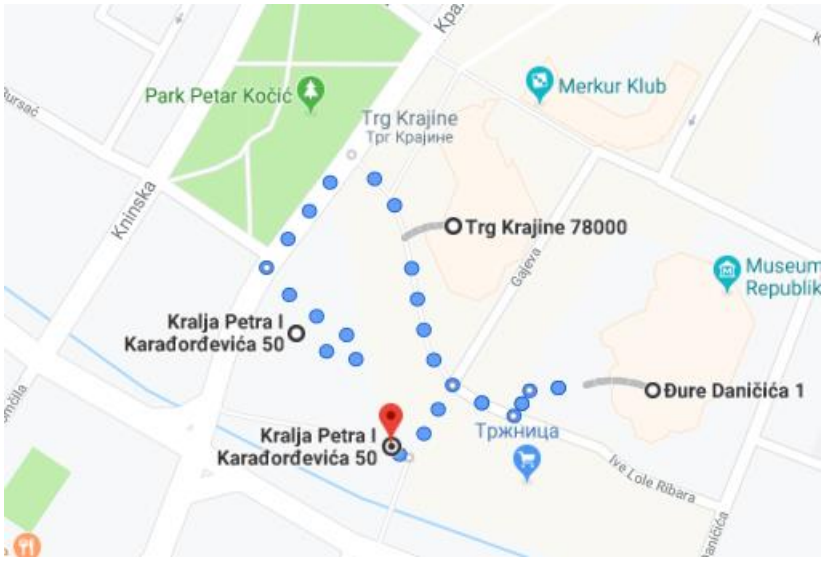
Na parkiralištima Tržnica, Kastel, Palas, ulice Zdravka Čelara, Đure Daničića i Gajeva i nedjeljom od 07,00 do 16,00 časova.



Slika 1. Položaj parkinga na uličnoj mreži

Neposredno pored posmatranog parkinga nalaze se: gradska tržnica, robna kuća Boska, hotel Palas, multipleks Palas, gradski muzej, gradska uprava, te mnogi turističko-ugostiteljski objekti koji generišu veliki broj posjetilaca.

Zbog gore navedenih sadržaja ovaj parking ima veliki broj korisnika, prvenstveno zbog kratkog vremena pješačenja od parkinga navedenih sadržaja (slika 2).



Slika 2. Zone atrakcije smještene nedaleko od posmatranog parkinga

Vremena pješačenja od parkinga do zona atrakcije su sledeća:

- Gradska uprava, 2 min;
- Hotel Palas, 0,5 min;
- Gradski muzej, 2 min;
- Robna kuća „Boska“, 1 min;
- Crkva Sv. Trijice, 3 min...

Sam parking pripada otvorenom tipu parkirališta sa jednim ulazom i izlazom, Parkiranje je organizovano kao vanulično, okomito ($\alpha = 90°$) i paralelno ($\alpha = 0°$) sa dimenzijama parking mjesta 5,00 m x 2,50 m i 5,50 m x 2,00 m.

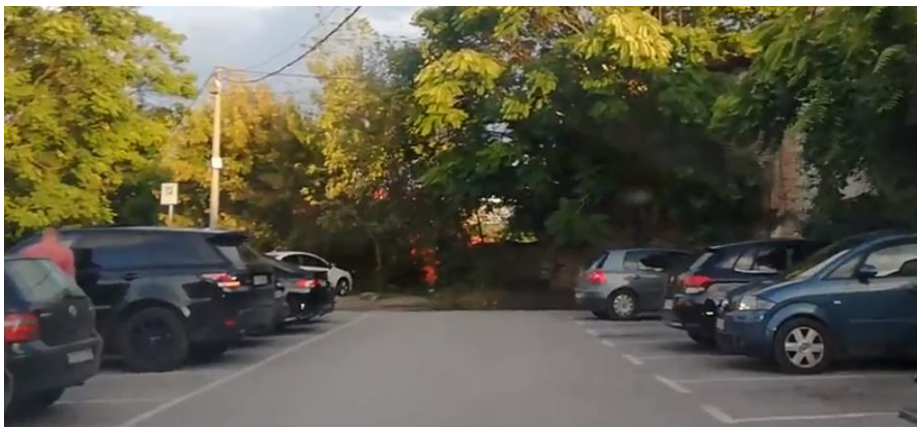
Slika 3. Ulaz-izlaz posmatranog parkinga

Ulaz, odnosno izlaz na parking su sa Ulice Kralja Petra II Karađorđevića, na kojoj se saobraćaj odvija dvosmjerno sa po dvije saobraćajne trake po smijeru.

Parking pripada prvoj zoni van uličnog parkinga..

Raznolikost sadržaja u navedenoj zoni doprinosi većoj izmjeni parkiranih vozila na analiziranom parking prostoru. Radno vrijeme ugostiteljskih objekata koji se nalaze u centru, a u neposrednoj blizini parkinga je od 07.00 do 23.00 sati, te time nakon 22h na analiziranom parkingu ostaju samo vozila stanara obližnih stambenih zgrada i pomenutih ugostiteljskih objekata.

Slika 4. Aparat za naplatu parking



Slika 4. Organizacija posmatranog parking prostora

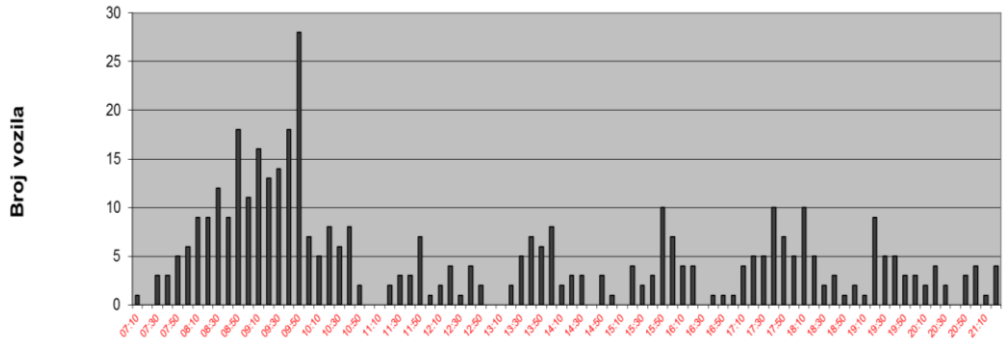
Saobraćaj na samom parkingu se odvija jednosmjerno. Parking prostor organizovan je jednoredno upravno, a parkiranje se može izvršiti hodom unazad ili hodom unaprijed. Ukupan broj parking mjesta je 80, od čega su dva parking mjesta namjenjena za osobe sa umanjenim tjelesnim sposobnostima, dva parking mjesta su rezervisana za hotel palas, dok su tri parking mjesta rezevisano za poslovne prostore koji se nalaze neposredno uz parking.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Nakon brojanja i prikupljanja podataka, pristupili smo obradi istih da bi došli do određenih pokazatelja parkiranja za parking prostor na kome se vršilo brojanje. Vršili smo brojanje ulaza i izlaza na parking prostor, akumulaciju i obim parkiranja.

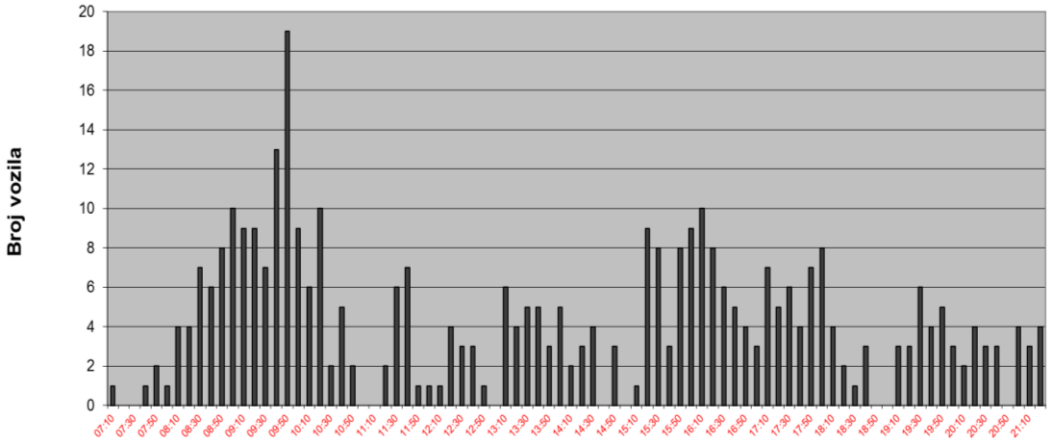
Broj zatečenih vozila na parkingu prije početka je 4, a broj vozila koja su ostala na prarkingu nakon završetka brojanja je 17. Kapacitet parking, kao što je već rečeno, je 80 mjesta za parkiranje, gdje su uključena i 2 mjesta za osobe sa invaliditetom. Ukupan broj vozila koja su izvršili radnju parkiranja je 695. Obrt parkirališta je 8,70 vozila po parking mjestu. Prosječno vrijeme zadržavanja vozila na parkingu je 72,39 minuta.

Kroz dijagram 1. i 2. Prikazani su dolazak i odlazak regularno parkiranih vozila, u desetominutnom intervalu.



Dijagram 1. Dolazak regularno parkiranih vozila u desetominutnom interval

Na dijagramu 1. prikazan je broj ulazaka na parking, sa kog se vidi da je najveći broj ulazaka na parking prostor je između 09:00 i 10:00 sati i iznosi 89 ulasaka. U ovom vremenskom interval kapacitet parking je u potpunosti bio popunjen te je bilo prmjetno neregularno parkiranje vozila na zelenim i površinama namjenjenim pješacima.



Dijagram 2. Odlazak regularno parkiranih vozila u desetominutnom intervalu

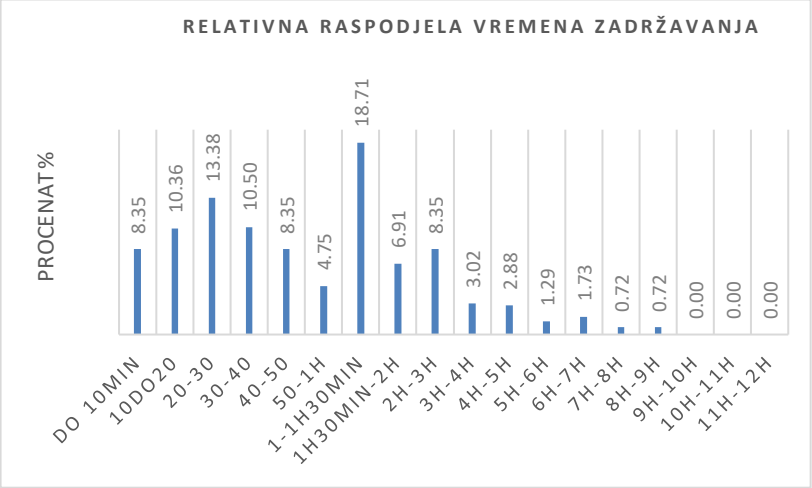
Na dijagramu 2. prikazan je broj izlaza sa parkinga, a najviše izlaza registrovano je u intervalu od 09:30 do 10:30 i iznosi 57.

Na osnovu dijagrama 1. i 2. vidimo da je najveći broj ulaza, izlaza, akumulacija i obim parkiranja najveći u prijepodnevnim i večernjim satima.

U tabeli 1. Prikazana su vremenska zadržavanja vozila na posmatranom parking.

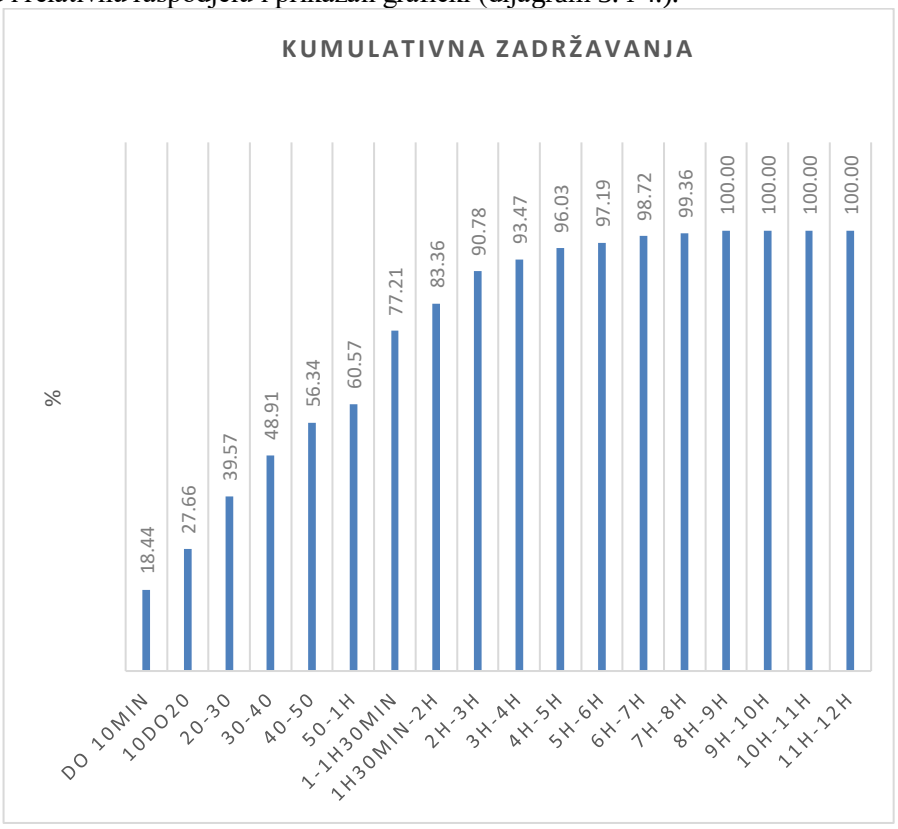
Tabela 1. Vremenski prikaz zadržavanjavozila na posmatranom parkingu

Zadržavanja	
do 10min	58
10do20	72
20-30	93
30-40	73
40-50	58
50-1h	33
1-1h30min	130
1h30min-2h	48
2h-3h	58
3h-4h	21
4h-5h	20
5h-6h	9
6h-7h	12
7h-8h	5
8h-9h	5
9h-10h	0
10h-11h	0
11h-12h	0
Ukupno	695



Dijagram 3. Relativna raspodjela vremena zadržavanja vozila na posmatranom parking

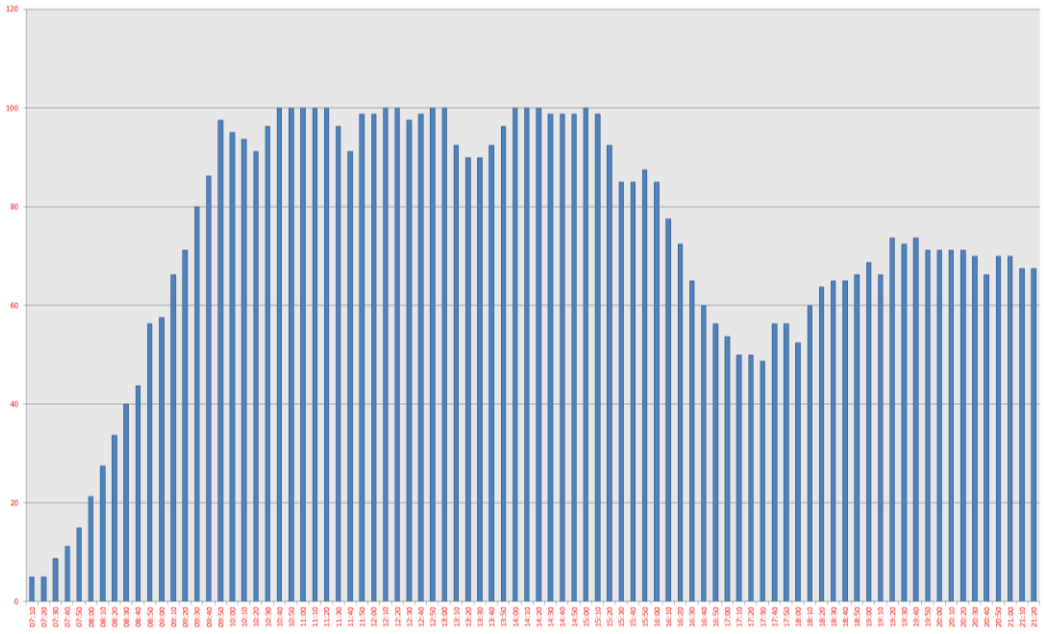
U daljoj obradi podataka vezanih za naše istraživanje, izračunavali smo trajnost parkiranja vozila, kao i ukupnu trajnost parkiranja na zadanom parking prostoru sumiranjem podataka. Trajnost parkiranja smo izrazili kroz kumulativnu i relativnu raspodjelu i prikazali grafički (dijagram 3. i 4.).



Dijagram 4. Kumulativna raspodjela vremena zadržavanja vozila na posmatranom parking

Najveći broj parkiranja je trajao je od 1:00 do 1:30 časova i iznosi 130 parkiranja ili nešto manje od 20%, a slijedi ga parkiranje trajanja od 20 do 30 minuta sa 93 parkiranja ili 13,38 %. Duža parkiranja nisu bila česta i samo pet parkiranja trajalo duže od 8 sati. Ovi podaci potkrepljuju ranije tvrdnje da na ovaj prostor dolaze samo osobe koje obavljaju određene poslove i kratko se zadržavaju na parking prostoru.

Akumulacija parkiranja je broj parkiranih vozila na nekoj površini u nekom vremenskom presjeku. Obim parkiranja predstavlja ukupan broj ostvarenih parkiranja na M mjesta za parkiranje, u toku posmatranog vremena To- ukoliko se obim računa za poznati broj parking mjesta. (Milosavljević, 2010)



Dijagram 5. Zauzetost posmatranog parking

Najveća akumulacija je u periodu od 9 do 15 sati i iznosi uglavnom 80 vozila što predstavlja 100% kapaciteta parkirališta za koje je vršeno istraživanje. Za period od 14 sati, koliko je trajalo brojanje, na parking prostor je ušlo ukupno 691 vozila, a izašlo 674 vozilo. Ukupan obim parkiranja iznosi 695 vozila.

Analizom je utvrđeno da najveći broj korisnika bilježi zadržavanje ispod dva časa, dok je određeni broj automobila na parkiralištu ostao više od 8 časova.

Smatramo da ova analiza može poslužiti kao uvodni dio za šira istraživanja kao i za izradu studije javnog uličnog i van uličnog parkiranja u Banja Luci.

Takođe, na osnovu ovakvog tipa istraživanja, ukoliko se uključi više sličnih mikrolokacija, te na osnovu anketiranja korisnika parking prostora može da se formira novi tarifni sistem, kao i reorganizacija zoniranja. Smatramo da ovaj rad može da se iskoristi kao podloga za dalja istraživanja.

4. ZAKLJUČAK

Gradska središta i trgovi moraju biti pristupačni kako bi se osigurao održivi razvoj i ekonomska privlačnost. Stoga je potrebno pronaći kvalitetna rješenja problema parkiranja, a neka od njih su pomoću savremenih tehnologija i koncepcija.

Analizom posmatranog parkinga „Palas“ dolazi se do zaključka da je potreba građana za parkiranjem na ovom parkiralištu ogromna, te da je kapacitet parkinga u većem dijelu dana stoprocentno popunjen.

Analizom podataka utvrđeno je da najveći broj parkiranja je trajao je od 1:00 do 1:30 časova i iznosi 130 parkiranja ili nešto manje od 20%, a slijedi ga parkiranje trajanja od 20 do 30 minuta sa 93 parkiranja ili 13,38 %. Analizirajući prikupljene podatke dolazi se do zaključka da posmatrani parking posjećuju uglavnom oni koji dolaze do sadržaja koji su navedeni u opisu postojećeg stanja.

Istraživanje parkinga stvara jasniju sliku o centralnoj gradskoj zoni te se u zbiru sa ostalim lokacijama u centru može iskoristiti za dobijanje kompletne slike parkiranja u užem gradskom jezgru. Takođe, ovaj tip istraživanja se može iskoristiti za formiranje novih parking zona u gradu te u sprezi sa anketom korisnika i u formiranju novih tarifa naplate.

5. LITERATURA

Milosavljević, N., (2010). Parkiranje, Saobraćajni fakultet, Beograd.

Putnik, N. (2007). Autobaze i autostanice, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.

Tomić. M., (1995). Parkiranje i parkirališta, Saobraćajni fakultet, Beograd.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

RAILWAY INFRASTRUCTURE LIFECYCLE MANAGEMENT – A CASE STUDY

Hirut Grossberger[a], Frank Michelberger[a]

[a] *Carl Ritter von Ghega Institute for Integrated Mobility Research, Mathias Corvinus-Strasse 15, St. Poelten 3100, Austria, hirut.grossberger@fhstp.ac.at, frank.michelberger@fhstp.ac.at*

Abstract: *Rail transport is the most climate-friendly as compared to other modes of transport. It can create multiple economic and social development benefits, in addition to reducing emissions. Within the railway system, infrastructure being a long- lived asset has a pronounced share in the economic, social and environmental impacts. In the effort of retaining the sustainability of the railway sector, infrastructure management plays major role. Railway infrastructure is a complex system with various subsystems. In this regard, infrastructure managers in railway companies are constantly looking for the financial implication of their decisions and choose the most economical and effective way of managing their projects. They at the same time endeavour to provide a safe and reliable service. The balance of the sustainability factors and their impacts on the management of infrastructure assets can be done quantified by using Lifecycle costing (LCC), lifecycle performance (LCP) and lifecycle Assessment (LCA) methods. LCC is a subject area that has evolved from project appraisal tool to a more compressive method as organisations look for a long-term economic sustainability. LCP shows the lifecycle reliability, availability, maintainability and safety of infrastructures. LCA is a technique to assess the environmental impact associated with activities at all stages of the infrastructure lifetime. This contribution illustrates an integrated application of LCP, LCC, LCA tools in Railway infrastructure asset management. The paper moreover presents a case study that identifies the technical challenges, other barriers and opportunities related to the application of the methods in an integrated way.*

Key words: *lifecycle perspective, asset management, sustainability, maintenance, decision support*

1. INTRODUCTION

The transport sector in general contributes to many of the Sustainability Development Goals (SDG) and targets. Particularly, rail transport plays a significant role in the achievement of the Sustainable Development Goals directly or indirectly. The comparative advantage can be quantified when the effect of the transport sector is analysed in terms of the three pillars of sustainable development, namely economic, social and environmental developments in a comprehensive manner. The key drivers of a more sustainable transport sector in terms of the Sustainability Development Goals (SDG) are highlighted by ESCAP, 2016. The contribution of the Railway to most of the SDG goals can be realized, if the rail infrastructure is planned, developed, maintained and operated accordingly. The railway system a complex system that is composed of different sub-systems and components. This complexity demands a huge amount of resource management, which have significant impact on the economic, the environmental and the performance of the system. Therefore, to make this environmentally friendlier transport mode efficient in terms of its performance, economy and more ecologically friendly, effort have to be done to analyse the system using those criteria in the lifecycle perspective.

An integrated assessment enables to evaluate the system by applying an evaluation methods based on representative financial, environmental and technical performance data. There exist profound methods for handling the complex interaction of those assessment dimensions. Various researchers and practitioners have developed those methods through time, whereby the innovations are evolving from time to time. The integrated analysis of the sustainability pillars (the lifecycle costing (LCC), the environmental evaluation (LCA) and the lifecycle performance (LCP) considers their interrelated influences on the system. The application of lifecycle costing in asset management has got a wider acceptance in the western countries and is being expanded to the other part of the world continuously. LCC is a subject area that has evolved from project appraisal tool to a more compressive method as organizations look for a long-term economic sustainability. For example, LCC tools are being used by railway infrastructure management, namely in Austria (LCC-ÖBB), Germany (D-LCC), Netherlands (ProRail), UK (T-SPA) (LICORNE, 2019). As part of the railway system, Tzanakakis K, 2013

recommends the application of lifecycle costing (LCC) methods together with RAMS indicators, which is the performance (LCP) indicator of the railway system. Along with that, the environmental impact (LCA) of railway infrastructure is not well expanded, however there are few studies done in this regards (Rozycki et al, 2003; Stripple and Uppenberg, 2010; Tuchschmid, 2011; Barrientos Francisco et al, 2016).

This contribution illustrates an integrated application of LCP, LCC, LCA tools in Railway infrastructure asset management. The paper moreover presents a case study that shows the challenges and opportunities related to the practical application of the approach, especially when it comes to developing and emerging economies.

2. INTEGRATED APPLICATION OF LCC, LCP AND LCA

As mentioned before, the application of those sustainability quantification methods and tools in terms of the technical (LCP), economic (LCC) and environmental performance (LCA) of the system in the lifecycle perspective supports decision makers to optimize their asset management. The joint application of those assessment tools is practiced in similar fields. However, such application is still infant. For example, in the road sector, there are few studies done on the analysis of the financial and environmental influences jointly (Trigaux et al., 2016). One more example is the work done by the Belgian Building sector: a project called "Sustainability, financial and quality evaluation of dwelling types" SuFiQuaD (Allaker, 2010 and Allaker et al 2013b) (Project phase 2009- 2011). However, in the railway sector, there are no works done considering the economic, performance and environmental factors jointly.

There are standards and guidelines for all lifecycle analysis aspects. ISO 55000 defines the requirements of asset management, whereby the new ISO 55002:2018 explains how to make a robust decision- making framework by incorporating the use of scenarios, multiple options and the incorporation of lifecycle impacts. LCC in the railway infrastructure incorporates the financial costs at all stages of the lifecycle. This includes the investment, maintenance and disposal costs. ISO 15686-5:2008 gives guidelines for performing lifecycle cost (LCC) analysis of buildings and constructed assets and their parts. The guideline notes that lifecycle costing typically includes a comparison between options or an estimate of future costs at system or component level. Lifecycle costing is performed over a defined lifetime. It advises to make clear whether the analysis is for only part or for the entire lifecycle of the constructed asset. EN 15341:2007 provides key performance indicators in achieving maintenance excellence and utilize technical assets in a competitive manner. The operational level of railways and its engineering terminology in the railway sector is expressed by the terms Reliability, Availability, Maintainability and Serviceability (RAMS). RAMS based European standards are given by CENELEC – EN 50126-1: (RAMS) - Part 1: Generic RAMS process. The third part of the proposed integrated lifecycle analysis is the environmental impact analysis. ISO 14040:2006 Environmental management – Lifecycle assessment – Principles and framework.

A handbook for infrastructure network management presented by organization of community infrastructure of Switzerland, 2014, proposes a framework that applies the financial and the technical performance criteria conjointly. This framework can be adapted to be applied in the lifecycle asset management to optimize the cost, technical and environmental performance of the railway infrastructures across the asset lifecycle. This adaptation by extending the time horizon to the lifecycle of infrastructure as well as the incorporation of the environmental assessment includes the key components of the sustainability development. The proposed asset management framework shows two assessment levels. One at the overall planning and management level and the second level is the operative for effective asset management system by optimizing the cost and performance across the asset lifecycle. The following figure illustrates the two levels of the performance and financial assessment steps.

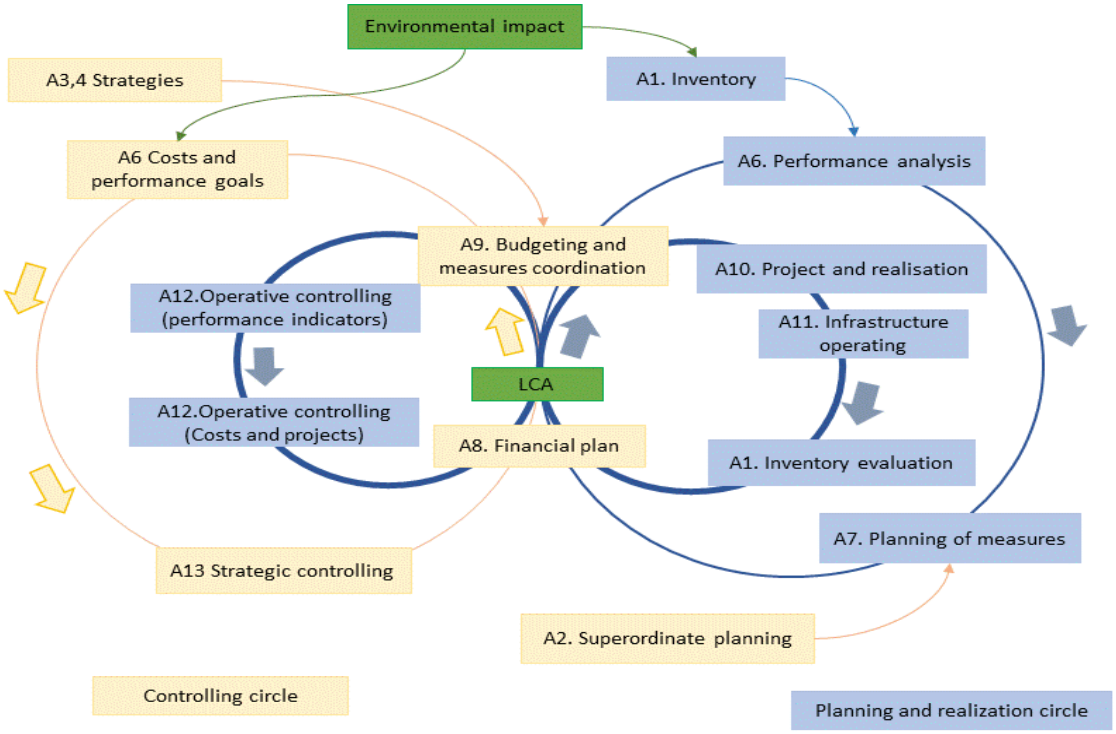


Figure 1: Integrated lifecycle analysis of railway infrastructures (adapted from org. of community infrastructure, Switzerland, 2014).

3. CASE STUDY

An exploratory research project called "An Integrated Platform for Life Cycle Costing in the Rail Environment" was conducted to propose a conceptual model for an integrated lifecycle analysis platform for the South African passenger Railway Company. To do that one of the goals of the exploratory project was (i) to assessment of the status of the application of lifecycle analysis methods in the country, (ii) identify the technical challenges, other barriers and opportunities related to the application of a comprehensive lifecycle analysis.

3.1 Assessment results

Extension to the comprehensive application can be realized, if the lifecycle analysis methods are being at least partially established. In other words, interlinking of different methods and tools probably be easier as compared to where no one of the analysis methods is applied or very infant. On the other hand, starting from the beginning probably be a good opportunity to design infrastructure asset- management system by including all those aspects. Although the application of integrated lifecycle analysis is possible as the works done in the road and building sectors showed, it is also coupled with numerous challenges. The project in South African passenger railways shows the current state of the art and the bottlenecks related to the application of the methods.

One of the methods applied in this project was a semi-structured interview. The interview was done with the infrastructure engineers and asset management experts of the South African passenger railways as well as the infrastructure maintenance company. The contents of the interview were the way of data acquisition and system analysis regarding the maintenance, cost data and their purpose as an input for asset management. This interview work package was very essential to get and overall insight and deep analysis of the how the system functions. This work could not have been accomplished without the enthusiastic collaboration of the railway company and the infrastructure maintenance company of South Africa. During the semi- structured dialogs, a number of challenges for the introduction of lifecycle analysis approach in South Africa were mentioned. At the first stage, the LCC and LCP were handled. Here, it is attempted to structure the barriers related to the conducting LCC. These are categorized as: (i) data and procedural challenges, (ii) institutional challenges as well as (ii) management challenges. Specifically, the interview during this case study revealed that, there is lack of awareness on the impact of maintenance on the lifecycle cost of the infrastructure (LCC vs. LCP). By now, there is very limited work on LCC of infrastructure and those very few works are limited to studies at the universities.

Although the engineers in the field are aware of the benefits of maintenance on the service life and general system performance, there is no practical application of those LCC and LCP methods for maintenance decision and a transparent communication with financial decision makers.

For the integrated lifecycle analysis: a systematic data management system a prerequisite. The data management system should incorporate: on one hand inventory of cost data such as capital cost, discount rates, maintenance and repair costs and on the other hand, data on maintenance history, operation data, services life of components, environmental direct and indirect impacts. However, there is a significant lack of systematically recorded data on both the cost and maintenance history of infrastructure components. Currently, there are different data storage systems that are not harmonized. This makes the analysis and prediction difficult. Maintenance of infrastructure lacks systematic planning and coordination. Although there are qualified personal for maintenance, there is capacity problem and lack of reliable decision based on the data and analysis. The mainly used maintenance tactic is ad hoc maintenance. Hence, the unreliability of decision taking is related to the absence of predicted maintenance time based on a comprehensive LCC and LCP of the infrastructures, that should actually be extended by including the assessment of the direct and indirect impacts on environment (LCA).

The management problems would be alleviated if the decision makers accept and enforce the comprehensive lifecycle analysis concept. The challenges related to the management's problems are identified to be budget limits; there are capital budgets and lack of operating budgets. There is a shortage of knowledge about the long-term benefits of the LCC. Additionally, the frequent changes in top management hinder a coherent strategy that would be necessary for the introduction of the lifecycle asset management principles. Unfortunately, the system is currently facing further challenges namely vandalism and metal theft, where the resources are being used to prevent those actions and affect maintenance planning. Interviewees pointed out the main problems lies on lack of strategic thinking.

4. CONCLUSION

The assessment leads to the development of a concept that considers specific condition of the South African railway system by taking the cost, performance and environmental aspects in to consideration. Since, there are experiences in the field in other countries, this assessment result enabled to design a concept for future application. At the end of the exploratory project, the concept was presented to the South African passenger railway company – infrastructure managers, department of finance and research group at a workshop. For the application, setting up of a unified database, training of staff and strong collaboration of the infrastructure management and finance department and the research group are pre-requisites.

5. REFERENCES

Barrientos Francisco et al, 2016. Knowledge- based minimization of railway infrastructures environmental impact. Transport Research Procedia 14(2016) 840 -849.

CENELEC – EN 50126-1: Railway Applications- the specification and demonstration of Reliability, Availability, maintainability and Safety (RAMS) - Part 1: Generic RAMS process

ISO 55002:2018 Guidelines for the application of BS ISO 55001

Project (LICORNE) report, 2019. Carl Ritter von Ghega Institute for Integrated Mobility, St. Poelten University of Applied Sciences: Project funded by FFG (The Austrian Research Promotion Agency).

Tzanakakis Konstantinos, 2013. The Railway Track and Its Long-term Behavior. A handbook for a railway track of high quality. Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

Stripple Hakan, Uppenberg Stefan, 2010. Lifecycle Assessment of railways and rail transports – Application in environmental product declarations (EPDs) for the Bothnia Line. IVL-Swedish Environmental Research Institute.

Von Rozycki Christian, Koeser Hainz, Schwarz Henning, 2003. Ecology profile of German High-speed rail passenger Transport system, ICE. International Journal LCA 8 (2) 83- 93.

Trigaux et al., 2017. Lifecycle assessment and lifecycle costing of road infrastructure in residential neighborhood. International Journal of Lifecycle assessment (2017) 22, 938 - 951.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

COMPARATIVE ANALYSIS OF RAILWAY FREIGHT OPERATOR'S EFFICIENCY

KOMPARATIVNA ANALIZA EFIKASNOSTI TERETNIH ŽELEZNIČKIH PREVOZNIKA

Predrag Jovanović[a], Norbert Pavlović[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, p.jovanovic@sf.bg.ac.rs, norbert@sf.bg.ac.rs*

Apstract: *In this paper we measured the efficiency of railway freight transport companies from the region. The collected data describe the business and functioning of these companies in the period just before, during and immediately after restructuring process. This period was selected in order to compare the efficiency of selected transport companies during the reform phase, through which they had to pass. The efficiency of each company is separately determined, according to the environment in which it operates, as well as according to the basic indicators and resources in the previous period. For the efficiency comparison, we have used Data Envelopment Analysis (DEA), the input-oriented CRR models. Finally, the analysis of the relative influence of individual input parameters on DEA results was carrie out.*

Key words: *Railway freight operator, Efficiency, Data Envelopment Analysis (DEA)*

Apstrakt*: U ovom radu izvšeno je poređenje efikasnosti teretnih železničkih prevoznika iz regiona. Prikupljeni podaci opisuju poslovanje ovih kompanija u periodima neposredno pre, za vreme i neposredno nakon procesa restrukturiranja. Ovakvi vremenski periodi su izabrani da bi se uporedila efikasnost izabranih transportnih preduzeća tokom faze reforme, kroz koju su morala da prođu. Efikasnost svakog preduzeća je posebno utvrđena prema okruženju u kome posluje, kao i prema osnovnim resursima preduzeća u prethodnom periodu. Za utvrđivanje relativne efikasnosti korišćena je metoda analize obavijanja podataka (eng. Data Envelopment Analysis – DEA), i to za ulazno orijentisane "Charnes - Cooper – Rhodes", tzv. CRR modele. Na kraju, izvršena je analiza relativnog uticaja svakog pojedinačnog ulaznog parametra na rezultate DEA modela.*

Ključne riječi: *Železnički teretni prevoznik, Efikasnost, Data Envelopment Analysis (DEA)*

1. UVOD

Železnice Evrope u poslednjih nekoliko decenija, prolaze kroz različite faze procesa restrukturiranja. Nekada ustaljeno mišljenje, da železnica unutar neke države mora predstavljati jedinstven system je napušteno, pri čemu je osnovni cilj reforme bio otvaranje pristupa železničkom tržištu i stvaranje uslova za nastanak tržišnog nadmetanja na železničkoj mreži. Pri tome, većina javnih železničkih preduzeća, čak i ona koja direktno nastaju kao posledica restrukturiranja nekadašnjeg jedinstvenog preduzeća, nije orijentisana ka korisnicima, već pokušava da posluje na načine nasleđene od nekada postojećeg monopola na železničkom tržištu. Svako železničko tržište poseduje određene specifičnosti, zbog čega se može konstatovati da ne postoji jedinstven pristup restrukturiranju železničkih preduzeća.

Po formalnoj definiciji, pod efikasnošću smatramo odnos rezultata i uloženih sredstava. Formalno, efektivnost se može posmatrati dvojako:

- sa postojećim resursima ostvariti što bolji rezultat ili
- sa što manjim ulaganjima ostvariti zadati rezultat.

Efikasnost železničkih preduzeća može predstavljati složen parametar, s obzirom da se može definisati kroz odnose različitih izlaza i različitih ulaza. Od izabranih faktora zavisiće da li se za neki sistem može reći da je efikasan ili ne.

Osim od organizacije samog sistema, tj. preduzeća, njegova sposobnost da posluje efikasno će u velikoj meri zavisiti i od načina upravljanja, obima raspoloživih resursa u datom trenutku, kao i od okruženja u kome preduzeće posluje. Zbog toga, u radu su prikazana dva pristupa utvrđivanju efikasnosti, pri čemu su menjani posmatrani ulazni faktori. Tako je efikasnost utvrđivana prema raspoloživim baznim resursima preduzeća u posmatranoj godini, kao i prema osnovnim pokazateljima nacionalnih ekonomija, kako bi i uticaj okruženja bio uzet u obzir. U ovom radu, uticaj same organizacije preduzeća nije uzet u obzir, a kako je efikasnost izuzetno zavisna od organizacije, model bi u budućim istraživanjima trebalo proširiti.

Iako je po funkcionalnosti metoda analize obavijanja podataka (DEA) pogodna za primenu u svakoj oblasti gde je potrebno utvrditi sistemsku efikasnost, u praksi je ređe korišćena za utvrđivanje efikasnosti teretnih železničkih prevoznika. Rad (Blagojević, 2016) koristi DEA modele u cilju modeliranja efektivnosti železničkih putničkih operatera.

2. OPIS MODELA

Metoda analize obavijanja podataka - Data Environment Analysis (DEA) predstavlja jednu od najčešće korišćenih metoda za utvrđivanje relativne efikasnosti skupa međusobno nezavisnih jedinica odlučivanja (Decision Making Unit - DMU). Model je vrlo pogodan za korišćenje, zbog činjenice da u obzir može uzeti veliki broj ulaznih i izlaznih promenljivih, ali i zbog toga što ne zahteva funkcionalnu formulaciju odnosa ulaznih i izlaznih promenljivih. Sama DEA metoda ima i određene nedostatke, a kao osnovni treba istaći da rezultat metode predstavlja relativnu efikasnost i nema garancije da će apsolutna efikasnost biti utvrđena.

U cilju utvrđivanja efikasnosti, neophodno je sprovesti nekoliko faza. U ***prvoj fazi*** vrši se izbor DMU čija će se efikasnost utvrđivati. U ovom radu, svi DMU predstavljaju teretne železničke prevoznike iz regiona, delimično ili potpuno u vlasništvu države u kojoj su registrovani. Osim osnovnog kriterijuma, koji je u izboru korišćen, da se raspolaže podacima za konkretnog prevoznika, autori su se odlučili da kao nezavisne DMU posmatraju teretne železničke prevoznike u različitim godinama poslovanja. Kod većine prevoznika u obzir su uzete tri godine poslovanja i podaci za te godine su tretirani kao nezavisni DMU. Tamo gde je bilo moguće, posmatrano je poslovanje prevoznika u nekoj od godina kada je prevoz tereta obavljalo jedinstveno preduzeće, zatim u samoj godini restrukturiranja i, na kraju, u poslednjoj godini za koju su podaci bili dostupni. U slučajevima kada prethodno nije bilo moguće ispoštovati, posmatrane su godine najbliže navedenim, a za koje su podaci bili dostupni. Na opisani način, došlo se do 17 posmatranih DMU, čija je relativna efikasnost utvrđivana, a koje su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Pregled izabranih jedinica odlučivanja

Redni broj	Oznaka DMU	Opis
1	SER_2009	Železnice Srbije, 2009. godina
2	SER_2015	Železnice Srbije, 2015. godina
3	SER_2018	Srbija Cargo a.d., 2018. godina
4	MKD_2009	Македонски железници, 2009. godina
5	MKD_2018	Македонски железници Транспорт, 2018. godina
6	HR_2009	Hrvatske željeznice, 2009. godina
7	HR_2012	Hrvatske željeznice, 2012. godina
8	HR_2018	HŽ Cargo, 2018. godina
9	BUL_2009	БДЖ-Товарни превози, 2009. godina
10	BUL_2010	БДЖ-Товарни превози, 2010. godina
11	BUL_2018	БДЖ-Товарни превози, 2018. godina
12	SLO_2009	Slovenske železnice, 2009. godina
13	SLO_2015	Slovenske železnice, 2009. godina
14	SLO_2018	Slovenske železnice, 2009. godina
15	HUN_2009	MÁV Cargo Zrt (ÖBB cargo), 2009. godina
16	HUN_2012	MÁV Cargo Zrt (ÖBB cargo), 2012. godina
17	ROM_2009	CFR Marfă, 2009. godina
18	ROM_2015	CFR Marfă, 2015. godina
19	ROM_2018	CFR Marfă, 2018. godina

U ***drugoj fazi***, definišu se ulazni i izlazni faktori, koji će predstavljati osnov utvrđivanja efikasnosti. Osnovni princip pri izboru ovih faktora bila je dostupnost realnih podataka. Takođe, utvrđivanje efikasnosti u ovom istraživanju je sprovedeno sa dva različita stanovišta. U prvom, relativna efikasnost definisanih DMU je utvrđivana ulaznim podacima dostupnih resursa prevozničkih preduzeća prema ostvarenim rezultatima teretnog prevoza. U drugom slučaju, efikasnost je utvrđenivana državnim ekonomskim pokazateljima prema izlaznim

podacima koji su zadržani iz prethodnog slučaja. U tabelama 2. i 3. prikazani su svi ualzni i izlazni faktori, prema prikupljenim podacima, za oba slučaja istraživanja.

U slučajevima kada je nakon pribavljanja podataka utvrđeno da je moguće koristiti veliki broj faktora, neophodno je izvršiti njegovo redukovanje, kako bi se omogućila jednostavnija primena same DEA metode. Jedan od novijih vrlo popularnih postupaka za redukovanje broja faktora dat je u (Subramanyam, 2016). Postupak predstavlja *step-by-step* algoritam:

- Korak 1 – izvršiti DEA analizu kompletnog modela;
- Korak 2 – odbacivati jedan po jedan ulazni/izlazni faktor, skup rezultata relativne efikasnosti sačuvati;
- Korak 3 – pomoću neparametarskog testa izvršiti testiranje svakog odbačenog faktora i pratiti promene P vrednosti;
- Korak 4 – ukoliko je promena P vrednosti veća od 20%, faktor se mora zadržati u analizi, dok se u suprotnom trajno odbacuje;

Tabela 2. Ulazni i izlazni faktori za slučaj utvrđivanja efikasnosti kada su ulazni faktori osnovni resursi preduzeća za transport robe

DMU	Broj lokomotiva	Broj kola	Broj zaposlenih	Vozni km	Neto tone	Netotonski km
SER_2009	333	8980	18521	6249764	10418719	2967110828
SER_2015	334	8486	16900	5256544	11887600	3249500000
SER_2018	183	6781	3250	5000000	10160000	2790000000
MKD_2009	53	1323	2878	1097000	4206000	497000000
MKD_2018	42	1289	1024	350000	1786769	328313054
HR_2009	253	6644	12931	6832000	11651000	2641000000
HR_2012	266	6063	11510	5526000	11088000	2332000000
HR_2018	187	5326	1510	3900000	6870000	1781000000
BUL_2009	533	11812	31370	7516800	13284000	3145000000
BUL_2010	484	11124	29126	7334200	12939000	3064000000
BUL_2018	209	4660	3350	6150000	10830000	3034000000
SLO_2009	164	4374	7782	8425000	13774000	2817000000
SLO_2015	152	3049	7910	7953000	16470000	3853000000
SLO_2018	151	2748	7490	8079000	21316000	5151000000
HUN_2009	1081	10683	36794	14613000	42277000	7673000000
HUN_2012	1163	11066	38505	21428000	46884000	9230000000
ROM_2009	1845	45505	41340	17200000	50595000	11088000000
ROM_2015	1221	38107	10260	22000000	50370000	11112000000
ROM_2018	1165	35322	9420	17000000	40970000	9505000000

Tabela 3. Ulazni i izlazni faktori za slučaj utvrđivanja efikasnosti kada su ulazni faktori osnovni ekonomski pokazatelji na državnom nivou

DMU	Populacija	BND	Vozni km	Neto tone	Netotonski km
SER_2009	7320807	45156000000	6249764	10418719	2967110828
SER_2015	7095383	39629000000	5256544	11887600	3249500000
SER_2018	6982084	50508000000	5000000	10160000	2790000000
MKD_2009	2069039	9401731496	1097000	4206000	497000000
MKD_2018	2082958	12670000000	350000	1786769	328313054
HR_2009	4305181	62712000000	6832000	11651000	2641000000
HR_2012	4267558	56549000000	5526000	11088000	2332000000
HR_2018	4089400	60806000000	3900000	6870000	1781000000
BUL_2009	7444443	51885000000	7516800	13284000	3145000000
BUL_2010	7395599	50611000000	7334200	12939000	3064000000
BUL_2018	7024216	64963000000	6150000	10830000	3034000000
SLO_2009	2039669	50372000000	8425000	13774000	2817000000
SLO_2015	2063531	43124000000	7953000	16470000	3853000000
SLO_2018	2067372	54236000000	8079000	21316000	5151000000
HUN_2009	10022650	130594000000	14613000	42277000	7673000000
HUN_2012	9920362	127857000000	21428000	46884000	9230000000
ROM_2009	20367487	174102000000	17200000	50595000	11088000000
ROM_2015	19815481	177895000000	22000000	50370000	11112000000
ROM_2018	19473936	239851000000	17000000	40970000	9505000000

- Korak 5 – ukoliko više faktora pokazuje promenu P vrednosti za manje od 20% trajno se odbacuje faktor sa najmanjom promenom efikasnosti;
- Korak 6 – prethodni koraci se mogu ponavljati sve dok svi preostali faktori ne pokazuju promene P vrednosti veće od 20%.

Iako je iz tabela 2. i 3. uočljivo da nema potrebe za redukcijom faktora, prethodni algoritam je u istraživanju korišćen kako bi se pojedinačnom eliminacijom faktora utvrdio relativni značaj pojedinih faktora na rezultate debijene DEA analizom.

Pre nego što se pristupilo samoj DEA analizi, izvršena je analiza međusobne korelacije izabranih faktora. U tabeli 4. i na slici 1. prikazana je statistička analiza i vrednost koeficijenta međusobne korelacije faktora za ulazne faktore definisane prema resursima preduzeća, respektivno. U tabeli 5. i na slici 2. date su odgovarajuće vrednosti za slučaj kada su ulazni faktori definisani preko ekonomskih pokazatelja društvene zajednice.

Tabela 4. Opisna statistika ulaznih i izlaznih veličina za slučaj kada se ulazni faktori biraju iz resursa preduzeća

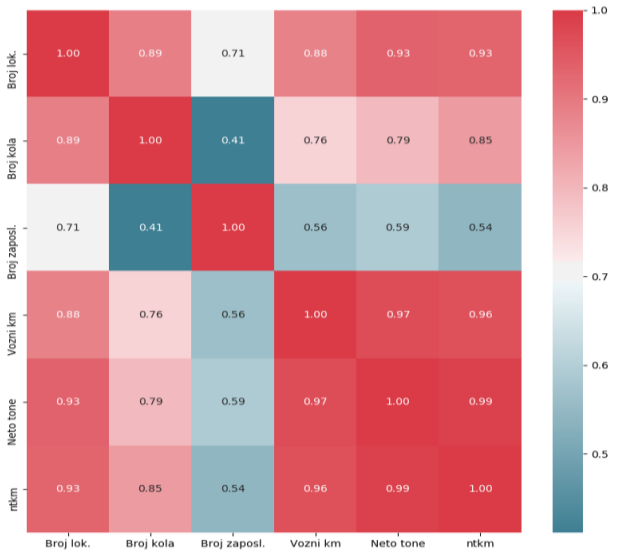
	Broj lok.	Broj kola	Broj zaposl.	Vozni km	Neto tone	ntkm
Srednja vrednost	516.79	11754.84	15361.63	9047910.95	20409320.42	4539890730.63
Standardna greška	118.02	2968.65	3072.79	1450111.67	3786365.99	783821666.19
Mediana	266	6781	10260	7334200	12939000	3064000000
Standardno odstupanje	514.45	12940.04	13393.97	6320890.22	16504386.69	3416599432.69
Opseg	1803	44216	40316	21650000	48808231	10783686946
Minimum	42	1289	1024	350000	1786769	328313054
Maksimum	1845	45505	41340	22000000	50595000	11112000000
Suma	9819	223342	291871	171910308	387777088	86257923882

Tabela 5. Opisna statistika ulaznih i izlaznih veličina za slučaj kada kada se ulazni faktori biraju iz ekonomskih pokazatelja razvoja društva

	Populacija	BND	Vozni km	Neto tone	ntkm
Srednja vrednost	7676166.105	79101143763	9047910.95	20409320.42	4539890730.63
Standardna greška	1381759.193	14106502981	1450111.67	3786365.99	783821666.19
Mediana	7024216	54236000000	7334200	12939000	3064000000
Standardno odstupanje	6022948.687	61488820942	6320890.22	16504386.69	3416599432.69
Opseg	18327818	230449268504	21650000	48808231	10783686946
Minimum	2039669	9401731496	350000	1786769	328313054
Maksimum	20367487	239851000000	22000000	50595000	11112000000
Suma	145847156	1502921731496	171910308	387777088	86257923882

Iz matrica je uočljivo da kada ulazne faktore uzimamo iz skupa raspoloživih resursa, jedino broj zaposlenih nema korelaciju ni sa jednim od preostalih faktora. U drugom slučaju, kada kao ulazne faktore posmatramo ekonomske pokazatelje, uvek postoji korelacija, između svakog para izabranih faktora. Iako je tada vrednost koeficijenta athezije nešto niža nego u prethodnom slučaju. Korelacija je i dalje jaka.

U ***trećoj fazi,*** neophodno je odabrati odgovarajući DEA model. Iz osnovnog DEA modela razvijen je čitav spektar modela, a u ovom radu su korišćeni CRR (CRS) model, koji je osnovni i originalni model za utvrđivanje efikasnosti (Charnes i dr., 1978), kao i Super-CRR model, kako bi se omogućilo potpuno rangiranje predloženih DMU.

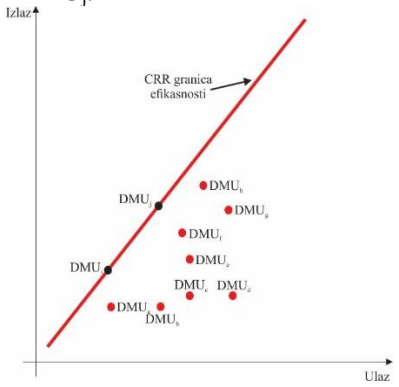


Slika 1. Matrica korelacije ulaznih i izlaznih veličina, kada su ulazni raspoloživi resursi preduzeća

Slika 2. Matrica korelacije ulaznih i izlaznih veličina, kada su ulazni faktori ekonomski pokazatelji

U oba slučaja korišćeni su ulazno orijentisani modeli, prvenstveno u cilju utvrđivanja postojanja relacije između ulaznih faktora definisanih resusrsima železničkih preduzeća i onih koji predstavljaju ekonomske parametre društva.

Ulazno orijentisani CRR model razmatra DMU kroz pretpostavljene konstantne koristi, u odnosu na obim uloženih faktora. U osnovnom slučaju, to znači da postoji granica efikasnosti, što je za najjednostavniji slučaj, sa jednom ulaznom i jednom izlaznom veličinom, prikazano na slici 3. U prikazanom primeru, granica efikasnosti je određena na osnovu rezultata DMU_i i DMU_j.



Slika 3. Granica efikasnosti uprošćenog CRR modela

CRR model u svojoj osnovnoj formulaciji zapravo predstavlja problem linearnog programiranja, a formalno je definisan kao:

$$\theta^* = min \sum_{i=1}^{m} v_i y_{r0} \quad (1)$$

uz ograničenja:

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^{m} v_i x_{ij} \leq \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}, \quad j = 1,2,3,..n; \quad (3)$$

$$v_i \geq 0, u_r \geq 0 \quad (4)$$

U prikazanoj formulaciji, θ označava ocenu efikasnosti, x_i i y_r su i-ti ulazni i r-ti izlazni factor, dok su sa v_i i u_r označeni težinski faktori ulaznih i izlaznih veličina, respektivno. Pri utvrđivanju tehničke efikasnosti, DMU_i će se smatrati efikasnom ako i samo ako je θ=1; u svim ostalim slučajevima DMU_i je neefikasna.

Model superefikasnosti pretpostavlja da je osnovni DEA model tako modifikovan da se efikasnim DMU-ma može dodeliti indeks veći od 1, kako bi se omogućila diskriminacija među njima, a time i kompletno rangiranje svih DMU-a. Predloženu modifikaciju predstavili su (Andersen i Petersen, 1993) i to tako što se iz skupa ograničenja datih jednačinom (3) izostavlja ograničenje koje odgovara samom DMU_k. Tako, model definisan jednačinama (1)-(4) postaje:

$$\theta^* = min \sum_{i=1}^{m} v_i y_{r0} \quad (5)$$

uz ograničenja:

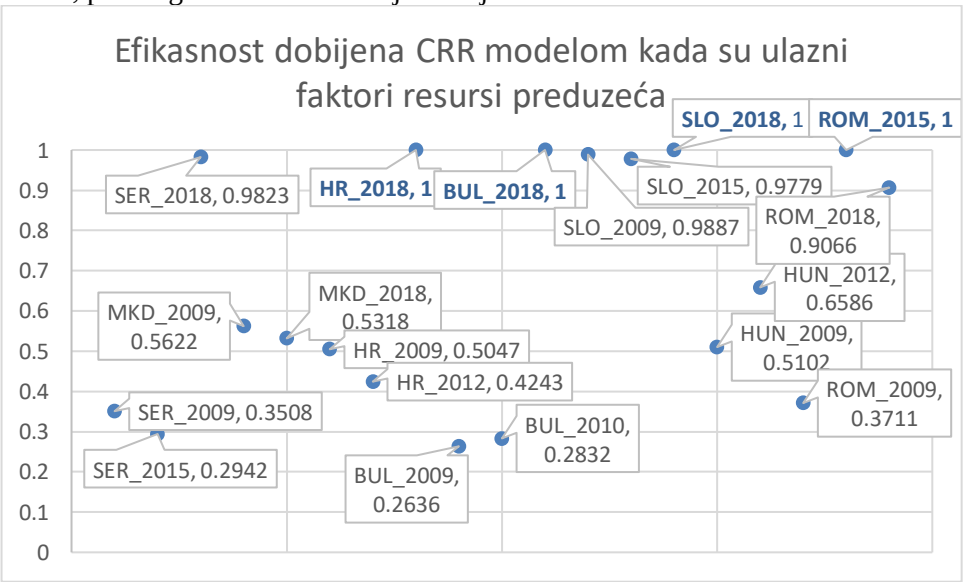
$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^{m} v_i x_{ij} \leq \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}, j = 1,2,3,..n; j \neq k; \quad (7)$$

$$v_i \geq 0, u_r \geq 0 \quad (8)$$

3. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Primenom ulazno orijentisanog CRR modela utvrđeno je da su četiri DMU efikasne u odnosu na preostale (slika 4.). Uočljive su velike varijacije efikasnosti pojedinih preduzeća kroz različite godine poslovanja. Tako, na primer, relativna efikasnost preduzeća Srbija Cargo u odnosu na dominantno efikasna preduzeća varira od 0,2942 u 2015-oj (prvoj godini poslovanja) do 0,9823 u poslednjoj godini. To smanjenje neefikasnosti, u odnosu na efikasne DMU, posledica je smanjenja osnovnih resursa, kroz smanjenje broja zaposlenih i smanjenje inventarskih parkova, pre svega kroz rashodovanje dotrajalih kola i lokomotiva.



Slika 4. Rezultati CRR modela, kada su ulazni podaci resursi preduzeća

Uz izabrane DEA modele, primenjen je ranije opisani Subramanyam algoritam, kako bi se utvrdio relativni značaj izabranih ulaznih i izlaznih faktora. Za ulazno orijentisani CRR model, kada su ulazni faktori predstavljeni izabranim resursima preduzeća, dobijeni relativni značaj faktora dat je u tabelama 6. i 7., za ulazne, odnosno izlazne faktore, respektivno.

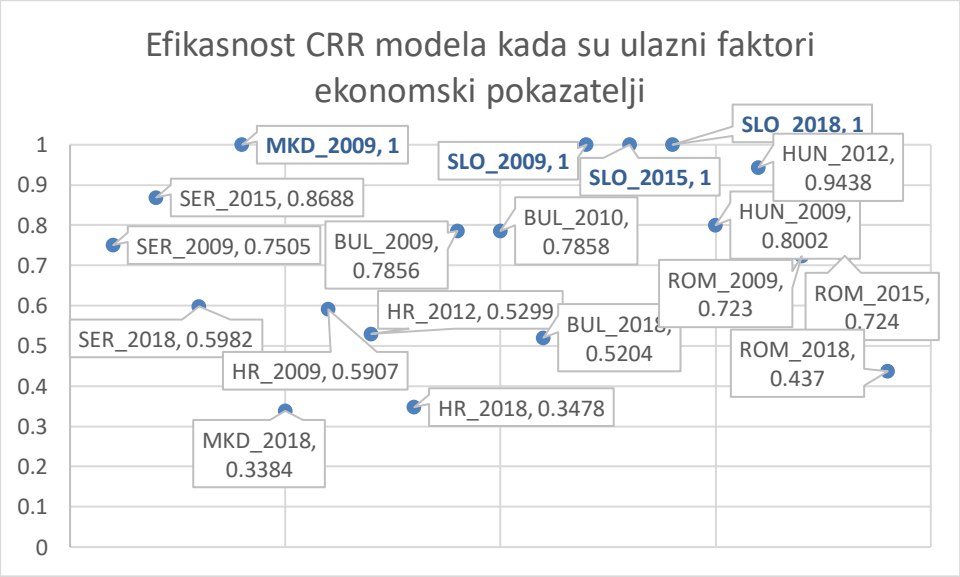
Tabela 6. Relativni rang ulaznih faktora za ulazno orijentisani CRR model, kada su ulazni faktori osnovni resursi preduzeća

Faktor	Relativni rang faktora
Broj lokomotiva	1
Broj kola	3
Broj zaposlenih	2

Tabela 7. Relativni rang izlaznih faktora za ulazno orijentisani CRR model, kada su ulazni faktori osnovni resursi preduzeća

Faktor	Relativni rang faktora
Vozni km	1
Neto tone	2
Netotonski km	3

Kada su ulazni faktori CRR modela predstavljeni baznim ekonomskim pokazateljima funkcionisanja društva (slika 5.), uočljivo je da su sve DMU koje predstavljaju železnice Slovenije efikasne u odnosu na preostale.



Slika 5. Rezultati CRR modela, kada su ulazni podaci ekonomski pokazatelji

Za ulazno orijentisani CRR model, kada su ulazni faktori predstavljeni ekonomskim pokazateljima, dobijeni relativni značaj faktora dat je u tabelama 8. i 9., za ulazne, odnosno izlazne faktore, respektivno.

Tabela 8. Relativni rang ulaznih faktora za CRR model, kada su ulazni faktori resursi preduzeća

Faktor	Relativni rang faktora
Populacija	2
BND	1

Tabela 9. Relativni rang izlaznih faktora za CRR model, kada su ulazni faktori resursi preduzeća

Faktor	Relativni rang faktora
Vozni km	1
Neto tone	2
Netotonski km	3

Da bi se utvrdio konačan i nedvosmislen rang izabranih DMU, prema efikasnosti poslovanja, iskorišćeni su Super-CRR modeli, za obe varijante ulaznih faktora. U oba slučaja, i kada su ulazni faktori predstavljeni osnovnim resursima preduzeća kao i kada su ulazni faktori ekonomski parametri društvene zajednice, najefikasnije su poslovale železnice Slovenije u 2018-oj godini (tabela 10.). Ova DMU je bila dominantna i primenom ulazno orijentisanih CRR modela za obe varijante ulaznih faktora.

U slučaju svih preostalih DMU, varijacije rezultata i ranga su značajne, osim za dve preostale DMU koje predstavljaju železnice Slovenije. Izvesne varijacije postoje i u tom slučaju, ali u znatno manjoj meri nego kod ostalih DMU. Ovo formalno potvrđuje efikasnost poslovanja železnica Slovenije u izabranim godinama, bez obzira na izbor ulaznih faktora modela.

Tabela 10. Rezultati za Super-CRR model

Redni broj	Oznaka DMU	Ulazi = Resursi preduzeća		Ulazi = Ekonomski pokazatelji	
		Rezultat	Rang	Rezultat	Rang
1	SER_2009	0.350783	16	0.750475	10
2	SER_2015	0.294153	17	0.868774	6
3	SER_2018	0.982254	6	0.598151	13
4	MKD_2009	0.562166	10	1.138265	3
5	MKD_2018	0.53177	11	0.33838	19
6	HR_2009	0.504716	13	0.590725	14
7	HR_2012	0.424294	14	0.529876	15
8	HR_2018	1.218624	2	0.347781	18
9	BUL_2009	0.263588	19	0.78556	9
10	BUL_2010	0.283222	18	0.785771	8
11	BUL_2018	1.172232	3	0.520404	16
12	SLO_2009	0.988675	5	1.061201	4
13	SLO_2015	0.977928	7	1.158854	2
14	**SLO_2018**	**1.483314**	**1**	**1.334397**	**1**
15	HUN_2009	0.510178	12	0.800199	7
16	HUN_2012	0.658643	9	0.94378	5
17	ROM_2009	0.37106	15	0.723047	12
18	ROM_2015	1.098238	4	0.724004	11
19	ROM_2018	0.906562	8	0.436958	17

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Primena DEA modela za ocenu efikasnosti u oblasti železničkog transporta nije novina. U budućnosti, može se očekivati dalje povećanje primene ove metode, s obzirom da se pokazalo da DEA modeli mogu predstavljati veoma pogodnu alatku, kako za formiranje višekriterijumskih modela, tako i za brzo i jednostavno poređenje efikasnosti sistema.

U ovom radu predstavljena su dva modela za utvrđivanje tehničke efikasnosti izabranih železničkih preduzeća za transport robe, u različitim vremenskim momentima. Iako je primena DEA modela u radu bila prilično linearna, želja autora je da u budućnosti model proširе svim raspoloživim podacima, kako bi se dobili još precizniji rezultati koji omogućavaju benchmarking u oblasti prevoza robe. Modele bi trebalo proširiti dodavanjem preostalim prevoznicima iz regiona i, po mogućstvu, proširenjem vremenskog horizonta.

5. LITERATURA

Andersen P., Petersen N. C., (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. Management Science, 39(10), 1261-1264.

Blagojević A.. (2016). Modeliranje efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera, doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

Charnes, A., Cooper W. W., & Rhodes, E. L. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research, 2, 429-444.

Subramanyam T. (2016). Selection of Input-Output Variables in Data Envelopment Analysis -Indian Commercial Banks. International Journal of Computer & Mathematical Sciences, 5, 51-57.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

TRAIN PATH ALLOCATION PROBLEM: BETWEEN DEVOTION FOR OPEN MARKET AND PRACTICE ON RAILWAYS

PROBLEM ALOKACIJE TRASA VOZOVA: IZMEĐU ZALAGANJA ZA OTVORENO TRŽIŠTE I PRAKSE NA ŽELEZNICI

Nikola Stojadinović[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, n.stojadinovic@sf.bg.ac.rs*

Apstract: *With adopting an open access policy to infrastructure, the railway sector has taken a major step towards attracting competition between railway operators. However, in recent years it has become clear that the market has not achieved the effects foreseen by the EU strategic documents. An example of (non) market functioning in practice is the procedure for allocating train paths using a priority criterion that is not based on the market value of the service but on its type. Through the method of allocation of train paths and the analysis of the used priority criteria in the conditions of competition in the market, the paper illustrates the big gap between the strategic commitment to the market opening and the current practice on the railway, which is one of the reasons for the slow railway market growth.*

Key words: *priority criteria, competition, infrastructure congestion, train timetable design*

Apstrakt*: Omogućavanjem otvorenog pristupa infrastrukturi, železnički sektor je napravio veliki korak ka privlačenju konkurencije između prevoznika. Međutim, poslednjih godina postalo je jasno da tržište nije dostiglo one efekte koji su predviđeni strateškim dokumentima EU. Jedan od očiglednih primera (ne)funkcionisanja tržišta u praksi jeste procedura alokacije trasa vozova korišćenjem kriterijuma prioriteta koji se ne zasnivaju na tržišnoj vrednosti usluge, nego prema njenoj vrsti. Kroz način alokacije trasa vozova i analize korišćenih kriterijuma prioriteta u uslovima konkurencije na tržištu, u radu je ilustrovan veliki raskorak između strateškog zalaganja za otvaranje tržišta i sadašnje prakse na železnici, što jedan od razloga sporog rasta konkurencije na mreži.*

Ključne riječi: *kriterijum prioriteta, konkurencija, zagušenje infrastrukture, izrada reda vožnje.*

1. UVOD

Model vertikalnog razdvajanja predstavlja model restrukturiranja državnih kompanija-monopolista u javnom sektoru (Pittman, 2005), koji je često korišćen u poslednjih trideset godina u Evropi u cilju stvaranja osnovnih preduslova za uvođenje konkurencije. Koristeći taj model, Evropska komisija se 1991. godine odlučila na restrukturiranje železničkog sektora kojim bi se omogućilo otvaranje železničkog tržišta. Otvaranje tržišta znači omogućavanje direktne konkurencije između usluga železničkih prevoznika u cilju podizanja kvaliteta i konkurentnosti usluga železničkog prevoza na transportnom tržištu, uz niže cene za krajnje korisnike. Danas, u gotovo svim državama članicama EU, pored istorijskih prevoznika postoji veliki broj novih železničkih prevoznika koji pružaju uslugu prevoza putnika i robe. Pod „istorijskim“ železničkim prevoznicima misli se na naslednike istorijskog (državnog) železničkog preduzeća, tj. one prevoznike koji su kroz proces restrukturiranja nastali od nekadašnjeg monopoliste. Velika većina ovih prevoznika je i dalje u većinskom vlasništvu države.

Uprkos odluci da otvori železničko tržište za konkurenciju, Evropska komisija nije promenila tradicionalni način alokacije trasa vozova, koji je korišćen u eri monopolski organizovanog železničkog sektora. Pod tradicionalnim načinom alokacije trasa vozova, podrazumeva se procedura izrade reda vožnje koja se zasniva na dodeljivanju prioriteta vozovima po kriterijumu vrste transportne usluge. Sa aspekta železničkih prevoznika, iako je železničko tržište zvanično otvoreno, njihova pozicija u proceduri izrade reda vožnje je unapred određena prema kriterijumu prioriteta vrste usluge koju oni pružaju. Ovakav način dodele trasa vozova onemogućava železničke prevoznike da se nadmeću za trase na ravnopravnoj osnovi. Odluka da se omogući

nadmetanje na tržištu nije u skladu sa tradicionalnim načinom dodele trasa vozova, koji suštinski onemogućava jednak tretman svim uslugama prevoza, pa tako i različitim železničkim prevoznicima koji ih pružaju. Drugim rečima, iako je železničko tržište otvoreno za konkurenciju, u praksi i dalje ne postoji otvoreno tržište za trase vozova. Kroz način alokacije trasa vozova i analize korišćenih kriterijuma prioriteta u uslovima konkurencije na tržištima zemalja članica EU, u radu je ilustrovan veliki raskorak između strateškog zalaganja za otvaranje tržišta i sadašnje prakse na železnici, što jedan od razloga sporog rasta konkurencije na jednoj železničkoj mreži.

2. ALOKACIJE TRASA VOZOVA – JUČE I DANAS

2.1 Alokacija trasa vozova pre otvaranja železničkog tržišta

Pre restrukturiranja železničkog sektora, problem alokacije trasa vozova se rešavao unutar nacionalne železničke kompanije u državama Evrope. Kao monopolista, ova kompanija bila je zadužena za poslove upravljanja infrastrukturom kao i za organizovanje i pružanje transportne usluge. U to vreme, proces planiranja železničkog saobraćaja odvijao se u različitim sektorima ali i dalje unutar jedne kompanije, što znači da je proces bio koordinisan. Konstruisanje reda vožnje predstavljao je instrument usklađivanja tehničkih ograničenja raspoloživog kapaciteta infrastrukture i voznog parka sa zahtevima za prevozom na jednoj mreži. Koordinacija ponude i potražnje se odvijala u cilju maksimalnog iskorišćenja kapaciteta železničke infrastrukture za tehničkog aspekta i aspekta kvaliteta transportne usluge. Istovremeno, zahvaljujući svojoj zaštićenoj poziciji na transportnom tržištu i vlasništvu nad infrastrukturom, nacionalna železnička kompanija nije imala podsticaj da koristi infrastrukturu na efikasan način, tako da su ekonomski ciljevi bili u drugom planu. Ovakve okolnosti su dovele do toga da konstrukcija reda vožnje, tj. proces alokacije trasa vozova bude tretiran pre svega kao inženjerski problem, a ne kao ekonomski (Brewer i Plott, 1996).

Gotovo čitav vek pre restrukturiranja pa sve do danas, u nacionalnim (vertikalno integrisanim) železničkim kompanijama konstruisanje reda vožnje zasnivalo se na unapred uređenoj hijerarhiji vozova koja je određivala značaj svake vrste voza (rang vozova). Svrstavanjem u određenu kategoriju, svakom vozu se automatski dodeljuje rang koji označava da li ima prioritet ili se podređuje drugim kategorijama vozova, kako u procesu alokacije trasa vozova tako i regulisanju saobraćaja u realnom vremenu. U tabeli 1 je dat je prikaz ranga vozova korišćenih u regulisanju saobraćaja vozova prilikom davanja prvenstva kod poremećaja reda vožnje, kako na mreži pruga Jugoslovenskih železnica, tako i danas na Infrastrukturi Železnica Srbije (Zajednica Jugoslovenskih Železnica, 1988). U proceduri konstruisanja reda vožnje, prve trase se dodeljuju (ucrtavaju u grafikon reda vožnje) vrstama vozova sa najvišim rangom (prioritetom), dok se trase ostalih vozova sa nižim rangom moraju prilagođavati već ucrtanim trasama u grafikon reda vožnje. U slučaju da postoji konflikt između dve trase voza istog ranga, nacionalno železničko preduzeće formira posebnu internu komisiju koja rešava problem koristeći svoje iskustvo i intuiciju. U literaturi, ovaj pristup alokacije trasa vozova je poznat kao administrativni mehanizam (Nilsson, 2002).

Tabela 2. Rang vozova na prema Saobraćajnom pravilniku korišćenom za regulisanje saobraćaja na Infrastrukturi Železnica Srbije

Rb.	Rang voza	Rb.	Rang voza
1.	Specijalni vozovi	11.	Brzi teretni vozovi
2.	EC (*Eurocity*) vozovi*	12.	Vojni vozovi
3.	IC (*Intercity*) vozovi*	13.	Brzi manipulativni vozovi
4.	Poslovni vozovi*	14.	Direktni teretni vozovi
5.	Ekspresni vozovi*	15.	Deonički teretni vozovi
6.	Brzi vozovi*	16.	Sabirno-manipulativni vozovi
7.	Ubrzani vozovi*	17.	Sabirni vozovi
8.	Putnički vozovi*	18.	Pomoćni vozovi
9.	Lokalni putnički vozovi*	19.	Službeni vozovi
10.	Ekspresni teretni vozovi		

*Označeni striktno vozovi za prevoz putnika

Takođe, pre restrukturiranja kada su upravljač infrastrukture i železnički prevoznik bili integrisani u jednu kompaniju, u veoma retkim slučajevima su nastajali konflikti između zahteva za trasama vozova. Ipak, rešavanje konflikata između zahteva za trasama su rešavani relativno lako zbog toga što su za sve učesnike procesa konstruisanja reda vožnje bile dostupne sve potrebne informacije vezane za planiranje železničkog saobraćaja i potražnje korisnika prevoza. U praksi, pristup je funkcionisao tako što je za konstruisanje novog reda vožnje korišćen je prethodni kao njegova osnova. Prethodni red vožnje bi se zatim prilagođavao novim zahtevima za

trasama kao i izmenama postojećih trasa vozova, nakon čega bi se proglasio novi red vožnje. Uopšteno govoreći, ovakav način izrade reda vožnje ili alokacije trasa vozova predstavlja centralizovani pristup, što znači da postoji jedan (centralni) subjekt koji ima glavnu i odlučujuću ulogu u konstruisanju reda vožnje, počevši od ucrtavanja trasa u grafikon pa sve do rešavanja konfliktnih zahteva za trasama (Brewer i Plott, 1996).

2.2 Alokacija trasa vozova nakon otvaranja železničkog tržišta

Nakon otvaranja železničkog tržišta, problem konstruisanja reda vožnje je postao još složeniji. Primarni razlog tome jeste što su upravljač infrastrukture, koji izdaje kapacitet železničke infrastrukture na korišćenje (u obliku trasa vozova), i železnički prevoznici kao korisnici železničke infrastrukture, sada posebne i nezavisne kompanije. Zbog ulaska velikog broja novih železničkih prevoznika na tržište, upravljač infrastrukture se sada suočava sa nekoordinisanom potražnjom za trasama vozova. Kako se broj železničkih prevoznika i njihov broj zahteva za trasama povećava, broj konfliktnih (ili neusaglašenih) zahteva za trasama potencijalno raste. Posledica toga jeste da se upravljač infrastrukture sve češće suočava sa odlukom kojem zahtevu treba dati prioritet.

Da bi regulisala rešavanje ovog pitanja, Evropska komisija je donela direktivu 2001/14/EZ (koja je kasnije zamenjena i dopunjena direktivom 2012/34/EU) kojoj je između ostalog propisana procedura za rešavanje problema konfliktnih zahteva za trasama. Direktiva dozvoljava državama članicama donošenje sopstvenog okvira za alokaciju kapaciteta i definisanje specifičnih pravila, pod uslovom da će osigurati dodeljivanje kapaciteta na ravnopravnoj i nediskriminatornoj osnovi u skladu sa regulativom tadašnje Evropske zajednice (European Commission, 2012). Upravljač infrastrukture je odgovoran za alokaciju kapaciteta, pod uslovom da je on nezavisan u odlučivanju od bilo kog železničkog prevoznika. Ako nije, alokaciju trasa vozova obavlja posebno nezavisno telo. Regulatorni okvir za alokaciju trasa vozova, Evropska komisija je uvela dve nove procedure za rešavanje mogućih konfliktnih zahteva za trasama (procedura koordinacije konfliktnih zahteva za trasama i procedura razrešenja sporova).

Tamo gde nije moguće razrešiti konfliktne zahteve u procesu konsultacija sa prevoznicima, tj. kada njihove zahteve nije moguće ispuniti na adekvatan način, upravljač infrastrukture će odmah nakon procedure razrešenja sporova proglasiti zagušenje na određenom delu infrastrukture. U slučaju da naknade za zagušenje nisu uvedene ili da ne daju zadovoljavajuće rezultate, upravljač infrastrukture može dati prioritet određenim uslugama u procesu konstruisanja reda vožnje koji će važiti samo na delu infrastrukture na kojem je proglašeno zagušenje. Kriterijum po kome se određuje prioritet će uzeti u obzir značaj usluge za društvo u odnosu na bilo koju drugu uslugu, koja će time biti isključena (European Commission, 2012). Prioriteti i kriterijumi koji će biti korišćeni u slučaju proglašenja zagušenja na delu infrastrukture su dati u Izveštaju o mreži, koji objavljuje upravljač infrastrukture. U praksi, to znači da upravljač infrastrukture nastavlja da primenjuje centralizovani pristup alokacije trasa vozova, iako samo objavljivanje definisanih kriterijuma prioriteta čini nešto transparentnijim ceo proces.

3. ALOKACIJA TRASA VOZOVA NA ZAGUŠENIM DELOVIMA INFRASTURKTURE

3.1 Pojam zagušenja železničke infrastrukture

Korišćenje tradicionalnog kriterijuma prioriteta prevozne usluge u uslovima konkurencije između železničkih prevoznika posebno je problematično kod alokacije trasa vozova na zagušenim delovima infrastrukture. Pojam zagušenja (dela) železničke infrastrukture se može posmatrati sa ekonomskog i tehničkog aspekta. Sa ekonomskog aspekta, zagušenje dela železničke infrastrukture se može definisati kao povećana potražnja za trasama na pojedinim deonicama mreže, kada tražnja u određenim vremenskim periodima nadmašuje raspoloživi kapacitet posmatrane deonice (Bassanini i dr., 2002). Sa tehničkog aspekta, do zagušenja dolazi kada postoje dva ili više zahteva za trasama vozova koji bi koristili najmanje jedan blok-odsek na deonici pruge u istom vremenskom periodu (Schlechte, 2012). Tada ispunjavanje jednog zahteva za trasom uslovljava isključenje drugog zahteva za trasom, ili njegovu izmenu (Nash i Matthews, 2005). Konfliktni zahtevi često dolaze od strane prevoznika koji pružaju različite usluge prevoza (npr. putnika i robe) na infrastrukturi za mešoviti saobraćaj. Zbog toga upravljač infrastrukture treba da donese odluku kojem vozu će dati prioritet u ispunjenju zahteva. Čak i u tim slučajevima, problem konfliktnih zahteva za trasama se rešava primenom prethodno utvrđenih kriterijuma prioriteta transportne usluge, koji najčešće nisu povezani za zahtevima tržišta ili tržišne vrednosti transportne usluge.

3.2 Analiza korišćenih kriterijuma prioriteta za rešavanje konfliktnih zahteva za trasama u državama članicama

Direktiva 2001/14/EZ je dozvolila državama članicama EU da samostalno predlože svoje kriterijume prioriteta za alokaciju trasa vozova. Ova odluka je ostavila otvoren prostor za diversifikaciju kriterijuma u davanju prioriteta u slučaju zagušenja. U tom cilju napravljen je pregled korišćenih kriterijuma prioriteta objavljenih u Izveštajima o mreži zemalja članica EU uključujući i Norvešku i Švajcarsku (ukupno 24 zemlje), koji je dat u tabeli 2. Kriterijumi prioriteta su dati prema najčešćem redosledu korišćenja objavljenim u Izveštajima o mreži (RailNetEurope). Treba imati u vidu da u pojedinim zemljama ne postoje sve kategorije vozova, što utiče na učestalost pojavljivanja određenog kriterijuma. Analizirani su kriterijumi prioriteta koji se primenjuju samo na prugama za mešoviti saobraćaj gde su potencijalno najveće mogućnosti za pojavu konfliktnih trasa.

3.2.1 Osnovni kriterijumi

Objavljeni kriterijumi za određivanje prioriteta kod svih zemalja EU se mogu sistematizovati u dve grupe: osnovni i dopunski kriterijumi (Stojadinović, 2019). Osnovni kriterijumi se koriste za rešavanje konflikata između zahteva za trasom dve različite vrste usluge (npr. međunarodnog putničkog voza i visoko frekventnog putničkog voza u lokalnom saobraćaju). Pregledom korišćenih kriterijuma prema vrsti usluge (tabela 2), ustanovljeno je da sve zemlje daju prednost uslugama putničkog saobraćaja, koji je u većem broju zemalja EU vrlo diversifikovan. Polovina upravljača infrastrukture (12 od 24 zemlje) daje apsolutnu prednost uslugama prevoza putnika od javnog interesa (svi vozovi u režimu obaveze javnog prevoza). U drugih 8 od 24 analiziranih zemalja apsolutni prioritet u odnosu na ostale vrste saobraćaja daje se putničkim vozovima visoke frekvencije ili vozovima sa taktnim redom vožnje. Kod ove grupe zemalja, putnički vozovi visoke frekvencije takođe spadaju u režim obaveze javnog prevoza (CER, 2017), tako da ovaj kriterijum uopšteno dominira nad ostalim. Odmah nakon ovih usluga, većina upravljača infrastrukture daje prioritet brzim putničkim vozovima u međunarodnom i unutrašnjem saobraćaju (15 od 24 zemlje). U grupu osnovnih kriterijuma se može svrstati kriterijum davanja prioriteta prevoznoj usluzi prema okvirnom sporazumu. U slučaju konflikta pojedini upravljači infrastrukture (10 do 24) daju prednost usluzi koju pružaju prevoznici sa okvirnim ugovorima. U pojedinim zemljama članicama EU se daje prednost teretnim vozovima u kombinovanom transportu, međunarodnim i brzim teretnim vozovima u odnosu na neke vrste putničkih vozova. U slučaju da postoji konflikt između zahteva za trasama unutar iste vrste usluge (npr. putnički-putnički, teretni-teretni) ili između zahteva prevoznika sa okvirnim ugovorima, upravljač infrastrukture primenjuje dopunske kriterijume. Uočljivo je da se upravljači infrastrukture rukovode širokim spektrom kriterijuma za određivanje prioriteta. Prema učestalosti pojavljivanja, dopunski kriterijumi se dalje mogu razvrstati na standardne i specifične.

*Tabela 3. Sistematizacija kriterijuma prioriteta za alokaciju trasa na zagušenoj infrastrukturi u državama EU**

Grupa kriterijuma	Kriterijum za dodelu prioriteta	Broj EU zemalja u kojima je primenjen
Osnovni kriterijumi	Vozovi iz režima obaveze javnog prevoza	12
	Visoko frekventni ili vozovi taktnog reda vožnje	8
	Međunarodni i brzi daljinski vozovi u unutrašnjem saobraćaju	15
	Ostali putnički vozovi (manje frekventni, regionalni i sporiji putnički vozovi)	8
	Usluge prevoza prema okvirnom sporazumu	10
	Vozovi kombinovanog teretnog prevoza	2
	Međunarodni i brzi teretni vozovi	6
Dopunski standardni kriterijumi	Vozovi koji saobraćaju na dužem prevoznom putu ili ostvaruju više voznih kilometara	8
	Vozovi koji saobraćaju u većem periodu u toku godine	7
	Vozovi veće frekvencije u toku dana ili nedelje	6
Dodatni specifični kriterijumi	Zahtev za trasom koji donosi veći prihod upravljaču infrastrukture	3
	Ranije predat zahtev za trasu voza	3
	Voz koji ima veći stepen iskorišćenja kapaciteta infrastrukture	2
	Socio-ekonomska analiza	2
	Prevoznik koji je imao veći stepen iskorišćenja trasa vozova u prethodnom redu vožnje	3
	Vozovi sa dužim vremenom putovanja	2
	Procedura javnog nadmetanja (zatvorena aukcija po najvišoj ceni)	4

*Redosled kriterijuma prioriteta objavljenih u Izveštaju o mreži pojedinih zemalja se može razlikovati od redosleda prikazanog u tabeli.

3.2.2 Dopunski standardni kriterijumi

Standardni kriterijumi se mogu pronaći kod većeg broja upravljača infrastrukture kao što je davanje prioriteta vozu koji saobraća na dužoj relaciji, zatim vozu koji saobraća veći broj dana u toku godine, kao i davanje prioriteta usluzi koja ima veću frekvenciju u toku dana ili nedelje (Stojadinović, 2019). Upravljači infrastrukture često daju prednost usluzi prevoza koja se obavlja na dužem prevoznom putu od one koja se pruža na kraćem (8 od 24). Pored ovog kriterijuma, određeni broj upravljača infrastrukture daje prednost uslugama koje se pružaju u dužem periodu trajanja reda vožnje u odnosu na one koje se pružaju u manjem broju dana tokom važenja reda vožnje (7 od 24). Sličan kriterijum ovom je davanje prednosti uslugama sa većom frekvencijom u toku dana ili nedelje (6 od 24). Pojedine zemlje kombinuju kriterijum dužine prevoznog puta i frekvencije saobraćanja tako što daju prednost usluzi koja će ostvariti veći broj voznih kilometara tokom godine (ovaj kriterijum se koristi za davanje prioriteta zahtevima za trasama koje koriste međunarodne teretne koridore).

3.2.3 Dopunski specifični kriterijumi

U izveštajima o mreži postoje i kriterijumi koje možemo označiti kao „specifični“, jer su to po svojim karakteristikama i po tome što važe samo za jednu ili dve zemlje (Stojadinović, 2019). Sa troškovnog aspekta, jedan od interesantnijih jeste davanje prednosti zahtevu za trasom koji donosi veći prihod upravljaču infrastrukture (Belgija, Nemačka i Švajcarska). Sa druge strane, u pojedinim slučajevima koriste se dopunski kriterijumi koji nisu u direktnoj vezi sa konkretnim zahtevom za trasom već zavisi od karakteristika prevoznika koji zahteva trasu i njegovog učinka. Jedan od primera jeste kriterijum gde upravljač infrastrukture više vrednuje zahtev prevoznika koji je imao veći stepen iskorišćenja železničke infrastrukture prethodne godine (Hrvatska, Nemačka i Poljska). U retkim slučajevima se koristi cost-benefit analiza, u kojoj je uključeno više faktora, pomoću koje se određuje zahtev kojem se daje prioritet (Norveška i Švedska). U slučaju da se prethodno ne pronađe rešenje za nastali konflikt između zahteva za trasama, u malom broju zemalja je propisana procedura javnog nadmetanja. U Nemačkoj, Poljskoj, Sloveniji i Švajcarskoj koristi se zatvorena aukcija po najvišoj ceni u kojoj železnički prevoznici dostavljaju zapečaćenu ponudu koju su spremni da plate za trasu koju zahtevaju. Pobednik aukcije je prevoznik sa većom ponudom koju plaća upravljaču infrastrukture.

3.3 Rezime analize korišćenih kriterijuma prioriteta

Na osnovu pregleda i sistematizacije korišćenih kriterijuma, evidentno je da se najveći broj kriterijuma zasniva na vrsti usluga. Štaviše, kriterijumi prema vrsti usluge imaju odlučujuću ulogu u davanju prioriteta zahtevima za trase u gotovo svim zemljama članicama EU. Brojnost i razrada kriterijuma upućuju na zaključak da oni zapravo postoje prvenstveno u svrhu „izbegavanja“ tržišnih kriterijuma. Njihovim korišćenjem se i dalje teži zadržavanju stanja predtržišnih odnosa i vrednovanju usluga sa aspekta društva, a ne tržišta. Sa druge strane, primena aukcije ostaje više kao iznuđeno rešenje kojim se rešava problem u slučaju da su iscrpljene sve prethodne mogućnosti a ne kao opredelenje za mehanizam pomoću koga se trase dodeljuju.

Predtržišni odnosi su se održali u većini država članica Evropske unije gde se istorijski prevoznik i dalje nalazi u državnom vlasništvu i ne suočava se sa dovoljnim pritiskom konkurencije (Driessen i dr., 2006). Ova ocena se još uvek može smatrati važećom zbog toga što prema podacima iz 2016. godine (European Commission, 2018), učešće istorijskih železničkih prevoznika na železničkom tržištu prevoza robe iznosi preko 85% u 12 država članica EU (prema ostvarenom broju voznih kilometara). Sa druge strane, učešće ovih prevoznika na železničkom tržištu prevoza putnika iznosi preko 80% u čak 22 zemlje članice EU. Ovi podaci upućuju na zaključak da je od trenutka otvaranja tržišta pa do danas razvoj konkurentnosti na železničkoj mreži išao veoma sporo, a u pojedinim periodima je bio i blokiran.

Na osnovu rečenog može se zaključiti da sadašnji način alokacije kapaciteta na zagušenoj infrastrukturi usporava razvoj konkurentnosti na železničkoj mreži ili generalno na razvoj otvorenog železničkog tržišta. Na delovima infrastrukture gde ne postoji dovoljan kapacitet za sve prevoznike, sadašnji način alokacije trasa ne donosi zadovoljavajuće rešenje za sve veći broj novih prevoznika, pogotovo za usluge veće tržišne vrednosti. Ovaj problem je izražen u međunarodnom teretnom prevozu (posebno izvan železničkih teretnih koridora) i kod pristupa velikim železničkim čvorovima gde dolazi do preplitanja/sukobljavanja potražnje za trasama različitih vrsta transportnih usluga.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Sadašnji način alokacije trasa vozova koji se koristi u Evropi sprečava dalje razvijanje železničkog tržišta, iako je to jedna od ključnih smernica transportne politike Evropske unije. Alokacija trasa vozova je jedna od procedura u železničkom sektoru koja je ostala suštinski nepromenjena nakon otvaranja tržišta. Iako je tržište železničkih usluga u Evropi zvanično otvoreno pre više od 25 godina, alokacija trasa vozova se i dalje odvija na tradicionalan način prema definisanim prioritetima, prema hijerarhiji vrsta usluge prevoza za koju se zahteva trasa.

Uvođenjem konkurencije i zadržavanjem tradicionalnog načina dodele trasa vozova, problem alokacije trasa vozova je postao složeniji za upravljača infrastrukture. Sa razdvajanjem poslova upravljanja infrastrukturom od pružanja usluge prevoza, kao i ulaskom većeg broja novih prevoznika na tržište, dolazi do nekoordinisane potražnje za trasama vozova. Zbog toga, upravljač infrastrukture se suočava sa sve većim brojem konfliktnih zahteva za trasama, i sve češće je primoran da odlučuje kojem zahtevu će dati prednost. Prilikom odlučivanja o davanju prioriteta, upravljač infrasturkture se rukovodi tradicionalnom kriterijumu prema vrsti prevozne usluge, koji ne pruža *ex-ante* ravnopravan tretman svim prevoznicima.

Pored toga, dodeljivanjem prioriteta uslugama prevoza koje su od primarnog značaja za društvo, sadašnji pristup izradi reda vožnje ne može obezbediti uslove za efikasno korišćenje raspoloživog kapaciteta na zagušenim delovima železničke infrastrukture. Rezultat toga jeste da konstruisani red vožnje ne predstavlja odraz zahteva prevoznika za trasama, a samim tim i zahteva krajnjih korisnika. Štaviše, zadržavanjem kriterijuma prioriteta prema vrsti usluge, upravljač infrastrukture nije u stanju brže da reaguje na nove zahteve za trasama u teretnom prevozu, posebno na one zahteve koje dolaze od novih železničkih prevoznika. Zbog toga, usluga prevoza robe železničkih prevoznika nije dovoljno konkurentna i atraktivna za krajnje korisnike u poređenju za uslugom koju pružaju drumski prevoznici. Daljom upotrebom kriterijuma prioriteta prema vrsti usluge kod dodele trasa vozova, ne samo da se nastavlja sa usporavanjem razvoja konkurencije na železničkom tržištu, već ne doprinosi poboljšanju ukupne konkurentnosti železničke usluge prevoza na transportnom tržištu.

U cilju stimulisanja daljeg razvoja železničkog tržišta, problem se može rešiti zamenom sadašnjeg kriterijima prioriteta transportne usluge (koji je ključan za određivanje redosleda alokacije trasa vozova) kriterijumom koji će davati prednost uslugama veće tržišne vrednosti. Prema kriterijumu tržišne vrednosti transportne usluge, prioritet se dodeljuje zahtevima za trase vozova onih prevoznika koji su za nju spremni da plate najviše. Na taj način dolazi se do reda vožnje koji možda neće maksimalno iskoristiti sav raspoloživ kapacitet ali će se dobiti red vožnje veće tržišne vrednosti. Drugim rečima, raspoloživ kapacitet bi se iskoristio na efikasan način kojim bi se privukli tokovi robe koji su, zbog navedenih nedostataka, zaobilazili železnicu kao vid transporta. Efikasna alokacija i *ex-ante* ravnopravan tretman svih železničkih prevoznika može se obezbediti uvođenjem aukcione prodaje trasa vozova. Deregulacijom načina dodele kapaciteta železničke infrastrukture uvođenjem aukcione prodaje trasa vozova omogućilo bi se stvaranje otvorenog tržišta trasa vozova koje je preduslov za ravnopravno nadmetanje između usluga železničkih prevoza. Korišćenjem aukcije, pre svega na zagušenim delovima infrastrukture, proklamovano zalaganje za tržišno nadmetanje između prevoznika bi se time konačno i dokazalo u praksi.

5. LITERATURA

Bassanini, A., La Bella, A., & Nastasi, A. (2002). Allocation of Railroad Capacity Under Competition: A Game Theoretic Approach to Track time Pricing. In M. Gendreau & P. Marcotte (Eds.), Transportation and Network Analysis: Current Trends, 1–17. Boston, MA: Springer.

Brewer, P. J., & Plott, C. R. (1996). A binary conflict ascending price (BICAP) mechanism for the decentralized allocation of the right to use railroad tracks. International Journal of Industrial Organization, 14(6), 857–886.

CER. (2017). Public Service Rail Transport in the European Union: An Overview. Brussels.

Driessen, G., Lijesen, M., & Mulder, M. (2006). The impact of competition on productive efficiency in European railways. CPB Discussion Paper. CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.

European Commission. Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 on the establishing a single European railway area (recast) (2012).

European Commission. (2018). Statistical pocketbook 2018 - EU Transport in figures. Brussels.

Nash, C. A., & Matthews, B. (Eds.). (2005). Measuring the Marginal Social Costs of Transport. Research in Transportation Economics (Research i, Vol. 14). Elsevier.

Nilsson, J.-E. (2002). Towards a welfare enhancing process to manage railway infrastructure access. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 36(5), 419–436.

Pittman, R. (2005). Structural Separation to Create Competition? The Case of Freight Railways. Review of Network Economics, 4(3), 181–196.

Schlechte, T. (2012). Railway Track Allocation: Models and Algorithms. Phd thesis. Technischen Universitat Berlin.

Stojadinović, N. (2019). Model alokacije kapaciteta železničke infrasturkture korišćenjem hibridnih aukcija. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.

Zajednica Jugoslovenskih Železnica. Saobraćajni pravilnik 2 (1988). Beograd.

http://www.rne.eu/organisation/network-statements/ (05.08.2018.)

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

LABOR DEVELOPMENT AND COMPETENCE CHANGES IN SERBIAN RAILWAYS DURING THE TRANSFORMATION PROCESS

РАЗВОЈ ЉУДСКИХ РЕСУРСА И ПРОМЕНЕ КОМПЕТЕНЦИЈА У СРПСКИМ ЖЕЛЕЗНИЦАМА У ПРОЦЕСУ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ

Vasko Ananiev Vassilev[a]

[a] *Transport University Todor Kableshkov, 158 Geo Milev str., Sofia 1574, Bulgaria, vasko.ananiev@gmail.com*

Apstract: *The objectives of studies was development of labor development plan identifying the specific competences required for each line of business and defining the structured program of staff training and development.. The methodology we use is based on the following understanding of the differences between Training, Education & Development of labor. We conducted the study in the following order:*

First: Gathering input to determine where to focus.

Second: Defining goals for Job Duties, and Job Specific Competencies that will build skills for today, or will prepare for future roles.

Third: Identifying development activities that support achievement of goals.

Fourth: Define the next steps.

The main results are following: Labor development needs have been assessed based on information from three sources: existing surveys, questionnaires and interviews with specific representatives of the target groups; A detailed list of possible competencies and areas for development has been prepared; the list of competencies is allocated in line with the core business lines.

Areas where staff training is required, namely: development of digital skills; development of managerial skills; budget planning and technical-economic planning; specific trainings for ERP systems; highly specialized trainings and re-trainings in areas related to train traffic safety and additional trainings mainly related to procurement of new equipment.

Key words: *labor development; competencies; core business lines; digital skills; managerial skills*

Апстракт: *Циљеви студија били су израда плана развоја радне снаге идентификујући специфичне компетенције потребне за сваку дјелатност и дефинирање структурираног програма обуке и развоја особља. Методологија коју користимо темељи се на сљедећем разумијевању разлика између обуке, образовања и Развој радне снаге. Студију смо спровели следећим редоследом:*

Прво: Прикупљање улаза да бисте одредили где да се фокусирате

Друго: Дефинисање циљева за посао и специфичне компетенције за посао које ће изградити вештине за данас или ће се припремити за будуће улоге.

Треће: Идентификација развојних активности које подржавају постизање циљева.

Четврто: Дефинишите следеће кораке.

Главни резултати су следећи: Потребе за развојем радне снаге процењене су на основу информација из три извора: постојећих анкета, упитника и интервјуа са конкретним представницима циљних група; Припремљена је детаљна листа могућих компетенција и области за развој; листа компетенција се распоређује у складу са основним пословним линијама.

Области у којима је потребна обука особља, наиме: развој дигиталних вештина; развој менаџерских вештина; планирање буџета и техничко-економско планирање; посебне обуке за ЕРП системе; високо специјализоване обуке и преквалификације у областима везаним за безбедност у саобраћају и додатне обуке углавном повезане са набавком нове опреме.

Кључне ријечи: *развој радне снаге; компетенције; основне пословне линије; дигиталне вештине; менаџерске вештине*

1. INTRODUCTION

The program of professional development of railway employees aims to provide a systematic approach to the planning, coordination and implementation of professional development of employees. It is primarily intended for the top management of the Company and management and employees in the department responsible for human resources development, in order to determine the need and manner of training of employees for improving their competencies necessary for:

- for quality performance of current responsibilities;
- for work in the conditions of bigger and bigger opening of the market for rail services;
- for the implementation of upcoming activities related to adjusting to EU regulations, adaptation to technological changes in infrastructure, rolling stock and means of communication.

Professional development is a planned and long-term investment in human resources. Initiative and realization of professional development are taken over by employers in order to raise the general level of knowledge and competencies within the company. Additionally, there are short-term investments in trainings, which most commonly quickly solve the lack or raise the level of some skill or concrete knowledge.

We used the results of interviews with representatives of the top management of the Company (managers coordinating the work of several departments and departments' managers) as one of the ways of collecting relevant information for analyzing the present and expected situation regarding the Company's activities and the capacity of human resources for the quality performance of these activities. The interviews were conducted on the basis of a pre-prepared and submitted questionnaire. In addition to the general issues on the basis of which the interviews were conducted, managers were also provided with a review of 22 competencies that the consulting team estimated to be relevant for quality performance of jobs in the Company, with a request to rank them according to significance.

2. METHODOLOGY

The methodology we use is based on the following understanding of the differences between Training, Education & Development of labor:

- *Training* is short term, task oriented and targeted on achieving a change of attitude, skills and knowledge in a specific area. It is usually job related.
- *Education* is a lifetime investment. It tends to be initiated by a person in the area of his/her interest
- *Development* is a long-term investment in human resources.

We conducted the study in the following order:

First: Gathering input to determine where to focus.

Second: Defining goals for Job Duties, and Job Specific Competencies that will build skills for today, or will prepare for future roles.

In order to enable identification of development areas and the specific competencies needed for successful execution of work, we developed a methodology of the needs assessment based on a questionnaire. The questionnaire was pre-distributed to the target groups, with presentations of the main aspects of the questionnaire as well as the objectives and scope of the survey. Then interviews were conducted with all respondents who were nominated by the companies.

Third: Identifying development activities that support achievement of goals.

We focused on two areas where the impact would have a positive effect in the medium and long term.

- Areas where training of employees is needed are identified. The curricula that need to be used are developed. It is also defined the scope of employees to be included in the different training modules. A training budget has been developed. It is recommended to use both basic training methods: Education through training programmes; Exposure to learning through coaching/mentoring.
- The key competences for the different groups of employees are identified, with 15 competences arranged in 4 groups. The same 15 competencies are distributed along business lines.

Fourth: Define the next steps.

3. DIRECTIONS OF CHANGES IN THE RAILWAY BUSINESS

To assess and plan human resources capacities and identify gaps that need to be addressed, including the gaps in the required and existing knowledge and skills of employees, we will use the findings contained in the report "Human Resources Management Strategy", which has been submitted to the Company in February 2018, and presented here below.

The presented human resources plan gives the prognosis of the status of current capacities in the field of human resources and labour. Assessment of the existing human resources and labour capacities in the company has been performed in relation to the future potential of the company, based on the prepared strategic plan and business operation development prospects. Strategic plan of the Company is to increase the business operation volume in the following 10 years with average annual growth of 3%. The anticipated change in labour until 2020 is in line with the pessimistic expectations in respect of business operation development and does not differ from the other offered options of capacity utilization.

In the next 10 years, it is not realistic to expect significant changes in technology level in the company operations, although modernization of railway infrastructure has started. Implementation of the new systems takes some time. It is reasonable to expect that the first systems could take off between 2023 and 2025 at the earliest, and only on around 10% of the entire length of railway lines. At the same time, closure of secondary and non-profitable railway lines is a complicated administrative procedure which implies high level of uncertainty. All the above stated does not provide enough reasons for us to foresee significant reduction in the number of employees, as is the case in the period from 2016 and 2020. Additional reason are the average indicators per employee per kilometre of railway lines for the entire period, which do not significantly differ from the same indicators in most of the EU countries.

The expected change in productivity is negligible, but the observed period is too short for strategic forecast. At the same time, rail transport is one of the most conservative systems at this technological level, i.e. at the technological level of rail infrastructure in the Republic of Serbia, although significant technological changes are ahead. Tangible results can reasonably be expected in the second half of the forthcoming 30 year period.

Forecast of needs for human resources

Implementation of main objectives lead to significantly higher needs for professionally qualified staff and changes in the structure of employees. Expected changes in key characteristics, in thereof structure and accessibility and in the process of organizing and managing, allow us to provide answers to the following questions:

(1) For what jobs should people be hired in the upcoming period?

Strategic goals and expected technological changes do not offer sufficient reasons for suggesting important changes in work positions during the observed period.

(2) What skill set is needed by the employees?

Expected technological changes include the development of digital skills with the employees.

(3) What number of employees should meet the strategic goals of the Company?

The strategic goals of the Company do not provide the appropriate basis for significant changes in the number of employees.

(4) Does the economy affect the business of the company and the ability to attract new employees?

The economic development of the country and, consequently, the development of the transport sector insufficiently contributes to the greater attractiveness of the Company when it comes to new and adequately qualified human resources.

(5) How is our community developing or changing in the upcoming period?

Ten-year period is too short, however, the main directions of movement include:

- digitialization,
- automation of administrative services,
- modernization of the system for maintenance and implementation of the core business,
- delivery of new funds.

Information Technology (IT) dramatically change the business environment. Although organizational cultures and business strategies **shape** the way IT technologies are used, it is often the case that the impact is much stronger in the opposite direction. IT technologies significantly influence strategic possibilities and create conditions and raise questions for the managers to think about the numerous aspects of their business.

The main trends and innovations in the rail sector are based on integrated technologies, i.e. analogue components that approach digital ones (computer equipment, servers, sensors ... interconnected with different and increasingly accessible communication networks). Railway users expect complete digital communication and information transmission. Since the rail transport is significantly more complicated than the road, an integrated system should be considered.

Gap analysis

(1) What are the new needed jobs and skills?

- Physical asset management of the Company *(Enterprise Asset Management (EAM))*, industrial internet technology *(Industrial Internet of Things (IIoT))* and data analysis represent the tools, which were unthinkable only 20 years ago, which enable operators to provide more efficient management of railway corridors.
- Today's rail industry needs to focus on networks that are needed for future rail passengers and begin implementing the solutions that will allow rail property owners to effectively manage it and to manage railway infrastructure.

The growth of the population around the world encourages a growing trend of urbanization, while moving residential areas further away from city centers, which creates an increasing need for rail services to and from urban centers.

The widespread telematics technologies in rolling stock components have transformed new wagon fleets into mobile super-computers on rails, capable of controlling their own condition in real time. Telematics technologies enable the monitoring of large systems on rolling stock, for example, mobile platform systems, braking systems, door systems, etc.

Operators now include sources of external data in their rail systems. For example, weather data and weather forecasts are useful in predicting possible interruptions in operation and predicting high-risk circumstances, that is, storms. By integrating these databases into management systems, operators acquire the ability to better prepare for undesired situations and manage more effectively when they occur.

Increased security of assets through an analysis of the history of failures and repairs.

Analytical insight into the performance of assets and maintenance.

Longer life-cycle of assets by simplifying the storage process in the proper state.

Analysis of the utilization of human resources in real time for the better productivity of employees.

Easier monitoring of complaints and warranties through work that implies the principle of a centralized database.

New technologies offer railway operators the chance to successfully adapt to a changing landscape of public transport, for example, switching from reactive or time-defined maintenance to budgetary maintenance or maintenance based on the existing state.

(2) Do our employees have the necessary skills?

Expected developments and analyzes indicate the need for training in the following areas:

- development of digital skills,
- development of managerial skills,
- budget planning and technical-economic planning,
- specific training for ERP systems,
- highly specialized trainings and re-trainings in areas related to train traffic safety and additional training mainly related to procurement of new equipment.

(3) Are employees allocated according to their capabilities?

At the moment, there are not enough reasons to indicate the opposite. Changes in the structure of employees as a result of restructuring can lead to temporary deviations. An example may be a mismatch resulting from the application of the voluntary criteria in determining technological surpluses.

(4) Is the existing human resources practice appropriate to achieve our future goal?

Changes are needed in the system for determining employee salaries.

Changes are needed in the system for determining the individual contribution.

A system is needed to protect the Company from the outflow of certain occupations.

Changes in corporate culture are also needed as a motive for work

4. IDENTIFICATION OF SPECIFIC COMPETENCIES FOR EACH LINE OF BUSINESS

In view of more intensive improvement of modern market principles of business operation, we has analyzed the existing transport capacities of the national infrastructure manager, the realized volume of passenger and freight transport, and the existing international best practice in railway sector in order to define the proposal for the division of business operations of the Company into separate lines of business. Based on the performed analysis and through active and constructive communication with the competent organizational segments of the national infrastructure manager, the proposal is made to divide the entire business operation into two individual lines of business. The defined lines of business include passenger and freight transport. Each of the individually defined lines of business is divided into main and secondary lines. Main lines are those which are designated as having significant importance for the transport of freight and passengers and, in the light of that, are located within Corridor X. (Schut, Wisniewski 2015).

We deems that such division of lines of business comprises all of the most important elements of the business model of the Company that classification was performed according to the actual and forecast transport capacities of the Company, as well as that such division indetermined based on certain good examples of international practice and experience.

One of the conclusions that can be drawn from the survey is that the full implementation of the proposed business model based on the described business lines requires, above all, the development of specific competences in human resources. To this end, we propose a distribution of the 15 competencies ranked according to the business line levels in the model, which we consider to be sufficient at this stage as a basis for improvement.

Table 4. Specific competenses for Infrastructure management

Passenger tr.km	Occupational Health and Safety and Traffic Safety Conscientiousness, commitment and personal integrity Diversity and inclusion management Knowing the business and business environment Efficient decision-making Relations to clients Planning and organization Knowing the regulations, processes and procedures Work standards Contribution to team success
Freight tr.km	Determination of strategic directions Acceptance of learning Training of others / talent development Knowing the business and business environment Efficient decision-making Relations to clients Planning and organization Knowing the regulations, processes and procedures Work standards Contribution to team success

Table 5. Specific competenses for passenger services

International traffic	Occupational Health and Safety and Traffic Safety Conscientiousness, commitment and personal integrity Diversity and inclusion management Determination of strategic directions Acceptance of learning Training of others / talent development
Regional traffic	Knowing the business and business environment Efficient decision-making Relations to clients Planning and organization Knowing the regulations, processes and procedures Work standards Contribution to team success
Local traffic	Knowing the business and business environment Efficient decision-making Relations to clients Planning and organization Knowing the regulations, processes and procedures Work standards Contribution to team success
Other	Determination of strategic directions Acceptance of learning Training of others / talent development Delegating responsibility Leading high performance teams

Table 5. Specific competenses for passenger services

Conventional freight transport performed by using standard box wagons and other similar types of wagons	Knowing the business and business environment Efficient decision-making Relations to clients Planning and organization Knowing the regulations, processes and procedures Work standards Contribution to team success
Bulk Goods	Occupational Health and Safety and Traffic Safety Conscientiousness, commitment and personal integrity Diversity and inclusion management
Liquids	Occupational Health and Safety and Traffic Safety Conscientiousness, commitment and personal integrity Diversity and inclusion management
Container Transport	Determination of strategic directions Acceptance of learning Training of others / talent development Delegating responsibility Leading high performance teams

5. NEEDED COMPETENCE CHANGES

Based on the interviews with managers, collected and processed information related to their preferences from the proposed list of 22 competencies and reviewing current and future activities of the Company, the Consulting Team made an overview of the most important competencies required both for the needs of selection, recruitment, retention and improvement of employees, as well as for directing their training and the improvement of knowledge and skills so as to improve the efficiency and quality of work (Itika, 2011).

For the purposes of this project, the Consulting Team has compiled a list of 15 competencies that we consider to cover all relevant areas that reflect the necessary skills, knowledge and behaviours of both managers and specialists (with potential) that can be involved in talent management. When establishing the list, a combination of individual competences was made, from the list discussed in interviews with managers, and some of the competences that were not included in the list were included, and for which we concluded that they are important for the good performance of managers and/or specialists. The competencies are classified into four groups according to their similarity: Key values of the Company; Change management; Result management and Leadership and management.

Below are descriptions of each of the 15 competences**:**

1. Safety and health at work and traffic safety
2. Awareness, commitment and personal integrity
3. Manages diversity and inclusion
4. Determination of strategic direction
5. Accepting learning
6. Training others / building talents
7. Knowledge of business and business environment
8. Efficient decision making
9. Relations to clients
10. Planning and organizing
11. Knowledge of regulations, processes and procedures
12. Work standards
13. Contribution to the success of the team
14. Delegating responsibility
15. Leading teams with great results

6. RESULTS

- A methodology has been developed for the preparation of the main directions of the Labour Development plan, the methodology being adapted to the needs of Serbia's railway transport;
- Labor development needs have been assessed based on information from three sources: existing surveys, questionnaires and interviews with specific representatives of the target groups;
- Development of the proposed curricula was approached in such a manner that the curricula (the particular part of the document containing curricula) fits the standard fulfilling format and minimum of content requirements so that they can be validated on the territory of the Republic of Serbia;
- A detailed list of possible competencies and areas for development has been prepared, allocated in line with the core business lines.

7. CONCLUDING CONSIDERATIONS

Expected developments and analyzes indicate the need for training in the following areas:

- development of digital skills,
- development of managerial skills,
- budget planning and technical-economic planning,
- specific trainings for ERP systems,
- highly specialized trainings and re-trainings in areas related to train traffic safety and additional trainings mainly related to procurement of new equipment.

Currently, there are not sufficient reasons to indicate that the employees are not assigned in line with their capabilities. Changes in the structure of employees, as a result of restructuring, may lead to temporary derogations. These are, for example, deviations in reducing the number of drivers or deviations resulting from the application of the voluntary criteria in determining technological surpluses.

In order to achieve the future goal:

- Changes are needed in the system for determining employees' salaries.
- Changes are needed in the system for determining the individual contribution.
- A system is needed to protect the company from the outflow of certain occupations.
- Changes are also needed in corporate culture as a motive for work.

The necessary competencies for quality job performance in the workplace are primarily: teamwork, adaptability, knowledge of regulations, processes and procedures and it is followed by interpersonal relations, identification of problems and causes, solution development.

As for the need for professional and managerial training, the prevailing attitude is that for quality work performance professional knowledge is more crucial, but managerial trainings. For successful business, interpersonal relationships are very important, and given the large territorial dispersion of employees, managers should be trained by sections how to run their local teams.

Regarding the effects of previous training and professional development, the opinion is that they were very useful. The most commonly implemented are specific professional trainings related to the introduction of new rolling stock and equipment (carried out by equipment suppliers), as well as other professional trainings offered on the market. Management skills and knowledge were not subject of trainings.

The Labor Development Plan must be implemented in an integrated manner with the Performance Management Plan. If at least one training cycle is not implemented within the next 3 years, and if human resource management is not based on the development of the competences envisaged, assessing performance - there is a risk. The risk is related, above all, to the expected development of the rail transport market in Serbia and in the region. Risk remains, even if the rail market does not develop rapidly, given the speed of technological and economic changes in Serbia and the region.

8. REFERENCES

Ahmed Zeen EL Abeden, (2011) Human Resourse Planing,

Britain's future - Britain's railway (2015) www.raildeliverygroup.com

D. Schut, J. Wisniewski, A global vision for railway development, UIC Communication Department, ISBN: 978-2-7461-2449-3

Francesco D'Aprile, (2017) Cultural differences and Business Development Challenges and Opportunities for Management Consultants, P&D Consulting

https://www.slideshare.net/ahmedzeen6/human-resource-planning-hrp

Josephat Stephen Itika , Fundamentals of human resource management, ISBN 978-90-5448-108-9, University of Groningen / Mzumbe University, 2011

Roderick A.Smith, (2001) Railway tehnoligy – The last 50 years and future prospects, Japan railway and transport review, p.16-24

Transport Focus: Rail Passengers' Priorities for Improvement: 2017 www.cie.uk.com

UIC, Railwy transport and environment – facts and figures (2014) www.uic.org

Маргарита Харизанова, Надя Миронова, Татяна Щетинска, (2009) Функционален анализ на системата за управление на човешките ресурси; Икономически алтернативи, брой 5, JEL: 015.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

DEVELOPMENT OF COTIF´S UNIFORM RULES FOR THE INTERNATIONAL OPERATION OF RAILWAY VEHICLES

Dragan Nešić[a], Bas Leemakers[a]

[a] *Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail – OTIF, Expert in Technology Section, Gryphenhübeliweg 30, Bern 3000, Switzerland, Dragan.Nesic@otif.org, Bas.Leermakers@otif.org*

Apstract: *Before their introduction into COTIF´s Uniform Rules, the conditions for accepting railway vehicles in international traffic were organised among rail companies in the form of the RIV and RIC agreements, which were coordinated by the non-governmental International Union of Railways (UIC). COTIF 1999 and its Appendices APTU and ATMF, which entered into force in 2006, moved responsibility for the admission of railway vehicles in international traffic from railway companies to government authorities. In 2015, OTIF started drafting a new Appendix H to COTIF with the aim of harmonising the principles for the cross-border operation of both vehicles and complete trains in order to help make international railway operations more efficient. This paper reviews the development and substance of the existing Appendices F (APTU UR) and G (ATMF UR) and the rationale underpinning the development of the new Appendix H (EST UR) to COTIF.*

Key words: *COTIF, admission of railway vehicles, railway system, interoperability, safe operation of trains*

1. INTRODUCTION TO APTU AND ATMF APPENDICES

Before APTU and ATMF, the conditions for accepting railway freight wagons and passenger vehicles into international traffic, including the technical specifications, were organised among rail companies in the form of the RIC (Regolamento Internazionale delle Carrozze) and RIV (Regolamento Internazionale Veicoli) agreements, which were coordinated by UIC.

With the adoption in 1999 of APTU (Appendix F to COTIF) and ATMF (Appendix G to COTIF) and their entry into force in 2006, the international acceptance of railway vehicles became a competence of state authorities rather than railway companies. The provisions included the mutual recognition of technical approvals between national authorities. APTU and ATMF set out the general principles and responsibilities, but the content and how to implement the rules in practice still had to be developed in detail.

During the time that elapsed between the adoption of APTU and ATMF in 1999 and their entry into force in 2006, the European Community developed its railway legislation to a considerable extent, leading to inconsistencies between European law and APTU and ATMF. As a result of these inconsistencies, and since full compatibility between the OTIF and EU legal systems had not yet been achieved, in 2006 the Member States of the European Community submitted declarations in accordance with Article 42 of COTIF not to apply the APTU and ATMF Appendices (The EU Member States started lifting their reservations against the APTU and ATMF Appendices in July 2011 and this process was completed by July 2016. Since then, all EU Member States have applied APTU and ATMF). To resolve the situation, modifications to APTU and ATMF were required and developed in a series of amendments explained in more detail below.

2. THE FIRST SET OF AMENDMENTS (2004-2010)

2.1 First “Schweinsberg group”, 2004-2006

A specific working group, the so-called “Schweinsberg group”, named after Mr Ralf Schweinsberg, Vice-President of the German Eisenbahn-Bundesamt, who chaired the subgroup, was set up in 2004 to analyse the problems resulting from the inconsistencies between European railway law and APTU/ATMF and to find possible solutions. By June 2006, the group had analysed the approval procedure for vehicles in the European

Community and the admission procedure in accordance with ATMF and concluded that there was a lack of compatibility between these two approaches. It drafted proposals for amendments to APTU and ATMF and proposed transitional solutions for rolling stock marked in accordance with RIV and RIC. The group concluded that mutual acceptance would require equivalence between the technical requirements of the Technical Specifications for Interoperability (TSIs) and the corresponding APTU Annexes, which later became the Uniform Technical Prescriptions (UTPs).

The proposals to amend APTU and ATMF were submitted to the Committee of Technical Experts (CTE) in June 2007, which decided that the APTU and ATMF needed to be revised in order to be simplified, to take into account developments in European law and to include entities in charge of vehicle maintenance (ECMs). At the same session, the CTE also set up a working group to deal with legal questions (referred to in this paper as WG LEGAL) in connection with the amendments to APTU and ATMF.

2.2 The ad hoc working group for legal questions, 2007

WG LEGAL started its work by discussing the conditions under which the OTIF admission and authorisation of vehicles according to European law could be deemed to be equivalent (current Article 3a of ATMF). Furthermore, WG LEGAL also discussed the broader link between the European Interoperability Directive and the APTU and ATMF Appendices.

One of the conclusions was that UTPs, which were to be developed under APTU, should be equivalent to the European TSIs.

With regard to the further revision of APTU and ATMF, WG LEGAL suggested that the Schweinsberg group should be reactivated and given the task of looking at whether further amendments to APTU and ATMF were necessary.

2.3 The second Schweinsberg group, 2008-2009

The second Schweinsberg group analysed developments in the European legislation, especially the new Interoperability Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008, and the preparation of the new elements in the Safety Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 and suggested amendments, including:

- for vehicles fully in conformity with the provisions of the UTPs, the full mutual acceptance of vehicles under both European legislation and COTIF would be ensured, provided a number of precise conditions were met (Article 3a § 1 and 2 and Article 6 § 3 of ATMF).
- For vehicles not fully in conformity with these provisions, checks that had already been carried out should not be repeated, but should be mutually accepted. In addition, it would be possible to admit vehicle types (Article 6 § 5 of ATMF).
- Introduction of the concept of Entity in Charge of Maintenance (ECM - Article 15 of ATMF) and the requirement that before being admitted to operation, each vehicle would be required to have an ECM assigned to it (Articles 2 and 15 of ATMF). ECMs for freight wagons had to be independently certified.
- Transitional provisions were also suggested, including grandfather rights for RIV, RIC and other vehicles admitted and marked according to bilateral or multilateral agreements between the Contracting States and notified to the Organisation (Article 19 of ATMF).
- A two-column layout in UTPs (Article 8 § 9 of APTU) showing, for information only, the corresponding TSI provisions in the right-hand column.

The proposals to amend APTU and ATMF were reviewed by the CTE and submitted to the Revision Committee for adoption in 2009. These modifications to APTU and ATMF entered into force on 1 December 2010.

3. THE SECOND SET OF AMENDMENTS (2012 – 2015)

Unlike COTIF, the European regulations contained overarching safety management principles in the Safety Directive 2004/49/EC and its amendments. These provide that Railway Undertakings (RUs) and Infrastructure Managers (IMs) have shared responsibility for the safe operation of the railway system. This was increasingly important with the introduction of new TSIs, which assumed systematic safety management and, in return, permitted a degree of technical freedom. A new question was raised as to whether COTIF was sufficiently compatible with this technical freedom. In 2012 the CTE concluded that it was necessary to develop COTIF further with respect to safety responsibilities and safety management in a way that would continue to allow UTPs to be fully equivalent to TSIs.

3.1 The ad-hoc subgroup for safety, 2012-2013

In order to analyse the above subjects in detail the ad-hoc subgroup for safety was established in 2012. The aim of the subgroup was to analyse what was needed and the possibilities in terms of developing certain safety management principles in OTIF's regulations. The ad-hoc subgroup recommended a step by step approach, where the first step would be to revise the UTP WAG by including provisions relating to train composition and responsibilities concerning the safe use of wagons. As a second step, it advised including the safety management principles in ATMF. In 2013 the CTE endorsed the ad-hoc safety subgroup's conclusions and implemented the first step by adopting a revised UTP WAG.

3.2 The ad-hoc subgroup for ATMF, 2013-2014

In 2013, the CTE also initiated the next step, which aimed at revising ATMF in relation to safety aspects. In order to facilitate the work an ad-hoc subgroup was established to revise ATMF. The work was based on the results and recommendations of the ad-hoc subgroup for safety. The new group recommended several amendments, including a new Article 15a concerning the responsibilities for train composition and operation and modifications to bring ATMF into line with the latest developments in European law.

In 2014 the CTE endorsed the proposed changes to ATMF and submitted them for adoption to the 25th Revision Committee, which convened in the same year. Following their adoption the modified APTU and ATMF entered into force on 1 July 2015.

4. THE THIRD SET OF AMENDMENTS (2015 -2019)

After the adoption of the fourth railway package in the European Union in 2016, and in particular the recast Interoperability Directive (EU) 2016/797 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 and the recast Safety Directive (EU) 2016/798 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016, the European Union changed several provisions which had previously been harmonised with APTU and ATMF. On the basis of an analysis carried out by the European Commission and the OTIF Secretariat, the WG TECH prepared modifications to APTU and ATMF to ensure continued harmonisation with European law.

The modification of ATMF was necessary in order to harmonise some terminology with new European law and to take into account some procedural changes within the European Union, particularly the fact that the EU Agency for Railways (ERA) would have the competence to issue vehicle authorisations. This would make ERA, de facto, the competent authority (in the meaning of Article 5 of the ATMF UR) for OTIF Contracting States that are also members of the European Union.

Another modification was required to introduce, the concept of "area of use" of a vehicle, which was also introduced in European law, indicating the network or networks where a vehicle can be used.

Further modifications were required such as to allow joint vehicle registers to be set up by a group of states, i.e. a single European Vehicle Register in the European Union.

The modification of APTU would require future UTPs to define requirements that apply when existing subsystems (e.g. rolling stock) are renewed or upgraded and the parameters to be checked by the RU to ensure compatibility between vehicles and the routes on which they are to be operated.

In 2017 the CTE endorsed the proposals and subsequently submitted them to the Revision Committee which adopted them at the 26th session in 2018. Subject to the conditions set out in Article 35 § 3 of COTIF, these amendments entered into force on 1 March 2019.

5. NEW APPENDIX H – THE SAFE OPERATION OF TRAINS IN INTERNATIONAL TRAFFIC

Although the *transport* of goods and passengers by rail had been international for a long time, as evidenced by the 125th anniversary of COTIF, rail transport *operations* are often not international. Therefore, in order to facilitate not only the exchange of vehicles, as covered by ATMF today, but also cross-border operation of complete trains in international traffic, the new Appendix H has been prepared.

5.1 The concept behind the new Appendix H

The aim of Appendix H is to contribute to making it possible for trains to be operated across borders under the responsibility of one railway undertaking. To this end, Appendix H harmonises the criteria on the basis of which states issue Safety Certificates to railway undertakings, so that one railway undertaking can obtain safety certificates for multiple states. Each state would remain responsible for issuing safety certificates for its territory, so there would not be automatic mutual recognition of safety certificates. However, states should mutually recognise the results of assessments made by the authorities of other states. Each state would be required to supervise the Safety Management System (SMS) of RUs for which they have issued Safety Certificates. All RUs should develop their SMS based on Common Safety Methods (CSM), which will need to be developed for this purpose (Leermakers, 2018).

The new Appendix H is intended to be applied by states which already apply APTU and ATMF. States that declare that they will not apply the new Appendix H may continue to apply ATMF.

5.2 Next steps

The new Appendix H was reviewed and endorsed by OTIF´s 26th Revision Committee in March 2018 and subsequently submitted to the General Assembly for decision in September 2018.

After being adopted by the General Assembly at its 13th session, the new Appendix H would enter into force twelve months after subsequent approval by two-thirds of the Member States. This may take several years.

6. COORDINATION BETWEEN THE OTIF SECRETARIAT AND THE EU

The aims and objectives of EU law and COTIF are not identical; however, compatibility between the two is essential so that railway vehicles can be freely used in all Contracting States, irrespective of whether or not they are also members of the EU. Since the adoption of the APTU and ATMF Uniform Rules in 1999, establishing and maintaining such compatibility has been one of the priorities of all parties involved.

With a view to establishing and maintaining such equivalence, the OTIF Secretariat, the European Commission’s DG MOVE and ERA signed a cooperation agreement, the so-called Administrative Arrangements, in Brussels, on 24 October 2013. These arrangements enable effective coordination between the three parties and, for example, make it possible to represent the interests of non-EU OTIF Contracting States (CS) at ERA meetings. On the basis of the agreement, the three parties cooperate to ensure that developments in European law or COTIF do not compromise compatibility between the two.

At OTIF´s WG TECH meetings, ERA presents and discusses on-going projects on draft ERA recommendations, advice and opinions which may be of relevance in terms of equivalence. This also allows non-EU OTIF CS to be aware of these developments and to take part in the discussion.

Before ERA´s work to draft provisions reaches its final stage, ERA invites the OTIF Secretariat to consult the non-EU OTIF CS on the draft EU rules, e.g. TSI revisions. This allows the non-EU OTIF CS to analyse and comment on the text proposals of ERA. After such consultations, ERA also explains to WG TECH how it has considered the feedback received during the consultation.

This coordination is challenging and requires synergy between the parties to the arrangements. At the same time, this work is very important, as it contributes to ensuring that EU railway legislation develops in a way that is compatible with COTIF.

7. CONCLUSION

Since 2010, equivalence has been established between the OTIF and EU rules concerning vehicle admission, facilitating the exchange of freight or passenger vehicles across the borders of OTIF Member States.

Maintaining the established equivalence between EU law and COTIF is a challenging task which requires that the OTIF Secretariat and the EU work closely together.

As a next step, introducing the new Appendix H would further harmonise safety principles for the cross-border operation of trains and would help to improve the efficiency of international rail traffic.

8. REFERENCES

Agreement between the Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail (OTIF), the Directorate General for Mobility and Transport of the European Commission (DG MOVE) and the European Railway Agency (ERA), Brussels, 24.10.2013 (http://otif.org/fileadmin/user_upload/otif_verlinkte_files/08_Presse/Com_Presse/CP_2013/A_57-21_501_2013_25_11_2013_e_OTIF-EU-ERA_AA_Brussels_24_10_2013.pdf)

APTU – Appendix F to COTIF 1999, in the revised version that entered into force on 1 July 2015. (http://www.otif.org/fileadmin/user_upload/otif_verlinkte_files/07_veroeff/03_erlaeut/09_Appendix_F.pdf)

ATMF – Appendix G to COTIF 1999, in the revised version that entered into force on 1 July 2015 (http://www.otif.org/fileadmin/user_upload/otif_verlinkte_files/07_veroeff/03_erlaeut/10_Appendix_G.pdf)

Bas Leermakers (2018), Uniform Rules concerning the Safe Operation of Trains in international traffic (EST), Bulletin of International Carriage by Rail No.2, 9-11.

(http://otif.org/fileadmin/new/5-Media/5B-Bulletin/2018/Bulletin_2_2018_E.pdf)

COTIF – Convention concerning International Carriage by Rail as amended by the Vilnius Protocol, in force from 1 July 2006, in the version applicable from 1 July 2015

(http://www.otif.org/fileadmin/user_upload/otif_verlinkte_files/07_veroeff/03_erlaeut/02_Basic_Convention.pdf)

Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on safety on the Community's railways and amending Council Directive 95/18/EC on the licensing of railway undertakings and Directive 2001/14/EC on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0049&from=EN)

Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 on the interoperability of the rail system within the Community (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0057&from=EN)

Directive (EU) 2016/797 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 on the interoperability of the rail system within the European Union

(https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L0797&from=DE)

Directive (EU) 2016/798 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 on railway safety (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L0798&from=de)

RIC – Regolamento Internazionale delle Carrozze (RIC Agreement)

RIV – Regolamento Internazionale Veicoli (RIV Agreement)

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

MARSHALLING YARDS: NOISE REDUCTION BY VARIABLE ROLLING RESISTANCE

Adrian Wagner[a], Gernot Heil[b], Frank Michelberger[a]

[a] *University of Applied Sciences, Carl Ritter von Ghega Institut – St. Pölten Matthias Corvinus-Straße 15, St- Pölten 3100, Austria, adrian.wagner@fhstp.ac.at, frank.michelberger@fhstp.ac.at*

[b] *Austrian Federal Railway (ÖBB) – Infrastructure AG, Praterstern 4, Wien 1020, Austria, gernot.heil@kopfzeile.at*

Apstract: *Marshalling yards are necessary for the single wagon load traffic. Unfortunately, conventional braking systems produce noise emission. Therefore, different research projects have taken place to find out how and in what form emissions can be reduced. One possibility is to use a braking system with variable rolling resistance which can be individually steered for each freight wagon. In order to verify the present idea, an experimental investigation was carried out on a model. For this purpose, a ramp with a brake section was realised on a reduced scale. It was found, that the coefficient of friction can be increased by a factor of nine. Although the acoustic emissions could be reduced and theoretically a sufficient braking force can be generated, further in-depth research is necessary to be able to make statements about the exact braking force, its control and wear.*

Key words: *Marshalling yard, shunting yard, rail freight, single wagon transport, braking systems*

1. INTRODUCTION

Even though marshalling yards are indispensable, especially for single wagonload freight traffic by rail, noise pollution is still high and must be avoided as far as possible, as more and more residential areas are being created around these operating stations. It is therefore in the interest of the operator to take appropriate measures to improve the ideal continuity of the already weakened single wagon traffic. However, these installations of the marshalling yards have experienced only few improvements over the course of their existence, which – as a consequence – means that those systems have remained on the same level for the last decades (Kalteis, 2018). Braking systems are a major factor in these noise sources. Even if these systems continue to meet the technical requirements, they are particularly noise intensive. In addition to emissions, physical activities of the marshalling personnel are also a source of danger. For this reason, some of the infrastructure owners have a vision of automating these operating points.

1.1 Current situation (field introduction)

Marshalling yards are special freight railway stations which serve the purpose of dissolving and reassembling freight trains. In the process, freight trains are separated, for example, by a gravity marshalling hump, and the individual wagons are reassorted. This principle is applied to wagons which have the same destination. New block trains are then formed from such wagon groups. In order to stop the freight wagons in the directional track, various braking systems are used, depending on the state of the art at the time the marshalling yard was built as well as on national guidelines. The most common methods on Austrian marshalling yards are beam retarders (different designs) brake shoes, and small piston brakes (retarders) (Wagner, 2018). Some research institutions are currently working together with the Austrian Federal Railway on the topic of optimise marshalling yards. For example, research is carried out on a research project to develop a decoupling robot and a project on automatic shunting (FFG web page, 09.05.2019). Therefore, one of these research projects examined whether there are alternative braking systems which correspond to the advantages of conventional braking systems but at the same time are low-noise and should save the costs of expensive infrastructure measures. In this sense, investigations were carried out in the framework of two master theses (to this topic from Martin Kalteis) and as part of a project focusing on innovative low-noise and low-wear braking systems (StilvA). In all cases, the alternative to conventional, noise-intensive braking systems had been evaluated. The focus of this paper is on improving emissions by variable rolling resistance.

2. METHODS

Initially, the project StilvA sketched out solutions to the problem at hand on an abstract level, with the main question being: "How can a rolling vehicle be braked?" In this case, the necessary braking corresponds to the braking force exerted along an effective braking length. With this physical basic function of a force which is necessary to break a rolling freight wagon, the solution to this problem can be found in a variety of ways. In the course of this project, workshops were held with scientists and experts from various disciplines. It was important that they did not come from the railway sector and were therefore able to develop creative solutions without bias. The result was a matrix containing different possibilities to brake a car. With the matrix, completely new combinations could be created and described. From these variants, realistic approaches were tested and evaluated for their feasibility. One of the variants that seemed to be feasible was the idea of "variable rolling resistance" which is described in this paper. In addition to a simulation and corresponding predictions, a model of the brake system on the scale of a mine railway was built in the course of the project. This enabled various tests to be simulated and evaluated.

2.1 Hypothesis

As mentioned before the use of a "variable rolling resistance" is mentioned as a possibility for less noisier braking at the rolling systems of marshalling yards. In conventional braking systems such as beam track brakes or piston brakes, the contact pressure or lifting movement acts directly on the wheels of the freight wagons, causing the wagons to decelerate. However, rolling resistance also makes a small contribution to breaking the freight wagons. Increasing the rolling resistance would therefore increase braking performance and ideally do all the braking work. However, the rolling resistance must be controllable, as different wagon materials are used in terms of the number of axles, bearing equipment, etc., which have different mileages. The physical relationship between the rolling resistance and the braking torque can be determined by the wheel diameter:

$$Mw = Fw * r$$

Mw = braking torque | Fw = rolling resistance | r = running circle diameter

If the braking torque required for breaking a freight wagon is known, the required rolling resistance can be calculated from the wheel diameter. Approximation:

$$Fw = Fq * \mu$$

Fw = rolling resistance | Fq = vertical weight force | μ = rolling resistance coefficient

μ is about 0.001-0.002(Grote, 2014). Since the vertical weight force (Fq) and the tread diameter (r) cannot be changed, the rolling resistance coefficient (μ) must be examined more closely.

$$\mu = \frac{f}{r}$$

μ = rolling friction resistance | f = lever arm of the rolling friction | r = running circle diameter

The lever arm of the rolling friction is the main factor in the calculation of the rolling resistance: if it is increased, the rolling friction resistance increases, which is decisive for the braking torque. Based on the calculations carried out, an experimental evaluation was planned. In the braking area, the wheelsets were guided by special guide rails to absorb the transverse and vertical forces. The space between the groove or the steel profile fills an elastomer, which represents the variable rolling resistance. The system can be filled with liquids or air. If the pressure of the cavity is increased, the elastomer extends upwards and adheres to the tread of the wheels, resulting in increased rolling resistance. In its inactive state, there is no contact between the tread and the wheels. If the elastomer is put under pressure, there is contact between the tread of the wheel and the flange. The following figure illustrates this process graphically:

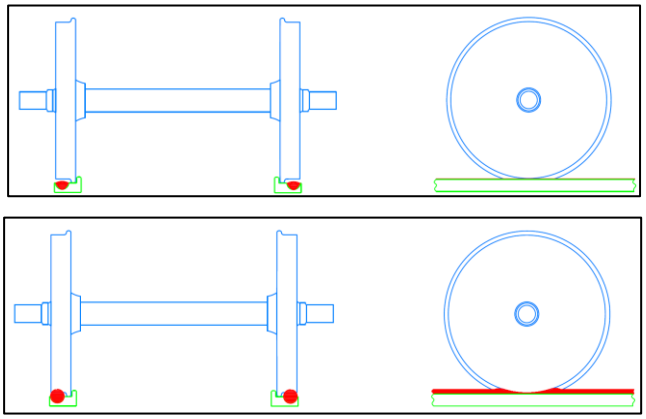


Figure 1. Non-active and active brake

If these considerations are applied to a model, the rolling resistance has to be dependent on the sinking depth of the wheel in the pressure-supported brake element. The load transfer of the weight forces also depends on the pressure impact within the brake element. At low pressure, most of the weight forces are dissipated via the wheel flanges, when the pressure is increased, the load transfer of the forces takes place via the running surfaces of the wheels. Therefore, the level of rolling resistance should be dependent on the sinking depth in the hose, it is also expected, that the deformation of the elastomer will have a braking effect. However, the formulas for approximating rolling resistance only refer to solids such as the carriage wheel and the elastomer, while no statements can be made about the pneumatic or hydraulic support medium. Since there are no comparable systems or calculations, experiments were carried out on a smaller scale with the main question being: How much braking energy can be generated on the hill?

With reference to this question, two hypotheses were put forward in advance:

- The braking power is generated by the hose coating
- The supporting medium contributes to braking

For the first hypothesis a ramp was constructed, which is movably mounted and should simulate a gradient for the model car. It is assumed that only the shell pressed onto the wheel produces the braking effect. Instead of an elastomer, a flat hose was used, which is embedded in the U-steel profile. If the pressure is now increased, the hose clings to the wheel surface and should produce a braking effect. If the hypothesis proves to be correct, the rolling resistance should remain the same even under different pressure conditions. For the second hypothesis, the same circumstances are used, only the choice of the filling media in the hose was changed the media used were air, water and glycerine, as these have different viscosities. It is assumed, that a change in braking performance is produced by the supporting medium in the hose. Therefore, the ground would have to generate as high shear stresses as possible in order to lead to effective braking. However, since high shear stresses can only be generated by solids or non-Newtonian fluids, the viscosity that influences the shear of the hose is decisive. This leads to the assumption that the highest possible viscosity should also produce higher rolling resistances (Michelberger et al., 2018).

3. RESULTS

3.1 Experimental evaluation

Two different experiments were carried out to verify the hypotheses. In experiment 1, a braking section with a length of 3 m was used. The brake assembly was mounted on a frame, which was constructed in such a way that different gradients could be simulated. In Experiment 2, this structure was further used to simulate the dynamic braking performance. At the end of the ramp, an exit ramp was constructed to bring the model car to a controlled standstill. The model car produced in the course of the project has a track width of 73 cm. The wheels are made of grey cast iron, in order to achieve a realistic result, the running surfaces were conically shaped. The frame and axles of the carriage were designed to be rigid in order to avoid falsification of the measurement results. In addition, the carriage has no suspension and is rigidly connected to the frame. The trolley was loaded with several 20 litre canisters and weighed a total of 210 kg. The next picture shows the experimental vehicle:

Figure 2. Experimental vehicle

The variable rolling resistance was created by means of a high-pressure flat hose with a dimension of one inch. The sheath of the hose also consists of a rubber compound which is covered with a synthetic fabric. Such hoses are mainly used by the fire brigade and in the industry. In the c-channel profile, the hose cross-section protruded about half outwards. If the hose is pressure less, the load is transferred via the outer flank of the rail. If the hose is put under pressure, the load transfer is shifted to the hose, whereby a one hundred percent load transfer to the hose from a pressure of 2.2 bar was achieved, since the hose then lifted the wheels out of the c-channel. In order to prevent the filling medium from accumulating when rolling over, the flat hoses were made of a ring line. The reason for this was to avoid different load cases. To ensure that there were no pressure differences, an expansion tank was installed. This also allowed the pressure to be kept constant.

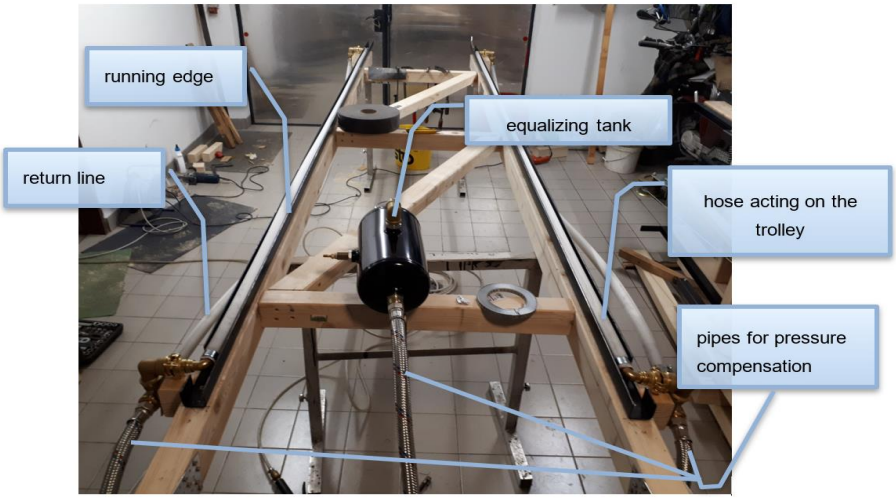


Figure 3. Structure of the brake system

3.2 Expiration

- Determination of the rolling resistance coefficient (experiment 1)

To determine the rolling resistance coefficient, the braking section was designed so that the track can be used as an adjustable inclined plane. By lifting the frame, it was possible to determine the angle at which the car starts moving. The angle was measured with a calliper. The difference between the horizontal position and the position at which the car started to roll was measured.

For each test sequence at least 3 tests were carried out and the arithmetic median of the angle of the limit state was calculated. The pressures were carried out in the range of 0.2 - 3 bar in steps of 0.2 bar. The experiments showed that the maximum rolling resistance coefficient of $\mu = 0.053$ at a pressure of 2 - 2.2 bar. This corresponds to about nine times the rolling resistance coefficient of the track without a braking system.

From pressures of 2.2 bar and more, the model car was raised, which in turn led to a sharp drop in the rolling resistance coefficient. At 4 bar, the wheels were completely lifted out of the rails (Michelberger et al., 2018). The assumption from hypothesis 1 that the lever arm of the rolling friction remains the same over the different pressure levels was thus refuted. Therefore, the tipping point of the wheel hose contact must shift with the pressure of the hose. It is also remarkable that there is a linear function between the lowest pressure stage and the pressure stage with the highest rolling friction coefficient. It is therefore possible that there is a correlation between the pressure and the rolling resistance coefficient, with the coating of the hose also contributing to the braking effect. If the hose is deformed, the kinetic energy of the trolley causes flexing. This flexing work is induced by deformations which in turn generate a thermal load and increase the rolling resistance. Since the deformation in the passages was identical at 0.2 - 2 bar, it would have to be a constant which is included in the rolling resistance coefficient determined. This constant would have to be multiplied by the function from the pressurisation, which would explain the linear relationship between rolling resistance coefficients and pressure in the brake system. It should be noted, however, that the hose coating is made of textile fabric. The effect of the surface finish on the rolling resistance is uncertain (Michelberger et al., 2018).

- Dynamic determination of braking power (experiment 2)

In the course of the second experiment, dynamic experiments were carried out to determine the influencing factors on the brake system using the different filling media. The same test track as in experiment 1 was used, with the ramp being inclined. A winch was used to position the car on the ramp in a release device. The car was accelerated to 3.5 m/s, driven by the acceleration due to gravity. The car then rolled over the horizontally mounted braking system. At the end of the track, a brake carriage was used to bring the car to a controlled and safe standstill. The experiments were carried out in the open air at an outside temperature of 16 - 20°C with wind conditions as calm as possible (Michelberger et al., 2018). The following image shows the experimental setup.

Figure 4. Experimental setup

As mentioned in the third experiment a filling media different viscosity at pressures of 0.2 - 3 bar were used:

- Air: Dynamic viscosity at 20°C 0.0181 mPas at normal pressure
- Water: dynamic viscosity at 20°C 1.0087 mPas at normal pressure
- Glycerine: dynamic viscosity at 20°C 1490 mPas at normal pressure

The higher the viscosity, the higher the internal friction and thus the toughness of the material. The assumption in the experiment was that the deceleration from the brake system should also increase with increasing viscosity. Therefore, viscous materials such as glycerine should have a higher line resistance than air and thus better absorb the kinetic energy of the model car. To check this, the first experiment was carried out with air whereas in the second experiment water was used which has a viscosity about 1/55 higher than air. In the third test, the brake system was filled with glycerine. Glycerine has a viscosity which is about 1500 times higher than that of water (Michelberger et al., 2018).

The accelerations for calculating the brake line were measured with an acceleration sensor, which recorded the linear accelerations of the model car in three axes with a clock frequency of 100 Hz. By integrating the linear acceleration, the speed and the distance covered could then be determined. Also, since the position of the brake system is known, the time at which the model car is in the area of the brake could be determined by integrating the acceleration by time twice (Michelberger et al., 2018).

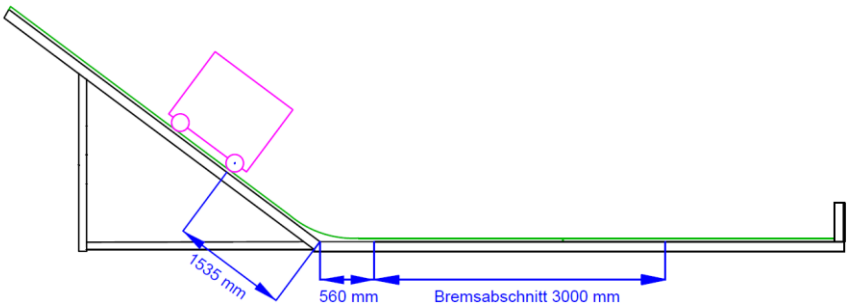


Figure 4. Schematic representation of the test setup

In the figure above, the course of the ramp is shown. When the wagon starts to roll, it accelerates to the first 2095 mm and then rolls onto the brake. The length of the brake section is 3 m, but note that if the distance between the axles of the model car is 0.7 m, both axles are only 2.3 m on the brake system at the same time. At the end there is a brake carriage, which brings the car to a standstill within about 0.7 m by means of spring force (Michelberger et al., 2018).

When the brake system rolled over, the hose, which was dimensioned accordingly on the guide profiles to avoid displacement, was pressed in half. This resulted in a braking effect. The hoses were not glued because the adhesive would have penetrated into the textile fabric due to the capillary effect and would have possibly changed the elasticity of the hose. However, when the first axle ran into the front area of the brake, a torsional moment occurred which caused a slight twist. This is probably due to the conical running surface of the wheels. Especially at pressures of more than one bar, this phenomenon occurred, which led to a lifting of the first axle by up to 2 cm. How this affected the measurement results is unknown.

3.3 Results

The aim of the experimental experiments was to better understand the relationships between friction and braking force and to verify the hypotheses. However, it turned out that the two hypotheses could not be substantiated in this form because the rolling resistance did not behave as expected. However, an approximately linear relationship between the pressure in the braking system and the rolling resistance coefficient could be demonstrated. This allows to demonstrate that a described braking system is feasible and can generate a corresponding braking force. A maximum rolling resistance coefficient $\mu = 0.053$ could be achieved with this test setup which corresponds to nine times a normal rolling resistance coefficient. With a weight of the rolling wagon of 210 kg, this results in a braking force of 111.3 N per meter. In the following dynamic processes, the braking force could be increased approximately twice in the middle, which suggests that the braking energy increases with the increase in speed. The experiments have also shown that a significant factor for the effect of the brake is the hose pressure. The surface quality of the hose jacket also plays a role in the effectiveness of the braking effect. However, there are parameters which influence braking, which could not be determined during the experiments, such as the influence of speed. However, the measured brake energies were scattered. Experiment 1 has shown that the maximum rolling resistance coefficient is in the range of 2 - 2.2 bar. However, this was not apparent in experiment 2. How the scatters came about is uncertain, whereby it is assumed that the measuring frequency of the acceleration sensor or the software is insufficient at 100 Hz. Even if the measurement results from experiment 2 are weak, an estimation of the second hypothesis should be concluded. From experiment 2 it was concluded that the dynamic viscosity makes no significant contribution. However, there is still the possibility that the viscosity makes a small contribution to the effectiveness of the braking, which is below the resolution of the measurement and could not be determined. Nevertheless, the hypothesis was refuted.

4. DISCUSSION

If the results are to be transferred to standard gauge installations, various factors must be taken into account. On the one hand the diameter of the running tread should be mentioned, which in the test showed only one fifth to a freight wagon wheel, e.g. type 080 UIC running tread diameter 870 - 923 mm (Webshop für Eisenbahnersatzteile der Waggonwerk Brühl GmbH, 01.07.2018). On the other hand, of course, there is also the tread width, which deviates by a factor of 2.5, so a width of approx. 80 - 100mm is available for standard gauge systems (RIS BKA, 01.07.2018). Due to the fact that there are no direct proportional relations between the

model wheel and the real vehicle wheel, no unambiguous statement can be made about the braking effect on the standard gauge scale. However, it is known that a braking force of 2 kJ/m is required for rubber track brakes in directional tracks (Kalteis, 2018). With this information, it is possible to calculate the rolling resistance coefficient of the wheel-rail contact. Assuming a fully loaded freight wagon with an axle load of 22.5 t, a rolling resistance coefficient of $\mu = 0.009$ is required. Compared to the normal running of a wheel, this is on average six times higher. Applied to the first experiment, an increase in the rolling resistance coefficient of nine times could be achieved. The braking system thus seems to be able to meet the theoretical requirement for braking. With regard to wear, however, it can be seen that the materials used in the experiment already showed signs of wear. It is therefore desirable to use materials that can be put under pressure, have the ability to stretch and withstand wear. Since the braking effect is caused by the flexing work, a more in-depth investigation is necessary to find the optimal material and, of course, a field test on a scale of 1:1.

5. CONCLUSION

The paper shows that the present idea has potential for further consideration and that further investigations are recommended. However, it turns out that the implementation of such a system is not easily feasible. On the one hand, further in-depth investigations are necessary, in particular to gain further insights into braking forces. It is also necessary to verify which materials are best suited as braking elements and show as little wear as possible in order not to increase the maintenance measures to the state of the art. Furthermore, from the point of view of the authors, implementation in existing plants is hardly feasible, as considerable interventions in the infrastructure are necessary. These measures would require a corresponding amount of space in order to accommodate the technical systems. There would also have to be an interface to the operating system of marshalling yards in order to regulate braking performance. Accordingly, the development of new operating facilities could be implemented under simpler conditions. The framework conditions still to be investigated are wear and tear and the braking effects to be achieved.

6. REFERENCES

Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem: Eisenbahnbau- und betriebsverordnung Anl. 2 – Bundesrecht konsolidiert. http://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Dokumentnummer=NOR40102560

Forschungsförderungsgesellschaft FFG. Suche nach Projekten. https://projekte.ffg.at/projekt

Grote, K., Feldhusen J. (2014). Taschenbuch für den Maschinenbau. B15

Kalteis, M. (2018). Entwicklung eines lärmarmen Bremssystems für Güterwagen am Ablaufberg. St. Pölten, Austria: FH St. Pölten 1

Michelberger, Fabian, Jungwirth, Kalteis, Merschak, Stadlmann, Stock, ..., Wagner (2018). Studie für eine innovative, lärm- und verschleißarme Bremsung am Abrollberg StilvA, 70-80.

Wagner, A. (2018). Potentiale zur Lärm- und Verschleißreduktion bei Retardern. St. Pölten, Austria: FH St. Pölten 6-40

Webshop für Eisenbahnersatzteile der Waggonwerk Brühl GmbH. Güterwagen Radsatz Bauart 080 UIC. http://www.wagonspares.com/Radsaetze-VTG/Gueterwagen-Radsatz-Bauart-080-UIC.html

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

TRANSPORT POLICY INSTRUMENTS ON RAILWAY CORRIDORS

INSTRUMENTI TRANSPORTNE POLITIKE NA ŽELEZNIČKIM KORIDORIMA

Miloš Stanojević[a], Mirjana Bugarinović[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, miloss19g70@gmail.com, mirab@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *In the context of the development of trans-European networks (TEN-T) and the establishment of rail freight corridors for competitive transport (RFC) EU had increasingly actualized the issue of unified management of the functioning and development of railway corridors in recent years. The analysis of recently established Alpine-Western Balkans RFC corridor, one more time showed the urge to explore ways in which states use transport policy instruments and their goals on railway corridors. In addition, the need for better implementation of the transport policy evaluation process was noted. The aim of the paper is to, after evaluating how countries use transport policy instruments, suggest key performance indicators to evaluate the state's performance in implementing transport policy instruments in the case of the competitiveness of the Alpine-Western Balkan RFC Corridor.*

Key words: *transport policy, TEN-T, RFC, key performance indicators for corridors*

Apstrakt*: U kontekstu razvoja tranevropskih mreža (TEN-T) i osnivanja železničkih teretnih koridora za konkurentni prevoz robe (RFC), EU je poslednjih godina u još većoj meri aktuelizovala pitanje jedinstvenog upravljanja funkcionisanjem i razvojem železničkih koridora. Analiza nedavno uspostavljenog Alpsko-Zapadno Balkanskog RFC koridora je još jednom ukazala na potrebu da se istraže načini kako države koriste instrumente transportne politike na železničkim koridorima i koje ciljeve njima ostvaruju. Pored toga, uočena je potreba za boljim sprovođenjem procesa evaluacije transportne politike. Cilj rada je da se nakon evaluacije načina kako države koriste instrumente transportne politike, da predlog ključnih pokazatelja učinka kojima bi se sprovela evaluacija uspešnosti države u sprovođenju intstrumenata transportne politike na primeru konkurentnosti Alpsko-Zapadno Balkanskog RFC koridora.*

Ključne riječi:*transportna politika, TEN-T, RFC, ključni pokazatelji učinka koridora*

1. UVOD

Poslednjih godina razvoja transevropskih mreža u EU[4] (TEN-T) i naročito osnivanja železničkih teretnih koridora za konkurentni prevoz robe[5] (RFC), sve više se u žižu stavlja pitanje jedinstvenog upravljanja funkcionisanjem i razvojem železničkih koridora. Još jedan značajan indikator relevantnosti ovog pitanja jeste i nedavno uspostavljanje tzv. RFC10 koridora, odnosno Alpsko-Zapadnobalkanskog železničkog teretnog koridora[6] (AWB), koji je u svom delu koji prolazi kroz Srbiju poznat i kao Koridor X.

RFC10, kao i svi ostali RFC koridori, ima uspostavljen Upravni odbor (koga čine predstavnici organa vlasti - države) i Izvršni odbor (koga čine predstavnici upravljača infrastrukture), koji predstavljaju instancu sa koje se vrši jedinstveno upravljanje funkcionisanjem i razvojem samih koridora. Pored ovih „odbora", svaki koridor treba da ima i tzv. Savetodavne grupe predstavnika terminala i železničkih prevoznika.

U tom kontekstu, glavni predmet interesovanja ovog rada jeste razumevanje mehanizama, odnosno instrumenata i ciljeva transportne politike, kojima države koje dele jedan železnički koridor istim i upravljaju. Glavni cilj ovog rada jeste da se utvrde instrumenti i ciljevi transportne politike koje Srbija ostvaruje na

[4] eng. Trans-European Transport Network
[5] eng. Rail Freight Corridors for Competitive Transport of Freight
[6] eng. Alpine-Western Balkans rail freight corridor

koridoru, kako bi se na osnovu njih definisao sistem Ključnih pokazatelja učinka[7] (KPI) kojim je moguće evaluirati uspešnost Srbije u sprovođenju pomenutih instrumenata i ciljeva na Koridoru X.

Navedeno će biti urađeno tako što će se u poglavlju 2 predstaviti ukratko pojmovi iz oblasti transportne politike, poput ciljeva, instrumenata i indikatora. Nakon toga, u poglavlju 3, će se na osnovu postojeće prakse Srbije definisati i klasifikovati stvarni instrumenti i ciljevi transportne politike na Koridoru X. U poglavlju 4 će, zatim, biti definisan predlog sistema KPIs pomoću koga je moguće evaluirati uspešnost Srbije u sprovođenju ciljeva transportne politike na Koridoru X.

2. TRANSPORTNA POLITIKA I INSRUMENTI NA ŽELEZNIČKIM KORIDORIMA – KRATAK OSVRT NA OSNOVNE POJMOVE

Transportna politika kao pojam je na različite načine definisana u različitim studijama koje se bave ovom oblašću (*Studnicki-Gizbert, 1974, Tolley, Turton, 1995, Rodrigue, et al, 2006*). Nedvosmisleno se može reći da je cilj transportne politike da omogući donošenje efikasnih odluka koje se tiču alokacije transportnih resursa (u prvom redu investicija), uključujući upravljanje i regulaciju postojećih transportnih aktivnosti.

Ona može istovremeno da predstavlja napore kako privatnog tako i javnog sektora, ali najčešće se za termin transportna politika vezuju Vlade država i drugi organi državne uprave, imajući u vidu da su oni ti koji poseduju ili raspolažu većim procentom komponenata transportnog sistema ili bar imaju različite nivoe jurisdikcije nad saobraćajnim sistemima.

Nešto sveobuhvatnija definicija, prema *Rodrigue, et al, 2006*, govori o tome da transportna politika predstavlja razvoj seta konstrukcija[8] i predloga koji su uspostavljeni sa ciljem da se omoguće određeni ciljevi koji se odnose na društveno-ekonomski razvoj i fukcionisanje i učinak transportnog sistema. Upravo ovaj set konstrukcija i predloga čini tzv. **instrumente transportne politike**, kojima se realizuju njeni unapred definisani **ciljevi**.

Instrumenti su praktična primena politika i regulativa u transportnom sistemu, odnosno „poluga politike" ili „specifično sredstvo za primenu politika" (*Medar, Bošković, 2009*). Neki primeri instrumenata su zakonske odredbe, izgradnja infrastrukture (investicije) ili ekonomske stimulacije/destimulacije. Ovo su samo neka od sredstava kojima se ostvaruju politički ciljevi u oblasti transporta ali isto tako i rešavaju problemi koji se tokom sprovođenja identifikuju. Zato važan pojam u transportnoj politice jeste i cilj, koji su praktično pokretači politike, tj. izjave kojima se određuju pravci željenih poboljšanja (*Medar, Bošković, 2009*).

Pored transportne politike, instrumenata i ciljeva, radi pružanja podrške oceni i praćenju politike koriste se tzv. **indikatori**, odnosno „sredstva za merenje performansi" ili „načini kvantifikacije ciljeva". Na primeru Srbije i Koridora X, upravo je ovaj proces merenja rezultata u određenoj meri zapostavljen, imajući u vidu ograničenja s početka poglavlja 4.

3. INSTRUMENTI I CILJEVI TRANSPORTNE POLITIKE NA KORIDORU X

Kada je reč o konkretizaciji gore navedenih pojmova iz transportne politike na stvarne probleme i postojeće slučajeve (na primer: ns Koridoru X), relativno je mali broj istraživanja i literature koja se odnosi na načine kako nacionalne vlasti sprovode svoje odgovornosti u vezi sa nacionalnom regulativom i upravljanje transportom (*Emberger, May, 2017*). Upravo ova nedovoljno razvijena konkretizacija predstavlja jedan od predmeta interesovanja ovog rada.

Jedan od najsveobuhvatnijih pristupa po pitanju instrumenata koje nacionalne vlasti imaju na raspolaganju kada je u pitanju transportna politika jeste onaj *Peter Headicar-a, 2009*, koji instrumente deli na sledeći način: infrastrukturne investicije, regulativa i fiskalne mere. S druge strane, ciljevi koji se postižu instrumentima transportne politike mogu biti (*May, Still, 2000*) pozitivan uticaj na okolinu, bezbednost, ekonomičnost, pristupačnost, pravičnost, finansijska prihvatljivost, ostvarivost implementacije i politička i društvena prihvatljivost.

Poput *Peter Headicar, 2009*, na sličan način kategorizaciju instrumenata transportne politke izvršili su i autori *Vieira et al, 2007* koji navode: instrumente transportne ponude, regulatorne instrumente i ekonomske instrumente. Instrumenti transportne ponude, u ovom slučaju, predstavljaju nešto širu grupu instrumenata od

[7] eng. Key performance indicators

[8] Konstrukcija kao pojam u svom osnovnom značenju predstavlja način (normativnog) oblikovanja sistema

infrastrukturnih investicija datih kod *Headicar (2009)*, ali je neminovno obuhvataju. Fiskalne mere i ekonomski instrumenti u ovom slučaju imaju izvesna preklapanja, dok su regulativa kod *Headicar (2009)* i regulatorni instrumenti kod *Vieira et al (2007)* eksplicitno identični.

Dalje, ciljevi transportne politike koje navode *Vieira et al, 2007* su efektivnost, ekonomska efikasnost, prihvatljivost, praktičnost implementacije i pozitivni sekundarni/eksterni efekti.

De Borger i Proost, 2012, kada govore o instrumentima koje vlade imaju na raspolaganju kada je u pitanju transportna politika, pominju cene, kapacitet infrastrukture i regulativu.

Na osnovu istraživanja i analize radova koji obrađuju temu transportne politike na koridorima nameće se zaključak da ne postoji dovoljan broj radova koji je obrađuju isključivo sa aspekta železničkog saobraćaja i železničkih transportnih koridora, što predstavlja dobru osnovu za dalji istraživački rad problema učinka država na železničkim transportnim koridorima. Ovaj zaključak potkrepljuje i činjenica da su železnički teretni koridori uspostavljeni tek 2010. godine, kao i da su do sada oni proučavani uglavnom sa aspekta tržišta, ne i sa aspekta učinka države.

S obzirom na taj zaključak, analizirani su i klasifikovani instrumenti transportne politike kao i ciljevi koji se njima ostvaruju na železničkom koridoru X, i to na osnovu analize postojećih aktivnosti Srbije u sprovođenju transportne politike, koje su direktno ili indirektno formalizovane u dokumentima javnih politika (Plan razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog I intermodalnog transporta u RS od 2015. do 2020. godine, Nacionalni program javne železničke infrastrukture za period od 2017. do 2021. godine, Zakon o železnici, Zakon o bezbednosti železničkog saobraćaja, Zakon o interoperabilnosti železnilčkog sistema i podzakonska akta), programima poslovanja železničkih preduzeća i izveštajima o njihovoj realizaciji u periodu od 2016. do 2019. godine, kao i drugih javno dostupnih dokumenata (Izjave o mreži, robne tarife, Statuti akcionarskih društava, Katalog projekata „Infrastruktura železnice Srbije" i dr).

Najznačajniji instrumenti transportne politike koje Srbija ima na raspolaganju kada je u pitanju železnički koridor X i ciljevi koji se njima ostvaruju, su klasifikovani u tabeli 1. Prilikom grupisanja korišćen je pristup od opštih ciljeva (npr. mobilnost, bezbednost i td.) i njihove formulacije ka konkretnim, u onoj meri u kojoj ti opšti ciljevi imaju uticaj na odvijanje železničkog saobraćaja na koridorima. Moramo naglesiti da ovi ciljevi u javnim dokumentima nisu ili nisu dovoljno eksplicitno izraženi.

Tabela 1: Pregled instrumenata i ciljeva transportne politike na železničkom koridoru X

Intrument transportne politike	**Ciljevi transportne politike**	**Adrese za realizaciju transportne politike**
Investicije	Povećanje kapaciteta infrastrukture (propusna moć) Povećanje kvaliteta usluge upravljača infrastrukture (Povećanje projektovanih brzina/vraćanje na projektovano stanje Podizanje osovinskog opterećenja Povećanje bezbednosti transporta) Uklanjanje pograničnih uskih grla	Investicije sprovodi Ministarstvo nadležno za poslove transporta Meke mere sprovodi Ministarstvo nadležno za poslove transporta
Regulatorne mere	Razvoj tržišnog poslovanja Postizanje interoperabilnosti Povećanje bezbednosti sistema Jedinstveno upravljanje Uklanjanje pograničnih uskih grla	Regulatorne mere sprovodi Ministarstvo nadležno za poslove transporta Regulatorne mere sprovodi Regulatorno telo Meke mere
Fiskalne mere	Optimalne cene pristupa železničkoj infrastrukturi Konkurentne cene iz robnih tarifa Iznos subvencija kroz VUŽI[9] i nadoknada kroz Ugovor o OJP[10] koji garantuju efikasno poslovanje preduzeća	Fiskalna ubiranja Fiskalna davanja

[9] Višegodišnji ugovor kojim se uređuju međusobna prava i obaveze između upravljača i Vlade
[10] Obaveza javnog prevoza

4. KLJUČNI POKAZATELJI UČINKA – OCENA USPEŠNOSTI DRŽAVE U SPROVOĐENJU TRANSPORTNE POLITIKE

Evaluacija transportne politike predstavlja integralni deo ciklusa politike, i služi kako za korekciju politike čije je sprovođenje u toku (procesna evaluacija), tako i za ocenu sveukupne efektivnosti nakon implementacije politike (sumarna evaluacija). Praksa je da države sprovode određene aktivnosti sa ciljem unapređenja određenog aspekta društva ili nekog sistema koji su od značaja za društvo, ali se iz određenih razloga ne koristi adekvatan mehanizam za evaluaciju uspešnosti ovih aktivnosti. Primer ovome je da nosioci vlasti, kao merilo uspešnosti, naročito u javnim nastupima, često koriste merila kao što su količina uloženog novca u, primera radi, železničku infrastrukturu ili kilometraža obnovljenih, modernizovanih ili izgrađenih pruga, uz prisustvo nedovoljno razvijenih strateških dokumenata i načina za formalno praćenje njihove realizacije.

Čest je slučaj da investicija nije ostvarila željene ciljeve, odnosno da ukupno stanje železničkog sistema ili nekog njegovog segmenta kao što je stanje usluga ili tržišta, nije dovedeno na željeni nivo i pored postojanja volje i značajnih ulaganja. Ponekad je slučaj da i sami ciljevi ulaganja od starta nisu sasvim jasno definisani u strateškim dokumentima, odnosno da nedostaje odgovor na pitanje šta su ciljevi određene investicije i kakvi se krajnji efekti, realno mereni, očekuju.

Imajući navedeno u vidu, a kako bi evaluacija transportne politike tj. njenih instrumenata i ciljeva na koridoru bila efikasnije sprovođena, neophodno je kvantifikovati tj. iznaći jedinicu evaluacije za svaki od ciljeva transportne politike. U ovoj fazi istraživanja, iako su od suštinskog značaja, neće biti definisane ciljne vrednosti pokazatelja učinka.

Predlog jednog sistema ključnih pokazatelja učinka, odnosno indikatora, kada je u pitanju efikasnost države u sprovođenju transportne politike, izrađen je polazeći od utvrđenih ciljeva transportne politike na Koridoru X, kategorisanih s obzirom na instrumente kojima se postižu (investicije, regulatorne i fiskalne mere) (Tabela 1) i imajući u vidu postojeće aktivnosti Srbije po pitanju istih (infrastrukturni i drugi projekti koji se realizuju, zakonski okvir, tendencije i aktivnosti svih aktera na tržištu). Ključni pokazatelji učinka su definisani uzimajući u obzir smernice Unije za razvoj trans-evropske mreže saobraćajnica, strateške ciljeve EU u pogledu RFC, konkurentnost koridora kroz Srbiju i postojeće prakse i aktivnosti koje Srbija sprovodi u pogledu svoje transportne politke.

Tabela 2: Pokazatelji učinka efikasnosti Srbije prilikom sprovođenja transportne politike na Koridoru X

Ciljevi transportne politike	Predloženi pokazatelji učinka
Povećanje kapaciteta Koridora	Procenat povećanja propusne moći
Povećanje projektovanih brzina/vraćanje na projektovano stanje	Kilometraža pruga na Koridoru na kojima je dopuštena brzina od najmanje 100/120/140 km/h
Podizanje osovinskog opterećenja	Kilometraža pruga na Koridoru sa dozvoljenih osovinskim opterećenjem od najmanje 22.5 t/os.
Povećanje bezbednosti transporta	Procenat smanjenja železničkih nesreća i nezgoda na Koridoru čiji je uzrok stanje infrastrukture
Uklanjanje pograničnih uskih grla	Procenat smanjenja vremena zadržavanja na graničnim prelazima nakon izgradnje zajedničke pogranične stanice ili druge mere
Razvoj tržišnog poslovanja	Udeo privatnih prevoznika u ukupnoj količini prevezene robe i broj privatnih prevoznika
Postizanje interoperabilnosti	Broj implementiranih TSI/ušteda vremena koja nastaje kao direktna posledica tehničke neusaglašenosti različitih železničkih podsistema
Povećanje bezbednosti sistema	Procenat smanjenja svih železničkih nesreća i nezgoda na Koridoru
Jedinstveno upravljanje	RNE KPI's
Uklanjanje pograničnih uskih grla	Broj podnetih inicijativa za zaključenjem novih pograničnih sporazuma koji omogućavaju pojednostavljenje pograničnih procedura
Optimalne cene pristupa železničkoj infrastrukturi[11]	Broj privatnih prevoznika na tržištu/Količina prevezene robe
Konkurentne cene iz robnih tarifa	Samostalnost prevoznika prilikom izmene cena iz tarife
Iznos subvencija kroz VUŽI	Iznos sredstava namenjem za finansiranje aktivnosti UI na Koridoru (dinara)
Nadoknada kroz Ugovor o OJP	Iznos sredstava namenjem za finansiranje aktivnosti putničkog prevoznika na Koridoru (dinara)

[11] Optimalnost zavisi od cilja koji država želi da postigne ovim instrumentom

U tabeli 2 definisane su KPIs za svaki od ciljeva transportne politike (koji pripadaju već definisanim instrumentima). Važno je napomenuti da tek definisanjem ciljnih vrednosti za svaki od ovih indikatora proces evaluacije dobija pun smisao. Za tako nešto potreban je veliki set podataka, istraživanje strateških dokumenata, izveštaja, praktičnih primera i iskustava i dokumentovanih ciljeva državnih institucija i železničkih preduzeća u okviru transportne strategije, te stoga ovo definisanje ciljnih vrednosti je sledeći korak u uopštavanju i definisanju konačnih KPIs.

5. ZAKLJUČAK

U radu je pokazano da ciljevi transportne politike koje Srbija ostvaruje na železničkom koridoru X, nisu u dovoljnoj meri jasno artikulisani u dokumentima javnih politika što dovodi do toga da aktivnosti koje država sprovodi sa ciljem unapređenja saobraćaja na Koridoru ne ostvaraju rezultate koji su možda očekivani od strane stručne i šire javnosti. Takođe, pored potrebe za jasnim formulisanjem ciljeva, rad ukazuje na potrebu za formulisanjem indikatora, kao integralnog segmenta transportne politike, koji bi omogućili jasnu evaluaciju sprovođenja ciljeva.

Investicije, regulatorne i fiskalne mere kao instrumenti transportne politike su u radu konkretizovani, odnosno iskazani kroz ciljeve poput povećanja projektovanih brzina, osovinskog opterećenja i bezbednosti, zatim razvoja tržišnog poslovanja, uklanjanja pograničnih uskih grla, konkurentnih cena iz robnih tarifa i drugih. Određivanje jasnih ciljeva transportne politike treba da bude prvi značajan korak ka njihovoj uspešnoj realizaciji.

Drugi značajan korak jeste određivanje indikatora transportne politike, odnosno, u ovom slučaju, definisanje sistema ključnih pokazatelja učinka.

Pri određivanju ključnih pokazatelja učinka osnovni problem je kako da oni budu jasno određeni i merljivi. Ovako defnisanim pokazateljima, a nakon obezbeđivanja ciljnih vrednosti, može se objektivno kvantifikovati poboljšanje stanja saobraćajnih/transportnih usluga na železničkom koridoru, odnosno učinak države u ostvarenju ovog poboljšanja.

Takodje, prilikom budućeg definisanja ciljnih vrednosti pokazatelja potrebno je ograničiti ciljeve transportne politike tako da se oni odnose isključivo na koridor (na primer iznos nadoknade za OJP i kroz VUŽI se odnose na celoj mreži). Zatim, potrebno je da se ograniči uticaj različitih instrumenata na iste ciljeve (povećanje bezbednosti na primer se postiže i povećanjem investicija, ali i sprovođenjem regulatorne politike). Na kraju, potrebno je izolovati I posmatrati isključivo doprinos države (bez prevoznika, upravljača i drugih) ostvarenju određenih ciljeva (primer ovome je činjenica da na bezbednost saobraćaja na koridoru, pored države, uticaj imaju i upravljač infrastrukture, železnička preduzeća i drugi).

Mogući cilj daljeg istraživanja je takođe da se kroz konkretizaciju na primeru Koridora X i Koridora IV dođe do opšteg slučaja, koji je primenljiv na sve železničke koridore.

6. LITERATURA

De Borger, B., Proost, S. (2012). Transport policy competition between governments: a selective survey of the literature, Economics of transportation, Elsevier

Emberger, G., May, A.D. (2017). Challenges in the development of national policies on transport, Eur. Transp. Rev 9:55, CrossMark GB

Headicar, P. (2009). Transport policy and planning in Great Britain, Taylor & Francis group, Oxon

Izjava o mreži za 2019. godinu, http://infrazs.rs/IzjavaMreza/Izjava%20o%20mrezi%202019.pdf, "Infrastruktura železnice Srbije" a.d, 2018

Katalog projekata u 2018, godini „Infrastruktura železnice Srbije", http://infrazs.rs/wordpress_3/wp-content/uploads/2018/12/katalog%20projekata%2026.12.pdf, "Infrastruktura železnice Srbije" a.d, 2018

May, A.D., Still, B. (2000). Instruments of Transport Policy. Institute of Transport Studies, University of Leeds, Working Paper 545

Medar, O., Boskovic, B. (2009). Transport strategic planning – documents review, New Horizons of traffic and communications, Doboj, 2009

Nacionalni program javne železničke infrastrukture za period od 2017. do 2021. godine, "Službeni glasnik RS, br. 53/2017", 2017

Plan razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u RS od 2015. do 2020. godine, Zaključak Vlade Republike Srbije, 2015

Robne tarife, http://srbcargo.rs/sr/tarife/, "Srbija Kargo" a.d.

Rodrigue, J.P., Comtois C., Slack B. (2006). The Geography of Transport Systems, Taylor & Francis e-library, Oxon, GB

Studnicki-Gizbert, K.W. (1974). Issues in Canadian Transport Policy, Macmillan of Canada, Toronto

Tolley, R.S., Turton, B.J. (1995). Transport systems, policy and planning: a geographical approach, Longman, Michigan

Vieira, J., Moura, F., Viegas, J.M. (2007). Transport policy and environmental impacts: The importance of multi-instrumentality in policy integration, Transport Policy, Vol. 14, Issue 5

Zakon o železnici, „Službeni glasnik RS, br. 41/2018", 2018

Zakon o bezbednosti železničkog saobraćaja, „Službeni glasnik RS, br. 41/2018", 2018

Zakon o interoperabilnosti železnilčkog sistema, „Službeni glasnik RS, br. 41/2018", 2018

Statut Akcionarskog društva za prevoz putnika "Srbija Voz", http://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/vlada/ostalo/2015/60/1/reg , 2015

Statut Akcionarskog društva za prevoz robe "Srbija Kargo", http://srbcargo.rs/wp-content/uploads/2017/05/STATUT-SRBIJA-KARGO.pdf , 2015

Statut Akcionarskog društva za upravljanje javnom železničkom infrastrukturom "Infrastruktura železnice Srbije", file:///C:/Users/Premium/Downloads/Statut_2017%20_preciscen.pdf , 2017

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

APPLICATION OF OPENTRACK AT ZELEZNICE REPUBLIKE SRPSKE

PRIMENA OPENTRACK NA ŽELJEZNICAMA REPUBLIKE SRPSKE

Jelena Kuzmanović[a], Andreas Schöbel[b], Nikola Malinović[a], Zorica Milanović[c]

[a] *Railway of RS Doboj, Svetog Save 71, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, jkuzmanovic@yahoo.com, malinovic.nikola85@gmail.com*

[b] *Open Track Railway Technology GmbH, Kaasgrabengasse 19/8, Wien 1190, Austria, andreas.schoebel@opentrack.at*

[c] *High Railway School of Vocational Studies, Zdravka Čelara 14, Belgrade 11000, Serbia, jazztoall@gmail.com*

Abstract: *OpenTrack is a planning and simulation tool for railway operations. It was developed at the Swiss Federal Institute of Technology in Zurich, Switzerland and is currently supplied by OpenTrack Railway Technology Ltd. to over 230 organisations in 50 countries. Predefined trains run according to the constraints of the timetable data on a defined track topography. The simulation has both continuous and discrete parts. The continuous part calculates differential equations for train speeds and distances. The discrete part simulates processes such as states of the signalling system and the propagation of delays. During a simulation, the user can watch the track topography in an animation mode that shows running trains, prepared routes and current signal aspects. The user can interrupt the simulation at any time, and if required go into OpenTrack and modify certain constraints. This paper describes the application of OpenTrack at Železnice Republike Srpske for the railway line from Doboj to Tuzla and furthermore to Zvornik Novi and State border to Republic of Serbia.*

Key words: *Simulation, Railway Operation, Timetabl*

Apstrakt*: OpenTrack je softver koji se kao alat koristi za planiranje i simulaciju železničkog saobraćaja. Razvijen je na Švajcarskom Federalnom Institutu za tehnologiju u Cirihu, Švajcarska, i trenutno je od strane OpenTrack Railway Technology Ltd. isporučen u preko 230 organizacija u 50 država sveta. U OpenTracku definisani vozovi saobraćaju prema zadatom scenariju reda vožnje na prethodno izgrađenom simulacionom modelu železničke mreže, pri čemu se radi simulacija i kontinualnih i diskretnih procesa. Kontunualna simulacija se odnosi na izračunavanje različitih diferencijalnih jednačina kretanja voza, pri čemu se, između ostalog, dobijaju rešenja za brzine kretanja voza i pređeni put u jedinici vremena. Diskretna simulacija se odnosi na rad signalnih uređaja i pojavu slučajnih događaja koji uzrokuju kašnjenje vozova. Korisnik može u svakom trenutku da prekine simulaciju, i ako je potrebno da uradi modifikacije određenih ograničenja za kretanje vozova. U ovom radu opisana je primena OpenTrack na Željeznicama Republike Srpske na pruzi Doboj - Zvornik Novi -Državna granica (Brasina) sa Republikom Srbijom.*

Ključne riječi: *Simulacija, Železnički saobraćaj, Red vožnje*

1. UVOD

Prateći evropske i svetske trendove u planiranju željezničkog saobraćaja i istraživanju odnosa između obima saobraćaja i saobraćajne infrastrukture po kojoj se on odvija, Željeznice Republike Srpske su se 2017. godine opredlile za uvođenje metode simulacije u svoje planerske postupke, pre svega za potrebe izrade elemenata reda vožnje.

Softver za simulaciju saobraćaja na mreži pruga, koji je izradio Švajcarski Federalni Institut za tehnologiju iz Ciriha, jedan je od opšte prihvaćenih simulacionih softvera među stručnjacima koji se bave planiranjem i istraživanjima u oblasti železničkog saobraćaja. Do 2019. godine, ovaj softver je prihvatilo više od 230 organizacija u preko 50 država sveta. U poslednjih deset godina koriste ga i železnički stručnjaci iz neposrednog okruženja, odnosno Srbije, Hrvatske i Slovenije.

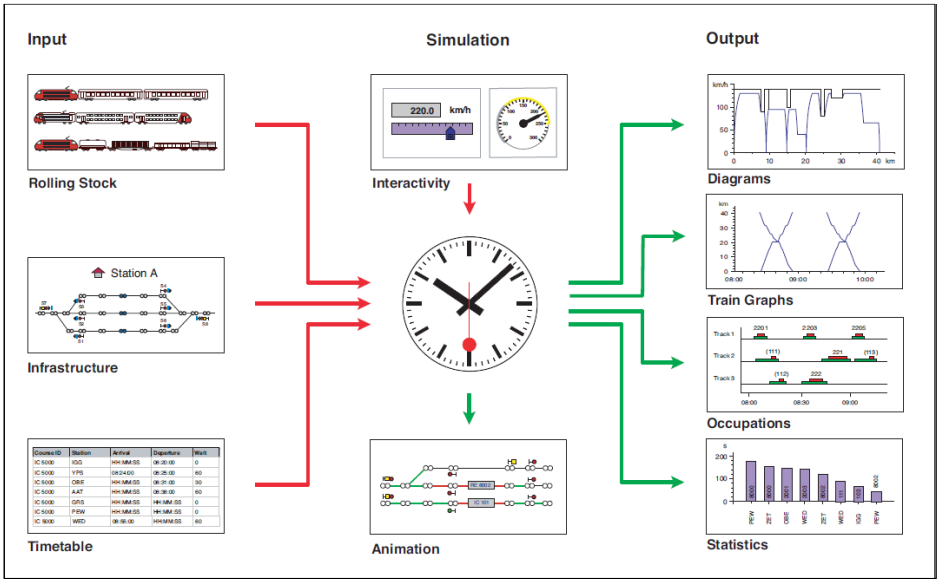
Iako je rađen kao "user friendly", za rad u ovom softveru potrebna su visoko stručna multidisciplinarna znanja o železničkim strukturnim elementima (stabilnim i mobilnim kapacitetima) i načinu njihovog funkcionisanja, a pored toga i znanja iz organizacije i tehnologije železničkog saobraćaja.

Za pilot projekat modelovanja i simulacije železničkog saobraćaja u softveru OpenTrack izabrana je deonica pruge od stanice Doboj do stanice Tuzla koji je naknadno proširen do stanice Zvornik Novi, Državne granice i stanice Brasina na mreži železnica Republike Srbije. Specifičnost pruge Doboj - Zvornik Novi - Drž. granica (Brasina), dužine 109,5 km, ogleda se u tome što jedan deo pripada Željeznicama Republike Srpske (u daljem tekstu ŽRS) od stanice Doboj u km 57+600 do km 29+000 (granica ŽRS/ŽFBH), drugi deo pripada Željeznici Federacije Bosne i Hercegovine (u daljem tekstu ŽFBH) od km 29+000 do km 0+000 (stanica Tuzla) i dalje do km 25+468 (granica ŽFBH/ŽRS), a onda deo od km 25+468 do km 46+800 (granica ŽRS/ŽS) pripada ŽRS. Na pruzi saobraćaju međuentitetski i međunarodni vozovi. Izrada reda vožnje vozova na ovoj pruzi zahteva dodatna usaglašavanja planerskih službi dva entiteta, naročito po pitanju elemenata reda vožnje. Najzahtevniji su proračuni vremena vožnje vozova. To je, između ostalog, bio jedan od ključnih razloga da se izradi simulacioni model ove pruge i rade simulacioni eksperimenti na modelu. Za pripremu podataka za izradu modela bila je potrebna saradnja sa stručnjacima ŽFBH koja je uspešno ostvarena.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE SOFTVERA OPENTRACK

Za modelovanje i simulaciju složenih multidisciplinarnih železničkih procesa danas u svetu postoji na desetine softvera i alata koji omogućavaju izradu makro, mezo i mikro simulacionih modela, te mogućnost simulacije diskretnih ili kontinualnih procesa. Makro- simulacioni modeli su pogodni za simulaciju procesa na velikim infrastrukturnim mrežama, ali im je osnovni nestatak što imaju veliki nivo uopštavanja, odnosno nizak nivo detaljnosti, što znači da je model železničke mreže pojednostavljen. Ovakvi modeli su pogodni za simulaciju saobraćaja na velikim železničkim mrežama u okviru opštih istraživanja. Mezo-simulacioni modeli, za razliku od makro modela, uključuju veći broj značajnih elemenata i imaju viši nivo detaljnosti, pa su stoga pogodni za planiranje na regionalnom nivou. Mikro simulacioni modeli su modeli kod kojih su infrastrukturni elementi železničke mreže i njihove funkcije vrlo detaljno predstavljeni, pa su pogodni za detaljno i precizno istraživanje odnosa saobraćaja i funkcija infrastrukturnih elemenata na mreži (Milanović, 2017).

Simulacioni softver OpenTrack je jedan od retkih softvera koji po svojoj suštini omogućuje izradu makro-simulacionih modela (nema ograničenja u veličini železničke mreže koja se modeluje) sa svim karaktristikama mikro-simulacionih modela, jer omogućuje modelovanje sa visokim nivoom detaljnosti i praćenje rada svih strukturnih i funkcionalnih elementa od značaja za železnički saobraćaj. Uz to, ovaj softver omogućuje paralelnu simulaciju diskretnih i kontinualnih železničkih procesa, kao i modelovanje i simulaciju Maglev, metro i tramvajskih sistema. OpenTrack ima složenu modularnu strukturu koja se najjednostavnije može opisati kao sistem koji se sastoji od modula ulaznih podataka, modula simulacije i modula izlaznih podataka (slika 1).



Slika 1. Struktura OpenTack: Ulaz - Simulacija - Izlaz

Za potrebe upravljanja procesima u okviru softvera podaci i informacije koje se unose svrstavaju se u tri različite vrste fajlova: dokumente, baze podataka i izlazne podatke. Softver koristi šest različitih baza podataka

(o vučnim vozilima, sastavu vozova, službenim mestima, relacijama, putanjama kretanja vozova i redu vožnje). Sve podatke, koji se unose preko "user friendly" interfejsa ovih modula, definiše korisnik.

Modul voznih sredstava omogućava unošenje, čuvanje i upravljanje podacima o voznim sredstvima (vučnim i vučenim vozilima). U bazu podataka o vučnim vozilima .depot unose se tehničke specifikacije svakog pojedinačnog vučnog vozila kao što su vučna snaga, vučna sila, dijagram promene vučne sile i snage prema brzini kretanja (vučni pasoš), koeficijenti adhezije, masa, dužina, ubrzanje i biraju se formule za proračun otpora kretanja. Potrebni podaci o železničkim vučenim vozilima su dužina i masa, pa se mogu unositi pojedinačno iz teretnice ili zbirno za ceo sastav. U skladu sa tim, sastav voza modeluje se tako što se iz baze izabere jedno ili više vučnih vozila i njima se pridružuju podaci o masi i dužini vozila, procenat kočenja i kategorija (rang) voza, što određuje prioritet pri kretanju kroz model infrastrukture u toku simulacije.

Modul infrastrukture omogućuje grafičko modelovanje svih elemenata infrastrukture od značaja za kretanje vozova na principu metode grafa sa dvostrukim tačkama promene vrednosti ("vertex") i linija koje ih povezuju ("edge"). Ove tačke i linije su osnovni elementi za modelovanje koloseka, skretnica, signala, sistema osiguranja, putnih prelaza, sistema napajanja, mesta zaustavljanja vozova i dr. i njihovih pojedinačnih atributa. Atributi se pridružuju preko menija u čija polja se unose: naziv objekta, stacionaža, nagib nivelete, radijus krivine, maksimalne brzine saobraćaja vozova preko svakog pojedinačnog elementa pruge po kategorijama vozova. Na ovaj način pruga se modeluje prema realnim parametrima uzdužnog profila i stacionažama objekata, koloseka, kolosečnih postrojenja i uređaja. Signalizacija se modeluje prema svim funkcionalnim specifikacijama.

Da bi se izvela simulacija kretanja vozova u modelu, potrebno je uneti, čuvati i upravljati podacima o saobraćaju vozova, odnosno potrebno je za svaki voz definisati trasu kretanja (po pruzi i staničnim kolosecima) i elemente reda vožnje (bar vreme polaska iz polazne stanice, minimalno vreme bavljenja u stanicama i na stajalištima ili drugim mestima gde je to potrebno, mestima ukrštanja i preticanja vozova, obrti lokomotiva i garnitura i sl.). U toku simulacije izračunavaju se jednačine kretanja voza i kao jedan od rezultata dobija se vreme vožnje.

Simulacija saobraćaja vozova na modelu izvodi se u modulu za simulaciju. Simulacija može da se radi parcijalno za svaki voz pojedinačno ili za sve vozove istovremeno (uključivanjem ili isključivanjem vozova čekiranjem), može da se radi za period saobraćaja jednog voza, u toku čitavog dana, ili za više dana. U toku simulacije može da se prati kretanje vozova po elementima infrastrukture i njihovo zauzeće i razrešenje, stanje signala, te da se "on line" posmatra crtanje trase vozova na grafikonskoj mreži, odnosno u prostorno vremenskom dijagramu. OpenTrack čuva informacije o kolosečnim kapacitetima i grafikonu reda vožnje kao dokumente.

Izlazni rezultati simulacije mogu da budu prikazani na više različitih načina, a najčešći su po vozu, relaciji ili stanici. Tokom simulacije za svaki voz se kreira virtuelni tahograf, kao izlazna datoteka, u kojem se nalaze podaci o ubrzanju, brzini i pređenom putu. Takođe, izlazni rezultati mogu da se prikazuju u vidu voznih dijagrama, grafikona reda vožnje, šeme zauzetosti staničnih koloseka i raznih statistika prikazanih što grafički, što tabelarno.

3. METODOLOGIJA SIMULACIJE

Za modelovanje i simulaciju definisana je metodologija koja se sastoji od 13 osnovnih faza, i to:

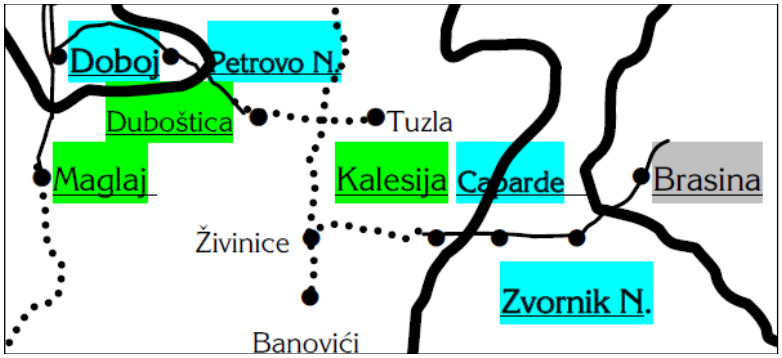
- formulacija ili postavka problema;
- razrada modela (logički opis u vezi sa formulacijom problema);
- priprema podataka (identifikacija, specifikacija i izbor podataka);
- izbor sistema modelovanja i izrada modela na računaru;
- verifikacija modela (provera pravilnosti rada modela kroz nultu simulaciju, tj. utvrđivanje da li se model ponaša kako je kreator/stručnjak zamislio);
- kalibracija modela (postupak dovođewa modela do nivoa rada tako da se ponaša blisko realnom sistemu);
- validacija modela (ocena valjanosti modela, odnosno utvrđivanje da li izlazni rezultati iz modela imaju visok stepen korelacije sa podacima iz realnog sistema);
- planiranje simulacionog eksperimenta;
- eksploatacija modela, tj. eksperimentisanje na modelu;
- utvrđivanje vremena trajanja simulacionog eksperimenta;

- realizacija simulacije za dobijanje željenih rezultata;
- analiza rezultata eksperimenata na bazi metode simulacije na modelu;
- interpretacija dobijenih rezultata: izrada dokumentacije, grafičkih, tabelarnih i drugih prikaza izlaznih rezultata, animacije itd. (Milanović, 2012).

4. MODELOVANJE I SIMULACIJA PRUGE DOBOJ - ZVORNIK NOVI

4.1 Formulacija problema, razrada modela i topologija pruge

Primena savremenih alata u planiranju reda vožnje izuzetno je važna, naročito kada se radi o prugama kod kojih postoji više aktera u planiranju što iziskuje dug proces usaglašavanja. Pruga br 60: Doboj - Petrovo Novo [Dobošnica (Tuzla) - Kelesija] - Ceparde - Zvornik Novi - Državna granica (Brasina ŽS) (slika 1) predstavlja izazov za planere reda vožnje usled postojanja različitih vlasnika infrastrukture i operatera na delovima ove pruge čija je dužina samo 109,5 km.



Slika 1. Šema pruge Doboj - Tuzla - Zvornik Novi

Pruga je jednokolosečna, neelektrificirana i osigurana uređajima međustanične zavisnosti. Saobraćaj uzastopnih vozova na pruzi odvija se u staničnom razmaku. Pruga je kategorije D4, osposobljena za opterećenje po osovini od 225kN i 80kN po dužnom metru.

Na pruzi postoji:

- 14 stanica: Doboj, Sočkovac, Petrovo Novo, Dobošnica (ŽFBH), Lukavac (ŽFBH), Kreka (ŽFBH), Bosanska Poljana (ŽFBH), Tuzla (ŽFBH), Ljubače (ŽFBH), Živinice (ŽFBH), Kalesija (ŽFBH), Ceparde, Oravac, Zvornik Novi;
- 1 ukrsnica: Suvo Polje i
- 13 stajališta: Jošava, Tekućica, Boljanić, Boljanić Novi, Karanovac, Kakmuž, Petrovo, Mricina, Puračić (ŽFBH), Lukavac Teretna (ŽFBH), Bistarac (ŽFBH), Sicki Brod (ŽFBH), Krivače (ŽFBH).

Stanice međuentitetskog prelaza su Petrovo Novo - Dubošica (ŽRS/ŽFBH prelaz u km 29+000) i Kelesija - Ceparde (ŽFBH/ŽRS prelaz u km 25+458).

Maksimalno dozvoljena brzina na pruzi (prema redu vožnje za 2018/2019) je za stanicu Doboj 50 km/h, od stanice Doboj do km 29+000 (granica ŽRS/ŽFBH) je 70 km/h, za pruge ŽFBH 50 km/h, od stanice Zvornik Novi do Drž. granice sa Republikom Srbijom u km 46+800 je 30 km/h. Zaustavni put je 700 m, osim na delu pruge od stanice Živinice do stanice Zvornik Novi gde je 1000 m. Minimalni radijus krivine je 225m (dužina sa prelaznim krivinama iznosi 361,3m, tj. od km 55+690,70 do km 56+052,00) i na tom delu pruge je maksimalno dozvoljena brzina 50 km/h, dok maksimalni radijus krivine iznosi 2000 m. Merodavni nagib na pruzi iznosi 13‰ i nalazi se između stanica Bosanska Poljana - Ljubače i Živinice - Zvornik Novi. Na pruzi postoji 23 neosigurana putna prelaza.

Planirano je da na pruzi saobraćaju vozovi za prevoz putnika u unutrašnjem i međuentitetskom saobraćaju za koje su angažovane dizel motorne garniture (DMG) serije 212, kao i međuentitetski i međunarodni vozovi za prevoz robe kod kojih se za vuču koriste dizel lokomotive serije 661, 642 i 643. Pri čemu se lokomotive serije 642 i 643 mogu upotrebiti kao potiskivalice, a lokomotiva serije 643 se može koristiti za vuču vozova na relaciji Zvornik Novi - Brasina - Zvornik Novi samo ako Q_{max} ne prelazi 1240 t.

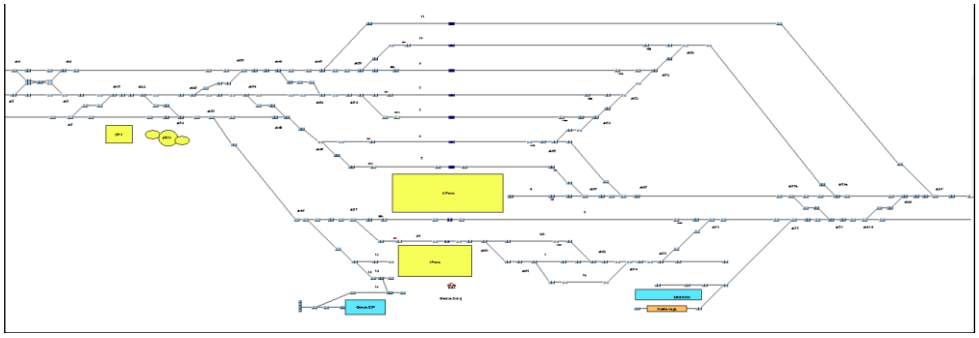
Za granice modela određeni su ulazni signali stanice Doboj od strane stanice Ševarlije u km 86+118 i izlazni signali stanice Brasina u km 46+200.

4.2 Priprema podataka i izrada modela u OpenTrack

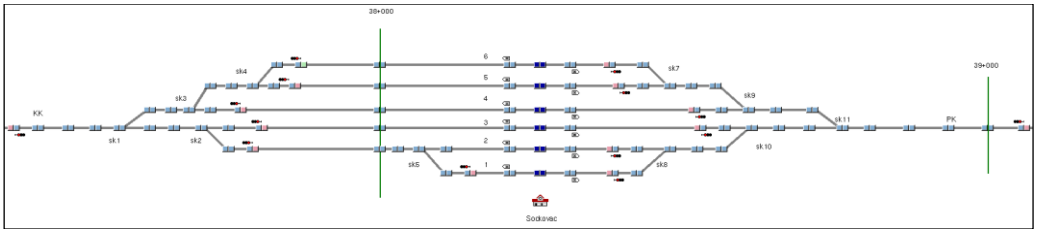
Podaci za izradu modela obezbeđeni su iz baza potaka i evidencija službi preduzeća i to: Sektora za građevinske poslove (pisani uzdužni profil pruge, podaci o stacionaži i radijusima krivina i prelaznih krivina u tabelarnoj formi, šeme stanica, podaci o ograničenim brzinama i laganim vožnjama i dr.), Sektora za elektrotehničke poslove (podaci o signalno-sigurnosnim uređajima na pruzi i u stanicama prema tipu i stacionažama, stacionaže i nivo osiguranja putnih prelaza u nivou), Sektora za vuču vozova (podatke o vučnim vozilima u aktivnom parku i njihove tehničko-eksploatacione karakteristike), Sektora za eksploataciju (Knjižica reda vožnje i STU uz red vožnje, grafikoni planiranog saobraćaja i stvarni grafikoni izvršenog reda vožnje, podaci iz tehnološkog procesa rada stanica na posmatranoj pruzi o redovnim kolosecima za polazak, prolazak, ukrštanje, preticanje i mestima redovnog zaustavljanja vozova u stanicama i na stajalištima) i dr.

Kako su osnovni podaci za izradu modela bili razvrstani u posebnim datotekama, a neki su se nalazili i na šemama stanica, izvršeno je objedinjavanje podataka u okviru jedinstvene elektronske baze (sa sledom elemenata po stacionažama po pružnom koloseku i glavnim prolaznim kolosecima službenih mesta) koja je uz šeme stanica bila pogodna za korišćenje pri izradi modela.

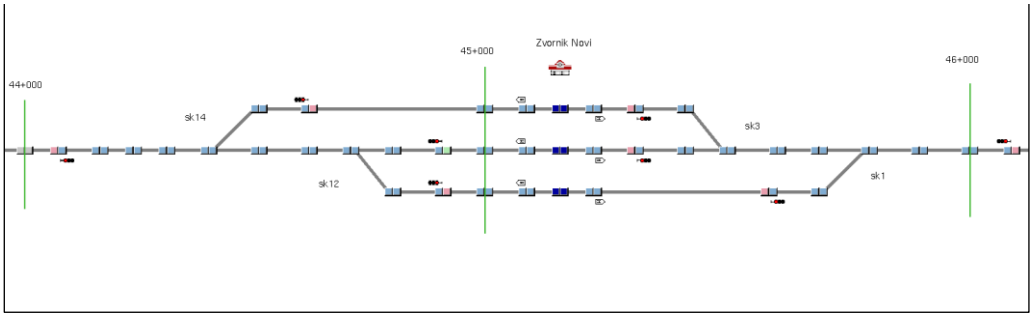
Modelovanje pruge je rađeno fazno uz popunjavanje jedne po jedne potrebne baze podataka. Tako je prvo izrađen model infrastrukturnih elemenata: staničnih i pružnih koloseka, signala i dr. uz unos njihovih atributa u baze podataka (slike 2, 3, 4, 5 i 6) i izradom baze službenih mesta.



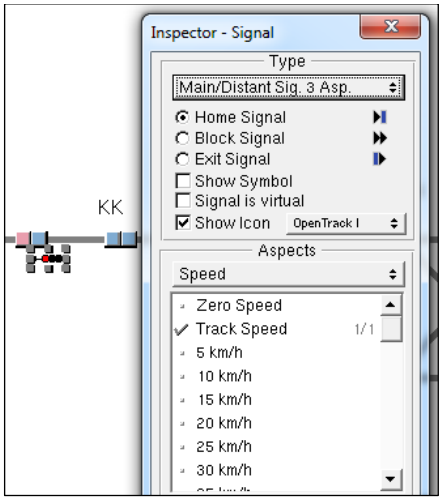
Slika 2. Model stanice Doboj u OpenTrack



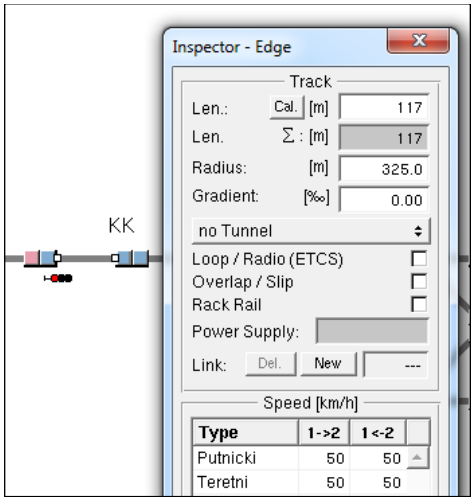
Slika 3. Model stanice Sočkovac u OpenTrack



Slika 4. Model stanice Zvornik Novi u OpenTrack

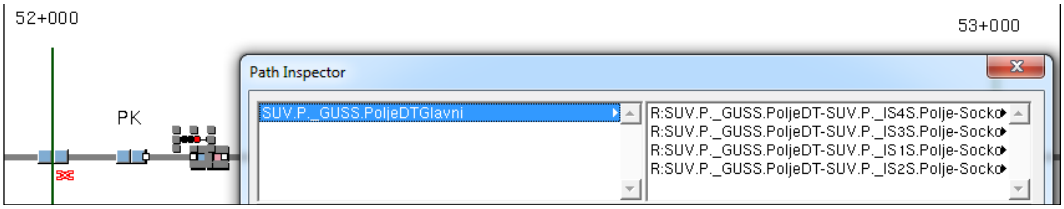


Slika 5. Atributi ulaznog signal stanice Doboj u modelu

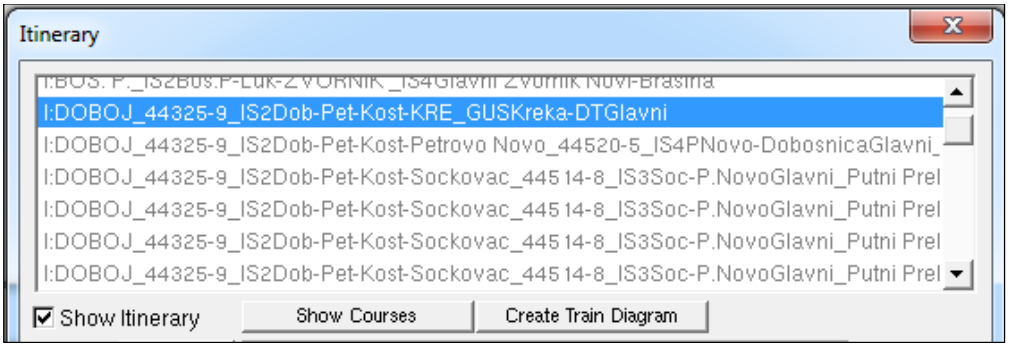


Slika 6. Atributi dela koloseka iza ulaznog signala stanice Doboj u modelu

Zatim su elementi infrastrukture grupisani u sigurnosne elemente: putanje, rute (slika 7) i itinerere (slika 8).

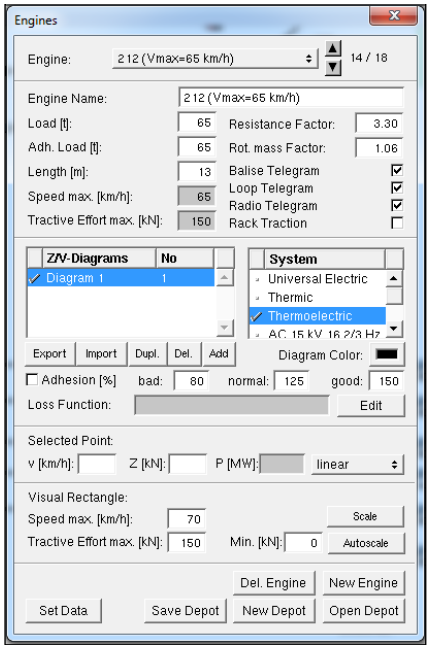


Slika 7. Ulazni putevi vožnje u stanicu Suvo Polje od ulaznog signala od strane stanice Doboj

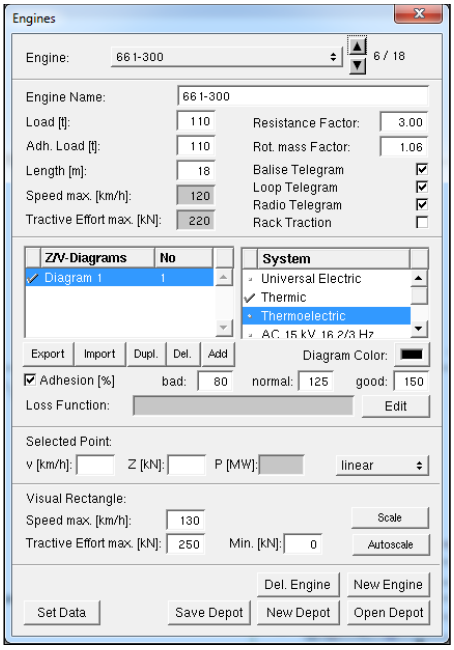


Slika 8. Itinereri za kretanje vozova na pruzi Doboj - Zvornik Novi

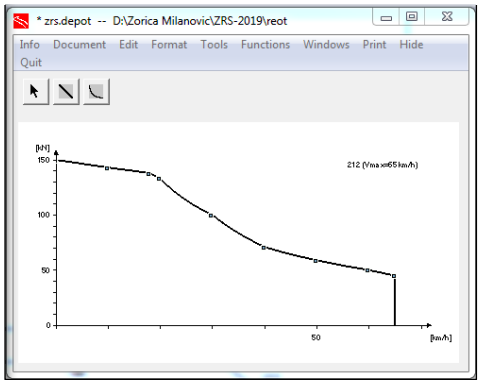
Potom je urađena baza vučnih vozila (slike 9, 10, 11 i 12).



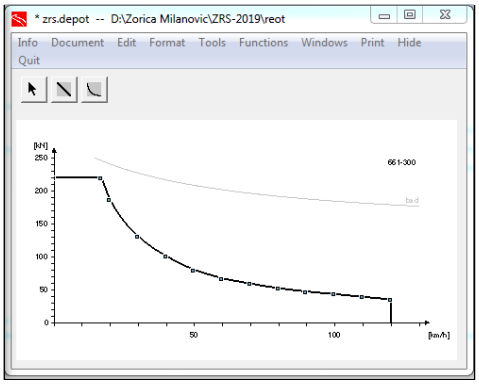
Slika 9. Podaci za DMG 212 u bazi .depot



Slika10. Podaci o lok. 661-300 u bazi .depot

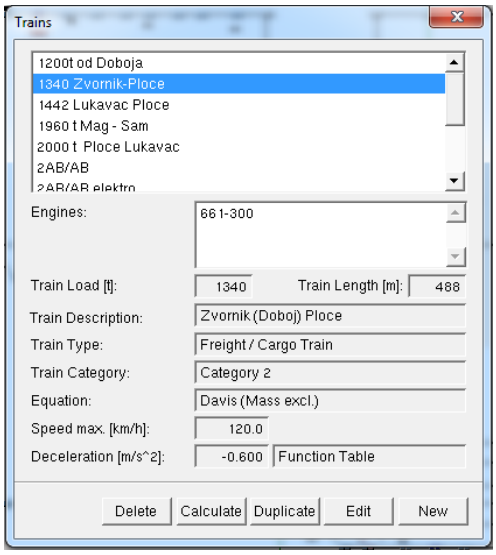


Slika 11. Vučni pasoš DMG 212 u bazi .depot

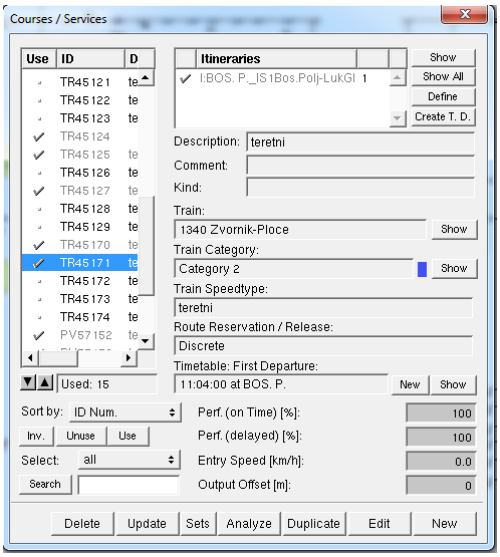


Slika 12. Vučni pasoš 661-300 u bazi .depot

Nakon toga je urađena baza voznih sastava (slika 13) i na kraju baza vozova tako što su voznim sastavima dodeljeni brojevi, itinereri (slika 14).

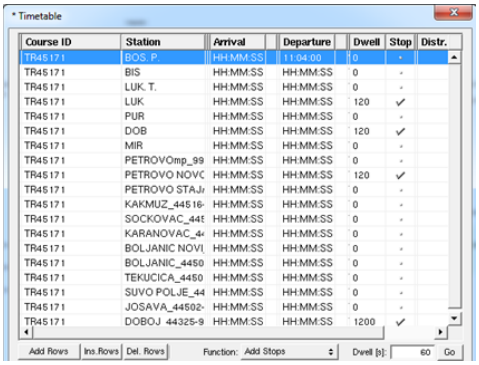


Slika 13. Baza voznih sastava



Slika 14. Baza vozova

Na kraju su vozovima dodeljeni osnovni elementi reda vožnje (vreme polaska iz polazne stanice i vreme bavljenja u službenim mestima na pruzi) tako da se u toku simulacije proračunima jednačina kretanja voza dobiju vremena vožnje i vremena dolaska u svaku stanicu i polaska iz svake stanice (slika 15), što se nalazi u bazama izlaznih podataka.



Slika 15. Planirani red vožnje za odabrani voz

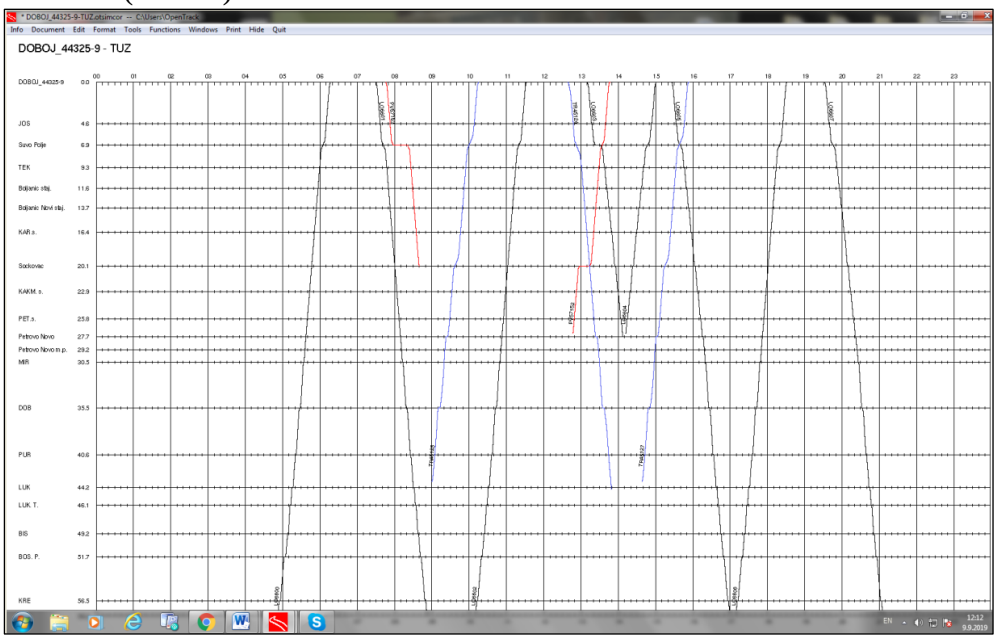
4.3 Verifikacija, kalibracija i validacija modela

Model je verifikovan nultom simulacijom. Utvrđeno je da se model ponaša po svim principima i pravilima koji važe u železničkom saobraćaju, tj. aktivni infrastrukturni elementi (skretnice, signalni uređaji) reaguju na zadate putanje kretana voza i kretanje voza kroz model identično je kretanju voza u realnom sistemu.

Validacija, odnosno ocena valjanosti modela urađena je upoređenjem izlaznih podataka simulacije o vremenu vožnje putničkog voza 6605 i teretnog voza 45171 sa podacima iz realnog sistema, odnosno sa podacima iz stvarnog grafikona. Utvrđeno je da su vremena vožnje vrlo bliska vremenima vožnje zabeleženim u stvarnim grafikonima. Zatim je planirana i urađena simulacija svih vozova za dobre i loše uslove eksploatacije, za period od 24 časa. Simulacioni eksperimenti su radjeni nekoliko puta kako bi se potvrdila identičnost izlaznih rezultata.

5. REZULTATI SIMULACIONIH EKSPERIMENATA

Rezultati simulacionih eksperimenata su brojni i oni se smeštaju u baze izlaznih rezultata koji mogu biti tabelarni i grafički. Osnovnim izlaznim rezultatima smatraju se brzina voza u funkciji vremena i pređenog puta i drugi rezultati proračuna elemenata reda vožnje, podaci o zauzeću kolosečnih kapaciteta i razne statistike po vozu i dr.. Grafički editor omogućuje da se u toku simulacije prati izrada (plotovanje) grafikona reda vožnje (prostorno-vremenskog dijagrama). Primer grafikona reda vožnje u OpenTrack-u dat je za deonicu od stanice Doboj do stanice Tuzla (slika 16).



Slika 16. Grafikon reda vožnje na deonici Doboj - Tuzla u OpenTrack-u

Grafikon reda vožnje u OpenTrack-u rađen je na osnovu podataka koji su rezultat proračuna raznih diferencijalnih jednačina kretanja voza po pruzi gde se u proračun uzimaju realne vrednosti atributa svakog pojedinačnog elemenata (dužina, otpori od nagiba, krivina i tunela, maksimalno dozvoljene brzine i dr.) za razliku od klasičnih metoda za proračun voznih vremena kod kojih se u proračune uvode redukovane vrednosti uzdužnog profila trase i merodavne vrednosti nagiba (uspon, pad i otpor), kao i usvojene vrednosti za ubrzanje i zaustavljanje voza. Softver omogućuje da se grupisanjem elemenata infrastrukture u sigurnosne elemente i praćenjem realnog vremena zauzeća i razrešenja ovih elemenata eliminiše potreba za proračunima staničnih intervala na klasičan način.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Za planere saobraćaja i saobraćajne infrastrukture (kolosečnih kapaciteta, signalizacije, elektrifikacije i dr.) veoma je važna primena savremenih sofisticiranih metoda i alata, a pre svega primena metode simulacije na modelu. Primenom softvera OpenTrack moguće da se na izgrađenom modelu na jednostavan i brz način izrađuju razni scenariji saobraćaja u sadašnjosti i perspektivi. Takođe, moguće je da se izrađuje model planiranih modifikacija elemenata postojeće infrastrukture ili potpuno novo projektovane infrastrukture i prati odnos između obima saobraćaja i saobraćajne infrastrukture po kojoj se on odvija. Uz to, ovaj softver omogućuje i simulaciju raznih poremećaja u saobraćaju što omogućuje i druga "ako-onda" ("if-then") istraživanja. Rezultati istraživanja se, pre svega smatraju, dodatnim argumentima za donošenje odluka kod izrade raznih operativnih, taktičkih i strateških planova. Da bi uvođenje metode simulacije u planiranje železničkog saobraćaja bilo efikasno i produktivno potrebno je angažovanje visokoobrazovanog stručnog kadra čiji rad bi bio organizovan u okviru posebne službe ili laboratorije za simulaciju, koja bi imala neposrednu saradnju sa svim službama koje obezbeđuju ažurne ulazne podatke od značaja za izgradnju modela, kao i sa donosiocima odluka od operativnog do najvišeg nivoa upravljanja preduzećem. Pokazalo se da je metod simulacije na modelu posebno pogodan u uslovima liberalizacije tržišta, kod kojih se odnos operater vlasnik infrastrukture zasniva, pre svega na zakupu trase. Tako da softveri za simulaciju mogu da budu od koristi i vlasnicma infrastrukture i operaterima. Kako je red vožnje akt upravljača infrastrukture, a proračun elemenata trase treba da se zasniva na realnim podacima o sastava voza (vučnom i vučenim vozilima) koji su vlasništvo operatera potrebno je da obe strane pre ugovaranja mogu na jednostavan i brz način obezbede podatke o elementima reda vožnje što jedino može da se realizuje putem simulacije saobraćaja željenog voza preko definisane infrastrukture.

7. LITERATURA

Huerlimann, D. and Nash, B.A.(2017). User manual „OpenTrack Simulation of Railway Networks", Version 1.9, Institute for Transport Planning and Systems, ETH Yrich.

Milanović, Z. (2012). Elektronsko poslovanje u planiranju saobraćaja zasnovano na modularnoj primeni mikro-simulacionih modela, doktorska disertacija, Megatrend univerzitet, Fakultet za poslovne studije, Beograd.

Milanović, Z. & Gopčević, Š., (2017). Digitalna infrastruktura kao osnova za simulaciju železničkog saobraćaja - Iskustva železnica Srbije, Četvrti BiH Kongres o željeznicama, Sarajevo, BiH, 26.-27. oktobar 2017, Zbornik radova, ISSN 2233-0100, 219-230.

Red vožnje 60, 62, 62a, 63 i 64 i Saobraćajno-transportno uputstvo uz red vožnje, Važi od 10.12.2018. do 8.12.2019. godine, Željeznice Republike Srpske a.d., Doboj 2018.

Poslovni redovi i tehnološki procesi rada stanica na pruzi Doboj - Zvornik Novi - Drž. granica. i stanice Brasina (ŽS)

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

MEASURING THE EFFICIENCY OF THE RAILWAY UNDERTAKING BY APPLICATION OF FUZZY LOGIC

MJERENJE EFIKASNOSTI ŽELJEZNIČKIH PREDUZEĆA PRIMJENOM FAZI LOGIKE

Aleksandar Blagojević[a], Branislav Gavrilović[a], Zoran Bundalo[a], Slavko Vesković[b], Sanja Simić[c]

[a] *High Railway School of Vocational Studies, Zdravka Čelara 14, Belgrade 11000, Serbia, aleksandar.blagojevic23@gmail.com, gavrilovicbranislav5@gmail.com, cheminot@gmail.com*

[b] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, veskos@sf.bg.ac.rs*

[c] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, sanja.simic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Measuring company performance inevitably becomes a prerequisite for the survival of companies in the market in today's dynamic and highly turbulent environment. Modern systems of measuring efficiency include not only business results in the form of financial indicators, but also the causes of the achieved results, which can only be known through certain indicators. The application of the new European transport policy at the end of the last century caused major changes in Europe's transport system. Traffic is being developed in accordance with the goals of sustainable development. With the market liberalization, railway operators are forced to act like all other modern companies in other markets and other industries, which means they must constantly develop and maintain competitive advantages, or be better than others. For railway companies undergoing a transformation process, it is very important to form a performance/efficiency measurement system that is appropriate to modern business conditions. Operations in today's dynamic and competitive intensive environment by railway operators require precisely constant measurement of non-financial indicators, which are identified as causes of the financial result, so that eventual negative trends can be corrected before their effect negatively affects the final result of operations, which is, as a rule, evaluated from a financial perspective. This paper develops an innovative model for assessing the volume of work of railway undertakings for the transport of goods, which can greatly help to increase the competitiveness of railway undertakings in the single railway market.*

Key words: *Railway undertaking, efficiency, method, fuzzy logic, model*

Apstrakt*: Mjerenje performansi preduzeća neminovno postaje uslov opstanka kompanija na tržištu u uslovima savremenog dinamičnog i veoma turbulentnog okruženja. Savremeni sistemi mjerenja efikasnosti ne obuhvataju samo poslovne rezultate u obliku finansijskih pokazatelja, već i uzroke ostvarenih rezultata koje je moguće spoznati isključivo kroz određene indikatore. Primjena nove evropske saobraćajne politike krajem prošlog vijeka izazvala je velike promjene u saobraćajnom sistemu Evrope. Na sceni je velika transformacija transportnih preduzeća u efikasne kompanije koje sutra treba da posluju na liberalizovanom evropskom transportnom tržištu. Nastupom liberalizacije tržišta željeznička preduzeća primorana su da se ponašaju kao i sva druga savremena preduzeća na drugim tržištima i u drugim industrijama, što znači da moraju konstantno razvijati i održavati konkurentske prednosti, odnosno da budu bolja od drugih. Za željeznička preduzeća koja prolaze kroz proces transformacije vrlo je važno da oblikuju sistem mjerenja efikasnosti primjeren savremenim uslovima poslovanja. Poslovanje u današnjem dinamičnom i konkurentski intenzivnom okruženju od željezničkih preduzeća zahtijeva upravo konstantno mjerenje nefinansijskih pokazatelja, koji su prepoznati kao uzroci finansijskog rezultata, kako bi eventualni negativni trendovi bili ispravljeni prije nego što se njihov učinak negativno odrazi na krajnji rezultat poslovanja koji se po pravilu vrednuje iz finansijske perspektive. U ovom radu je razvijen inovativni model za ocjenu obima rada željezničkih preduzeća za transport robe koji u velikoj mjeri može pomoći povećanju konkurentskih sposobnosti željezničkih preduzeća na jedinstvenom željezničkom tržištu.*

Ključne riječi: *željezničko preduzeće, efikasnost, metod, fazi logika, model*

1. UVOD

Primjena nove evropske saobraćajne politike krajem prošlog vijeka izazvala je velike promjene u saobraćajnom sistemu Evrope. Saobraćaj se razvija u skladu sa ciljevima održivog razvoja. Na sceni je velika transformacija transportnih preduzeća u efikasne kompanije koje sutra treba da posluju na liberalizovanom evropskom transportnom tržištu. Željeznica je, kao veliki poslovni sistem, pred velikom prekretnicom u svom poslovanju. Bitno se mijenja poslovna i razvojna filozofija željeznice kao sistema, upravljački mehanizmi i njena organizovanost. Država u cjelini treba da preuzme odgovornost za funkcionisanje infrastrukture, a željezničko transportno preduzeće za komercijalnu djelatnost i odgovornost za rezultate. Liberalizacija željezničkog transportnog tržišta podrazumijeva, prije svega, slobodan i nediskriminišući pristup željezničkoj infrastrukturi uz činjenicu da funkciju prevoza obavlja veći broj željezničkih preduzeća na odgovarajućoj nacionalnoj željezničkoj mreži. Nastupom liberalizacije tržišta željeznička transportna preduzeća primorana su da se ponašaju kao i sva druga savremena preduzeća na drugim tržištima i u drugim industrijama, što znači da moraju konstantno razvijati i održavati konkurentske prednosti, odnosno da budu bolja od drugih. U današnjim konkurentski vrlo intenzivnim uslovima to je i najteže postići. Pred željezničkim transportnim preduzećima postavljen je izazov koji podrazumijeva pronalaženje optimalnih rješenja da posluju efikasno i efektivno, da bi na transportnom tržištu ne samo opstali, već i da razviju i održavaju svoje konkurentske prednosti. Mjerenje i unaprijeđenje efikasnosti i efektivnosti rada željezničkog preduzeća je preduslov uspješnog poslovanja i opstanka na tržištu. Mjerenje efikasnosti preduzeća predstavlja jednu od ključnih menadžerskih aktivnosti u savremenim preduzećima koja nam pruža uvid u stanje u kojem se preduzeće trenutno nalazi, ciljeve koje je potrebno ostvariti u budućnosti, ali i trenutni položaj na putu do postavljenih ciljeva. Savremeni sistemi mjerenja efikasnosti ne obuhvataju samo poslovne rezultate u obliku finansijskih pokazatelja, već i uzroke ostvarenih rezultata koje je moguće spoznati isključivo kroz određene indikatore. Sistem mjerenja efikasnosti nesporno je od strateškog značenja za svako preduzeće koje želi opstati i razvijati se u današnjim uslovima i zbog toga mora biti adekvatno integrisan u sistem strateškog upravljanja.

Predmet istraživanja ovog rada proističe iz potrebe zemalja Evrope, bilo da su članice EU ili apliciraju za članstvo, da uspostave tržišne principe poslovanja u željezničkom sektoru. To se, prije svega, odnosi na liberalizaciju željezničkog tržišta i uvođenju većeg broja željezničkih transportnih preduzeća, a u kontekstu njenih reformi usaglašenih sa integracijom u Evropsku uniju i savremeno međunarodno transportno tržište. U užem smislu, predmet istraživanja fokusira pojam željezničkog transportnog preduzeća preko razvoja modela za ocjenu njegovog obima rada, posebno u procesu restrukturiranja evropskih željeznica, a zatim i testiranjem na konkretnom primjeru. Reforme željezničkog sektora kako u EU, tako i kod zemalja aspiranata za članstvo, imaju multifokalni karakter i neposredno su vezane i uslovljene potrebom rasta ekonomske efikasnosti ovog sistema. Koristeći osobinu Fuzzy logike u ovom radu razvijen je model za ocjenu obima rada željezničkih preduzeća za transport robe.

2. STANJE U OBLASTI ISTRAŽIVANJA

Evropska unija je započela sveobuhvatan proces restrukturiranja i komercijalizacije željezničkog saobraćaja, koji omogućuju reafirmaciju i poboljšanje kvaliteta željezničkih usluga i efikasnosti željeznice. Polazni dokumenti za ostvarivanje cilja su: Plan željeznica, Povelja o teretnom saobraćaju, Direktiva 2004/51/EC, Evropska tehnička strategija za željeznička preduzeća (Bijela knjiga 1996 i 2011). Glavni cilj dokumenata EU je osposobljavanje željeznice za konkurentnost na transportnom tržištu. Da bi se ispunili uslovi, u skladu sa prethodnim ciljem, željeznica mora biti multi-funkcionalna i treba da smanji ukupnu cijenu kroz: veliki kapacitet (putnički i teretni kilometri po kilometru pruge); visoka pouzdanost usluga (povećan procenat blagovremene dostave i manje kašnjenje); nizak nivo emisije ugljendioksida (tona po putničkom i teretnom kilometru); smanjenje buke; povećana udobnost i adekvatan putnički prostor (željeznička stanica); povećana dostupnost mobilnih kapaciteta; bolja informisanost (prije i tokom putovanja); bolja bezbjednost (od trenutka ulaska do trenutka izlaska iz stanice); stabilan nivo pouzdanosti (ukupan ekvivalent izgubljenih života, kao rezultat rada sistema).

Izučavanjem dostupne naučno – stručne literature koja obrađuje tematiku efikasnosti i efektivnosti, hronološkim redom po godinama izdanja navodene je nekoliko značajnijih rezultata i zaključaka: 1) Garcia-Cebrian, i Jorge-Moreno (1999) iznose rezultate istraživanja u kojem su na 21 željezničkom preduzeću posmatrali uticaj organizacijskih promjena na poslovnu efikasnost (povećanje prihoda, smanjenje troškova, povećanje produktivnosti). 2) Ehrma NN (2001) ističe da je deficit državnih željeznica ogroman i da je pitanje efikasnosti kompanija postalo aktuelno u ekonomsko-političkim debatama. Stalni deficiti željeznica takođe

ukazuju na to da bi višak kapaciteta u cijeloj industriji uz nedostatak efikasnosti željeznica pod državnom upravom mogao biti glavni razlog za nedovoljan ili negativan povrat uloženog kapitala. U vremenima kada u cijelom svijetu postoji veliki javni dug, država ima prirodan interes da se željeznička preduzeća prilagode i da kapital koji je njima dodijeljen učine isplativim. 3) Ming-Miin Yu i Erwin T.J. Lin (2008) su ocijenjivali putničku i teretnu tehničku efikasnost, efikasnost usluga i tehničku efikasnost 20 odabranih željeznica drugih zemalja za 2002. godinu. Studija je otkrila da se ove mjere značajno razlikuju. Budući da analiza obavijanja podataka multi-aktivnih mreža modelira realnost poslovanja željeznice, može se dodatno dobiti uvid u postojeće stanje i na taj način mogu se predložiti strategije za poboljšanje operativnih performansi. 4) Pavlyuk Dmitry (2008) u svojoj studiji "Analiza efikasnosti željeznica evropskih zemalja", koristi analizu stohastičkih granica za procjenu efikasnosti željezničkog sistema u evropskim zemljama. On željeznicu posmatra kao sistem koji koristi svoju dužinu operativnih linija, broj lokomotiva i vagona, zaposlene i skalu tržišta kao što su broj stanovnika i turista za prevoz putnika i tereta. Rezultat istraživanja je pokazao da željeznički sistemi imaju ogromne razlike u tehničkoj efikasnosti između različitih zemalja, kao i između teretnog i putničkog transporta unutar iste zemlje. 5) Friebel, Ivaldi i Vibes (2010) pokušali su izmjeriti uticaj reformi u evropskim željeznicama na tehničku efikasnost željeznice. Da bi to postigli, koristili su analizu ulaznih i izlaznih podataka, primjenom funkcije Cobb-Douglas koja implicitno pretpostavlja odvajanje između ulaznih i izlaznih podataka. Za ulazne podatke koristili su dužinu pruga na mreži i broj zaposlenih a kao izlazne podatke putničke km i tonske km posebno za putnički i teretni transport. Radili su na uzorku 11 evropskih zemalja za period 1980-2003. godine. U fizičke podatke od ranije, oni su dodali tri vrste reformi koje su se desile u Evropi, i to, odvajanje, ulazak drugih kompanija (konkurencija) i postojanje nezavisnog regulatornog tijela. Njihovi rezultati ukazuju na to da su reforme željeznice povećale efikasnost željezničkog transporta, kao i da su reforme uspješnije kada se primjenjuju sekvencijalno, umjesto sve odjednom. 6) Azadeh i Salehi (2014) definišu metodologiju baziranu na DEA analizi u cilj da se ispita efikasnost upravljača i prevoznika i da se definišu nedostaci. Autori navode da nivo izdržljivosti sistema zavisi od količine nedostataka. Što su manji nedostaci u funkcionisanju između prevoznika i upravljača (što je manji jaz između njih), performanse preduzeća će biti efikasnije u smislu izazova i poteškoća u stvarnom radu. 7) Andriulo i Gnoni (2014) predlažu metodološki okvir za ispitivanje globalne efikasnosti sistema upravljanja „near miss events“ (događajima koji su mogli dovesti do nesreće). Model je zasnovan na pristupu racionalne bezbjednosti („lean safety“), koji predstavlja globalnu strategiju za poboljšanje efikasnosti. Ovaj pristup zasnovan je na Deming ciklusu, a to je model konstantnog poboljšanja kvaliteta koji uključuje četiri koraka, a to su planiranje (plan), izvršenje (do), provjera (check), djelovanje (act), koji se stalno ponavljaju. Osim toga, primjenjuje se i koncept „lične odgovornosti“- svaki zaposlenik u skladu sa svojim mogućnostima doprinosi poboljšanju performansi preduzeća.

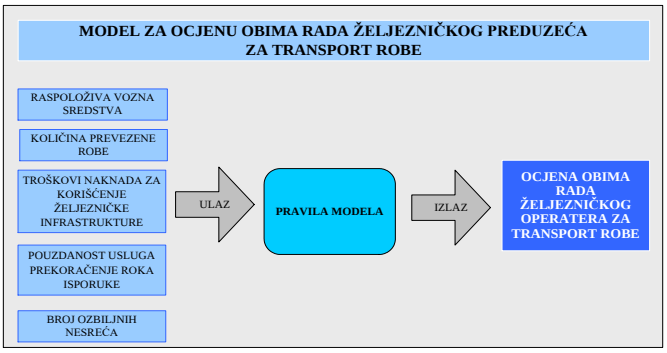
Nezavisno od vrste sistema pojavljuje se potreba za praćenjem i kvantifikovanjem efekata poslovanja. Jedan od osnovnih pokazatelja je definisanje odnosa uloženih resursa i ostvarenih ciljeva. Problem mjerenja efikasnosti željezničkih preduzeća u literaturi je apostrofiran kao problem mjerenja efikasnosti višefaznih (višeetapnih) procesa. Najčešće korišćena metoda za ocjenu efikasnosti višefaznih procesa je Analiza obavijanja podataka ili DEA (Data Envelopment Analysis) metoda. U literaturi postoji čitav spektar modela za ocjenu efikasnosti baziranih na DEA modelima ali nije zastupljeno mjerenje efikasnosti i efektivnosti željezničkih preduzeća primjenom fuzzy logike. Vodeći se tim u ovom radu razvijen je model za ocjenu efikasnosti obima rada željezničkih preduzeća za transport robe korišćenjem fuzzy logike.

3. MODEL ZA OCJENU OBIMA RADA ŽELJEZNIČKOG PREDUZEĆA ZA TRANSPORT ROBE

U postupku razvoja modela za ocjenu efikasnosti obima rada definisane su grupe kriterijuma i to: kriterijumi resursa (kapaciteta), operativni kriterijumi, finansijski kriterijumi, kvalitet usluga i bezbjednost koji utiču na efikasnost i efektivnost željezničkog transportnog preduzeća. Metodom FAHP izvršeno je njihovo rangiranje po grupama i za razvoj modela su izabrani oni kriterijumi koji su u svakoj grupi imali prioritet. Detaljno opisano u radu “Using fuzzy multi criteria decision making approach for the evaluation of efficiency of freight rail operators” (Blagojević, A, i dr., 2018). Kod razvoja modela za ocjenu obima rada željezničkih preduzeća za transport robe definisani su fuzzy ulazni i izlazni parametri. Fuzzy ulazni parametri su raspoloživi broj voznih sredstava (broj lokomotiva i teretnih kola), količina prevezene robe, troškovi naknada za korišćenje željezničke infrastrukture, pouzdanost (prekoračenje roka isporuke) i broj ozbiljnih nesreća. Fuzzy izlazna promjenljiva ocjenjuje obim rada željezničkog preduzeća za transport robe. U radu Blagojević, A, i dr., 2018. razvijen je model za ocjenu obima rada željezničkog preduzeća za transport putnika gdje su opisani (parametri) kriterijumi koji su slični ulaznim promjenljivim i za ovaj model ocjene obima rada željezničkog preduzeća za transport robe, naravno sa sasvim drugačijim vrijednostima i načinom utvrđivanja, odnosno vrednovanja.

Opisani su kriterijumi koji su takođe ulazi i za ovaj model ocjene obima rada željezničkog preduzeća za transport robe osim kriterijuma količina prevezene robe i pouzdanost – prekoračenje roka isporuke. Pokazatelji proizvodnog zadatka, transporta robe kao osnovne djelatnosti željezničkog preduzeća za transport robe izražava se kroz količinu prevezene robe. Željezničko preduzeće transportom robe ubire određene prihode preko kriterijuma koji daju mogućnost sagledavanja količine izvršenog rada. Pouzdanost usluge željezničkog preduzeća za transport robe izražava se kroz mjeru tačnosti vozova. Tačnost vozova se odnosi na devijacije u redom vožnje predviđenim vremenima otpreme i prispjeća vozova.

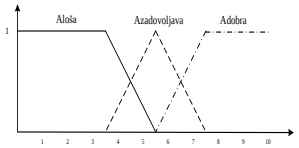
Predloženi model je testiran i verifikovan kroz istraživanje sprovedeno na uzorku željezničkog preduzeća za transport robe u BiH, odnosno željeznicama Republike Srpske. Na slici 1. dat je prikaz izgleda strukture modela za ocjenu obima rada željezničkog preduzeća za transport robe (Blagojević, A., 2016).



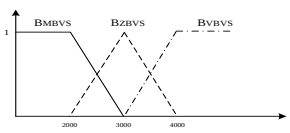
Slika 1. Izgled strukture modela za ocjenu obima rada željezničkog preduzeća za transport robe

4. DEFINISANJE FUNKCIJA PRIPADNOSTI I BAZE FUZZY PRAVILA

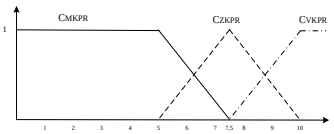
Prilikom razvoja fuzzy modela osnovni problem je određivanje parametara funkcija pripadnosti i baze fuzzy pravila. Izbor parametara funkcije pripadnosti je prethodno sproveden metodom Fuzzy AHP (Blagojević, A,, i dr., 2018). Pregledom literature, utvrđeno je da se primjenom funkcija pripadnosti Gausovskog oblika postiže najveća preciznost izlaznih rezultata. Zato je u modelu generisan ovaj oblik krive. Intervali veličine ulazne i izlazne promenljive su definisani na osnovu stvarnih podataka željezničkog preduzeća za transport robe željeznica Republike Srpske. Za definisanje pravila korišćeni su podaci dobijeni anketiranjem eksperta i samoprocjenom autora. Znanje eksperta izraženo je pomoću određenog broja lingvističkih pravila. Model je baziran na Mamdani sistemu fuzzy zaključivanja i min – max metodi direktnog zaključivanja, dok je za proces defazifikacije primjenjen metod centroida. Model je razvijen uz pomoć programskog paketa MATLAB verzija R2013a. Za razvoj fuzzy modela je korišćen Fuzzy Logic Toolbox. U modelu za ocjenu obima rada preduzeća za transport robe definisana je fuzzy izlazna promjenljiva A i fuzzy ulazne promjenljive: B, C, D, E i F. Fuzzy izlazna promjenljiva A procjenjuje ocjenu obima rada željezničkog preduzeća. Pretpostavljeno je da ocjena može biti: ″LOŠA″, ″ZADOVOLJAVAJUĆA″ ili ″DOBRA″, a da je kvantifikacija ocjene od 1 do 10. Funkcije pripadnosti fuzzy skupova $A_{LOŠA}$, $A_{ZADOVOLJAVAJUĆA}$ i A_{DOBRA} prikazane su na slici 2. Fuzzy ulazna promjenljiva B opisuje raspoloživi broj voznih sredstava. Pretpostavljeno je da broj voznih sredstava može biti: ″MALI″ (M_{BVS}), ″ZADOVOLJAVAJUĆI″ (Z_{BVS}) ili ″VELIKI″ (V_{BVS}), a da je kvantifikacija ocjene od 2000 do 4000 voznih sredstava. Funkcije pripadnosti fuzzy skupova B_{MBVS} , B_{ZBVS} i B_{VBVS} prikazane su na slici 3. Fuzzy ulazna promjenljiva C opisuje ostvareni rad preduzeća preko količine prevezene robe. Pretpostavljeno je da broj prevezene robe može biti: ″MALI″ (M_{KPR}), ″ZADOVOLJAVAJUĆI″ (Z_{KPR}) ili ″VELIKI″ (V_{KPR}), a da je kvantifikacija ocjene od 5 miliona do 10 miliona tona prevezene robe. Funkcije pripadnosti fuzzy skupova C_{MKPR}, C_{ZKPR} i C_{VKPR} prikazane su na slici 4.



Slika 2. *Funkcija pripadnosti fuzzy skupova A_L, A_Z, i A_D*

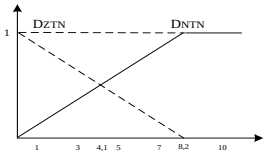


Slika 3. *Funkcija pripadnosti fuzzy skupova B_{MBVS} , B_{ZBVS} i B_{VBVS}*

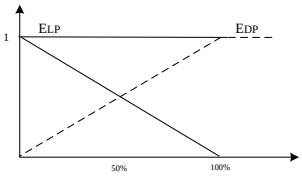


Slika 4. *Funkcija pripadnosti: C_{MKPR}, C_{ZKPR} i C_{VKPR}*

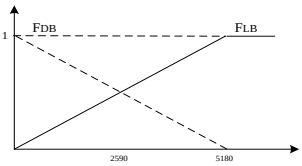
Fuzzy ulazna promjenljiva D opisuje troškove naknada za korišćenje željezničke infrastrukture. Pretpostavljeno je da ovi troškovi koji oličavaju troškove poslovanja železničkog transportnog preduzeća mogu da budu: ″ZADOVOLJAVAJUĆI″ (ZTN), ili ″NEZADOVOLJAVAJUĆI″ (NTN). Funkcije pripadnosti fuzzy skupova D_{ZTN}, i D_{NTN} prikazane su na slici 5. Fuzzy ulazna promjenljiva E predstavlja pouzdanost usluga (prekoračenje roka isporuke). Ovaj parametar predstavlja značajnu ocjenu kvaliteta usluge. Pretpostavljeno je da može da bude: ″LOŠA″ (LB) ili ″DOBRA″ (DB). Funkcije pripadnosti fuzzy skupova E_{LP} i E_{DP} prikazane su na slici 6. Fuzzy ulazna promjenljiva F predstavlja broj ozbiljnih nesreća po voznom kilometru. Ovaj parametar predstavlja značajnu ocjenu kvaliteta usluge jer je bezbjednost jedan od najznačajnijih elemenata kvaliteta. Na osnovu standarda koje je propisala Evropska komisija u vezi bezbjednosti pretpostavljeno je da nivo bezbjednosti može da bude: ″LOŠ″ (LB) ili ″DOBAR″ (DB). Funkcije pripadnosti fuzzy skupova F_{LB} i F_{DB} prikazane su na slici 7.



Slika 5. *Funkcija pripadnosti: D_{ZTN}, i D_{NTN}.*



Slika 6. *Funkcija pripadnosti: E_{LP} i E_{DP}.*



Slika 7. *Funkcija pripadnosti: F_{LB} i F_{DB}*

Koristeći opšte poznata pravila fuzzy logike (Nowicki, 2009), razvijen je algoritam aproksimativnog rezonovanja za ocjenu obima rada železničkih preduzeća za transport robe koji se u ovom radu, sastoji se od sljedećih fuzzy pravila (Blagojević, A., 2016):

I. Raspoloživi broj voznih sredstava

″MALI″≤ 2000

Količina prevezene robe MALA				
Troškovi naknada za korišćenje želj. infrastrukture	Pouzdanost	Broj ozbiljnih nesreća	Ocjena obima rada	Težina
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	LOŠA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	LOŠA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
Količina prevezene robe ZADOVOLJAVAJUĆA				
Troškovi naknada za korišćenje želj. infrastrukture	Pouzdanost	Broj ozbiljnih nesreća	Ocjena obima rada	Težina
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	LOŠA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
Količina prevezene robe VELIKA				
Troškovi naknada za korišćenje želj. infrastrukture	Pouzdanost	Broj ozbiljnih nesreća	Ocjena obima rada	Težina
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	DOBRA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	DOBRA	0.5

II. Raspoloživi broj voznih sredstava ″ZADOVOLJAVAJUĆI″ 2000 do 4000

Količina prevezene robe MALA				
Troškovi naknada za korišćenje želj. infrastrukture	Pouzdanost	Broj ozbiljnih nesreća	Ocjena obima rada	Težina
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	LOŠA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
Količina prevezene robe ZADOVOLJAVAJUĆA				
Troškovi naknada za korišćenje želj. infrastrukture	Pouzdanost	Broj ozbiljnih nesreća	Ocjena obima rada	Težina
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	DOBRA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	DOBRA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	DOBRA	1
Količina prevezene robe VELIKA				
Troškovi naknada za korišćenje želj. infrastrukture	Pouzdanost	Broj ozbiljnih nesreća	Ocjena obima rada	Težina
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	DOBRA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	DOBRA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	DOBRA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	DOBRA	1

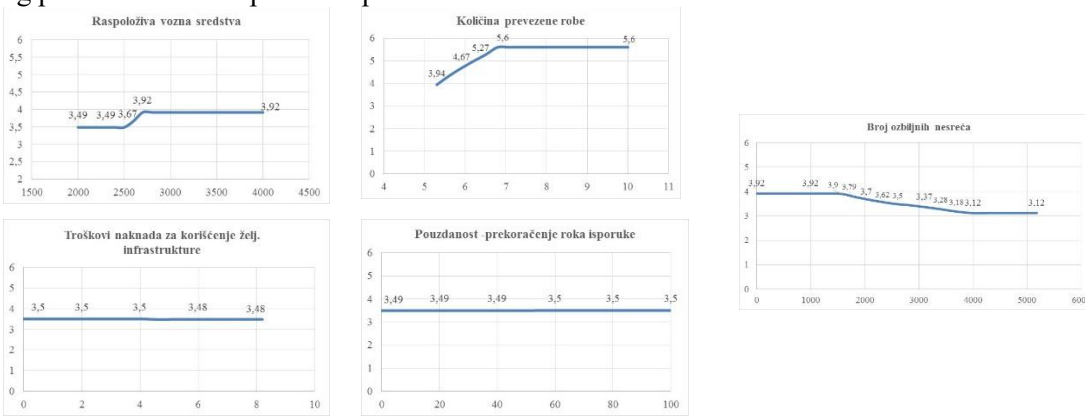
III. Raspoloživi broj voznih sredstava ″VELIKI″ ≥ 4000

Količina prevezene robe MALA				
Troškovi naknada za korišćenje želj. infrastrukture	Pouzdanost	Broj ozbiljnih nesreća	Ocjena obima rada	Težina
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	LOŠA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
Količina prevezene robe ZADOVOLJAVAJUĆA				
Troškovi naknada za korišćenje želj. infrastrukture	Pouzdanost t	Broj ozbiljnih nesreća	Ocjena obima rada	Težina
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	DOBRA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	DOBRA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	DOBRA	0.5
Količina prevezene robe VELIKA				
Troškovi naknada za korišćenje želj. infrastrukture	Pouzdanost	Broj ozbiljnih nesreća	Ocjena obima rada	Težina
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	DOBRA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	DOBRA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	LOŠA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	LOŠ	ZADOVOLJAVAJUĆA	0.5
ZADOVOLJAVAJUĆA	LOŠA	DOBAR	ZADOVOLJAVAJUĆA	1
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	LOŠ	DOBRA	0.5
NEZADOVOLJAVAJUĆA	DOBRA	DOBAR	DOBRA	1

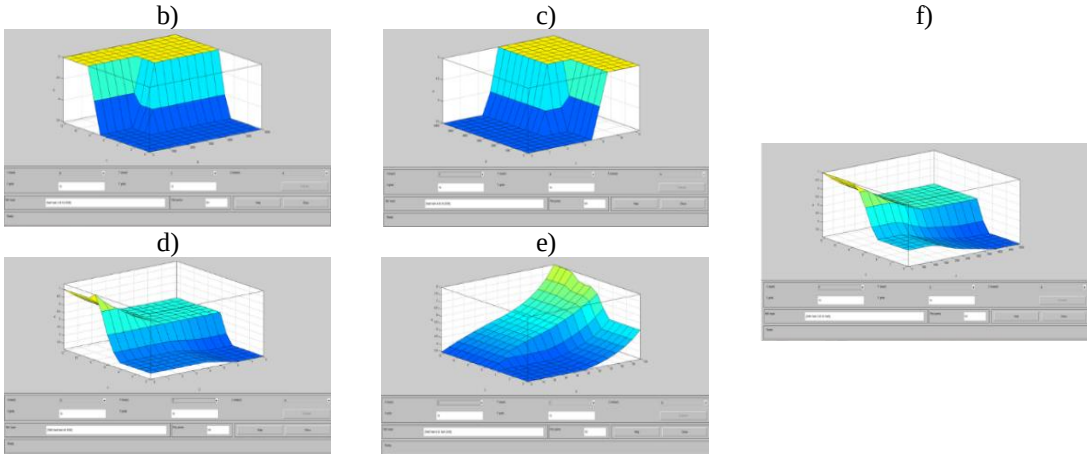
5. REZULTATI TESTIRANJA FUZZY MODELA ZA OCJENU OBIMA RADA ŽELJEZNIČKOG PREDUZEĆA ZA TRANSPORT ROBE

Kao što je prethodno rečeno, u ovom radu fuzzy ulazne promjenljive su raspoloživi broj voznih sredstava (broj lokomotiva i teretnih kola), količina prevezene robe, troškovi naknada za korišćenje železničke infrastrukture, pouzdanost (prekoračenje roka isporuke) i broj ozbiljnih nesreća. Fuzzy izlazna promjenljiva ocjenjuje obim rada železničkog preduzeća za transport robe. Saglasno definisanoj funkciji izlazne promenjive izvršena je ocjena obima rada. Dobijeni rezultati o ocjeni obima rada na slučajno odabranom uzorku u funkciji svih 5 ulaznih parametara prikazan je na slici 8. Grafički prikaz izlazne fuzzy promjenljive A (ocjena obima rada) u funkciji od ulaznih fuzzy promjenljivih prikazan je na slici 9. Kako bi se ocijenila validnost razvijenog modela sprovedeno je testiranje modela, urađena je analiza osetljivosti, odnosno odgovori na pitanje „šta-ako“.promjenom oblika funkcije pripadnosti fuzzy skupova ulaznih i izlaznih promjenljivi. Na primjer, ako se posmatra ocjena obima rada železničkog preduzeća za transport robe u funkciji raspoloživog broja voznih sredstava uz konstantne vrijednosti ostalih ulaznih promjenljivih, uočljivo je da ocjena obima rada raste u intervalu od 2500 do 2700 voznih sredstava. U koliko preduzeće nabavi vozna sredstva i poveća njihov broj preko 2700, ocjena obima rada stagnira na vrijednosti od 3,92 i ocjena ostaje zadovoljavajuća. Uočljivo je da funkcija nema linearni trend rasta sa povećanjem broja voznih sredstava. Odnosno, može se izvesti zaključak da železničko preduzeće za transport robe, tj. železnica Republike Srpske raspolaže sa viškom voznih sredstava za

obim rada koji trenutno obavlja (slika 8). Analizirajući ocjene obima rada u funkciji ulazne promjenljive količine prevezene robe, uz uslov da su ostale ulazne veličine konstantne, može se uočiti da funkcija ima trend rasta u intervalu od 5 do 7 miliona tona prevezene robe i da poslije te vrijednosti stagnira. Ocjena obima rada u funkciji ove promjenljive je zadovoljavajuća. Takođe, može se istaći da promjena količine prevezene robe u inervalu od 5 do 7 miliona tona, izaziva promjenu vrijednosti izlazne promjenljive do 60% i ima značajan uticaj na bilans poslovanja preduzeća za transport robe (slika 8). Posmatrajući ulaznu promjenljivu troškovi naknada za korišćenje željezničke infrastrukture, uz uslov da su ostale ulazne veličine konstantne, u funkciji ocjene obima rada uočljivo je da je vrijednost ocjene obima rada konstantna i kreće se do vrijednosti 3,5., odnosno ocjena je loša. Promjena visine troškova naknade za korišćenje željezničke infrastrukture u intervalu od 0 do 8, 2 ne izaziva promjenu izlazne veličine. Razlog zbog čega ne dolazi do povećanja ocjene obima rada je u činjenici da je definisana visina naknade za korišćenje željezničke infrastrukture u BiH među najnižim u EU i zemljama okruženja. To je rezultat postojećeg finansijskog stanja željezničkih entiteta, mogućnosti države u pogledu državne pomoći željeznici. Takođe, činjenica je da je u BiH izrazito dominantan unutrašnji saobraćaj (bez tranzita) i da je u transportu robe dominantna roba niske vrijednosti (ugalj, ruda, koks, krečnjak, drvo i proizvodi od drveta) sa oko 86% učešća prema podacima za 2014. godinu (slika 8). Analizom ocjene obima rada kada se posmatra ulazna promjenljiva puzdanost (prekoračenje roka isporuke), uz uslov da su ostale ulazne veličine konstantne, uočljivo je da funkcija ima konstantnu vrijednost i to do vrijednosti od 3,5. Ocjena obima rada u ovom slučaju je loša. Uočljivo je da ovaj parametar, u postojećim uslovima, ima manji uticaj na izlaznu veličinu. (slika 8). Posmatrajući ulaznu promjenljivu broj ozbiljnih nesreća, uz uslov da su ostale ulazne veličine konstantne, uočljivo je da se smanjenjem ove ulazne promjenljive u intervalu od 0 do 5180 FWSIs povećava ocjena obima rada za oko 26%. (slika 8). Činjenica je da će se smanjenjem broja nesreća ocjena obima rada željezničkog preduzeća za transport robe povećati.



Slika 8. Ocjena obima rada željezničkog preduzeća za transport robe u funkciji ulaznih parametara



Slika 9. Izgled izlazne fuzzy promjenljive A u funkciji od ulaznih fuzzy promjenljivih: B, C, D, E i F

Na osnovu izvršenog testiranja i dobijenih rezultata fuzzy modela za zadate vrijednosti ulaznih promjenljivih može se zaključiti da je sveukupna ocjena obima rada željezničkog preduzeća za transport robe zadovoljavajuća.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Železnički sistem u Evropi nalazi se u ciklusu velikih promjena. Promjene se događaju u svim dijelovima saobraćajnog sistema, a najveći je u željezničkom sektoru i to na području organizacije preduzeća i položaja željeznice u saobraćajnom sistemu država. Ako se uzme u obzir da je u savremenim preduzećima neophodno konstantno mjeriti uzroke ostvarenog učinka, onda je posve jasno da je za željeznička preduzeća koja prolaze kroz proces transformacije vrlo je važno da oblikuju sistem mjerenja efikasnosti primjeren savremenim uslovima poslovanja. Poslovanje u današnjem dinamičnom i konkurentski intenzivnom okruženju od željezničkih transportnih preduzeća zahtijeva upravo konstantno mjerenje pokazatelja, koji su prepoznati kao uzroci finansijskog rezultata, kako bi eventualni negativni trendovi bili ispravljeni prije nego što se njihov učinak negativno odrazi na krajnji rezultat poslovanja koji se po pravilu vrednuje iz finansijske perspektive. U odsustvu konkurencije na nacionalnim mrežama željeznička preduzeća nisu bila prinuđena na inicijativu smanjivanja svojih operativnih troškova i razvoja novih usluga. Tako, ova preduzeća nisu ostvarivala dovoljan prihod da pokriju sve troškove, pokrenu ili održe neophodne investicije. Zato su države bile prinuđene da to čine, ali u skladu sa mogućnostima i ekonomskom politikom. Kao rezultat ovakvog stanja javila se velika zaduženost željezničkih preduzeća, koja je imala negativan uticaj na njihov razvoj. U radu je razvijen fuzzy model na osnovu koga menadžment željezničkih transportnih preduzeća može pratiti proces upravljanja kvalitetom i transportnim aktivnostima, a takođe i definisati odgovarajuće korektivne akcije. Na taj način bi se prevazišla određena ograničenja i unaprijedio proces obima rada željezničkih transportnih preduzeća. Razvijeni model testiran je na realnom primjeru, odnosno na primjeru željezničkog preduzeća za transport robe željeznica Republike Srpske. Promjenljive veličine i njihove vrijednosti su identifikovane na osnovu analize željezničkog preduzeća. Rezultati koji su dobijeni testiranjem navedenog modela za ocjenu obima rada odnosi se na uticaj parametara na izlazni rezultat modela. Parametar koji najviše utiče na izlazni rezultat modela za ocjenu obima rada željezničkog preduzeća za transport robe je količina prevezene robe, a vrijednosti izlaznih promjenljivih, odnosno ocjena imaju najveću vrijednost. Za definisane slučajeve testiranja fuzzy modela dobijeni rezultati za ocjenu obima rada željezničkog preduzeća za transport robe daju validne rezultate. Na taj način primjenjeni fuzzy model pokazuje da tehnika fuzzy logike može efikasno da se primijeni i da daje dobre rezultate u ocjeni obima rada željezničkih preduzeća. Univerzalnost razvijenog modela ogleda se u mogućnosti primjene kod svih željezničkih transportnih preduzeća. Ovaj rad otvara mogućnost daljih pravaca istraživanja koji mogu da budu razvoj novih modela koji bi kombinovali predloženi pristup sa drugim pristupima poput simulacije, optimizacionih modela i dr. Na taj način bi se prevazišla određena ograničenja i unaprijedio proces ocjene obima rada željezničkih preduzeća.

7. LITERATURA

Azadeh, A., & Salehi, V. (2014). Modeling and optimizing efficiency gap between managers and operators in integrated resilient systems. Process Safety and Environmental Protection 92, 766-778.

Andriulo, S., & Gnoni, M.G. (2014). Measuring the effectiveness of a near-miss management system: An application in anautomotive firm supplier. Reliability Engineering and System Safety 132, pp 154-162.

Garcia-Cebrian, L.I. & Jorge-Moreno, J. (1999). Measuring of production efficiency in the European railways. European Business Review, Vol.99 No. 5.

EhrmaNN, T. (2001). Restrukturierungszwänge und Unternehmenskontrolle-Das Beispiel Eisenbahn. Deutsche Universitäts-Verlag GmbH, Wiesbaden.

Ming-Miin, Y. & Lin, E.T.J. (2008). Efficiency and effectiveness in railway performance using multi-activity network DEA model. Omega, International Journal of Management Science, Vol. 36, No. 6, pp 1005-1017.

Dmitry, P. (2008). An efficiency analysis of European Countires Railways, Retrieved from http://www.researchgate.net/publication/46445113.

Friebel, G., Ivaldi, M., & Vibes, C. (2010). Railway (De) regulation, A European efficiency comparison. Economica 77, pp 77-91.

Blagojević, A. (2016). Modeliranje efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera. Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija,

Blagojević, A., Vesković, S., Stojić, G., & Stojanova, I. (2018). Using fuzzy multi criteria decision making approach for the evaluation of efficiency of freight rail operators. Horizons International scientific journal, Faculty of Technical Sciences – Bitola, Bitola, Republic of Macedonia, ISSN 1857-9892, pp 17-28.

Blagojević, A., Stojanova, I., Subotić, M., & Radičević, V. (2018). Fuzzy Model for Assessing the Scope of Work of Railway Passanger Transport Undertaking. Traffic and Transport Theory and Practice, Journal for Traffic and Transport Research and Application, Volumen 3, Number 1-2, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, pp 15-21.

Blagojević, A., Stojić, G., Kuravica, M., Simić, S. & Đorđević, Ž. (2017). Defining and assessment of criteria for the evaluation of efficiency and effectiveness of railway undertaking, Proceedings VI International Symposium "Now Horizons2017", pp 360-368.

Blagojević, A., Vesković, S., & Stojić, G. (2017). DEA model za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih putničkih operatera, Naučno-stručni časopis železnica Srbije, Vol.62, broj 2, Beograd, Srbija, str.81-94.

Blagojević, A., Stojanova, I., Dakić, B. & Đorđević, Ž. (2018). Aplication of fuzzy AHP approach assessment of criteria for the evaluation of efficiences of railway undertakings. 2nd Internacional Conference, Bitola, Republic of Macedonia, 17-19.

Blagojević, A., Vesković, S., Stojić, G, & Stojanova, I. (2018). Using fuzzy multi criteria decision making approach for the evaluation of efficiency of freight rail operators, Horizons International scientific journal, pp 17-28, Republic of Macedonia.

Blagojević, A., Bošković, B. & Okolić, S. (2011). Simulacioni model bilansa poslovanja kompanije kod uvođenja naknada za korišćenje železničke infrastructure. Zbornik radova Prvi BiH kongres o željeznicama, Sarajevo, CD zbornik radova, pp. 59-65, Bosna i Hercegovina.

Jianjun, Wang. (2012). The Research on Efficiency and Effectiveness of Rail Transport, IERI Procedia 3, 126-130.

Nowicki, R. (2009) Nonlinear modelling and clas-sification based on the MlCOG defuzzification. Nonlinear Analysis 71, ei033-ei047.

Patel, A.V., Mohan, B.M.(2002) Some numerical aspects of center of area defuzzification meth-od. Fuzzy Sets and Systems 132, pp 401-409.

Stojić, G., Tanackov, I., Vesković, S., Milinković, S., & Simić, D. (2009). Modeling and evaluation of railway reform using fuzzy logic, IDEAL'09 Proceedings of the 10th international conference on Intelligent data engineering and automated learning, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, pp 695-702.

Stević, Ž., Tanackov, I., Ćosić, I., Vesković, S., & Vasiljević, M. (2015). Comparison of ahp and fuzzy ahp for evaluating weight of criteria", Proceedings V International Symposium "Now Horizons2015", pp 198-202.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8(3), 338-353.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

BIR AND TEN-T, COMPETITION OR COOPERATION?

BIR I TEN-T, KONKURENCIJA ILI SARADNJA?

Miroslav Prokić[a], Miloš Stanojević[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, miroslav.prokic@yahoo.com, miloss19g70@gmail.com*

Abstract: *In 1992, the European Union formally established the "Trans-European Network", also known as "TEN-T", with the aim to achieve the integration of its countries' territories and facilitate the functioning of the common transport market. About two decades later, Chinese officials launched the One Belt One Road initiative, which also refers to the establishment of a network of transport corridors. The official objectives of this initiative are: coordination of the development policies of the corridor-sharing countries, network connectivity, trade without restriction, financial integration and strengthening people-to-people links. This paper analyses basic features of both concepts through different prisms. Main question that paper seeks to answer is whether the EU and China, in the context of globalization and different approaches to the transport corridors, can cooperate achieving benefit for both sides.*

Key words: *One belt one road, TEN-T, globalization*

Apstrakt*: Evropska unija je 1992. godine formalno uspostavila „mrežu transevropskih multimodalnih koridora" poznatu i kao „TEN-T", sa ciljem da postigne integraciju teritorija svojih država i omogući funkcionisanje jedinstvenog transportnog tržišta. Oko dve decenije kasnije, kineski zvaničnici su pokrenuli inicijativu „Jedan pojas jedan put", koja se takođe odnosi na uspostavljanje mreže transportnih koridora. Kao zvanični ciljevi ove inicijative navode se: koordinacija razvojnih politika zemalja koje dele koridore, povezanost mreže, trgovina bez ograničenja, finansijska integracija i jačanje veza između ljudi. U ovom radu analizirane su osnovne karakteristike oba koncepta kroz različite prizme. Glavno pitanje na koje rad pokušava da odgovori jeste da li EU i Kina, u kontekstu globalizacije i različitih pristupa transportnim koridorima, mogu da sarađuju uz ostvarenje benefita za obe strane.*

Ključne riječi: *Jedan pojas jedan put, TEN-T, globalizacija*

1. INTRODUCTION

The exchange of people and goods between Europe and Asia is nothing new in history. It dates even before the establishment of the *Silk road* during Han dynasty (206BC–220AD). It is noted that so called Scythian tribes, around 7th century BC, traveled from the Carpathian Mountains in Europe through Eurasian steppe reaching South Siberia (*Hung and Chan, 2018*).

Since then, Europe and China are engaged in almost constant cultural exchange, especially in exchange of products such as porcelain, silk, seasoning, paper and tea. This exchange was especially improved after the rise of Mongol Empire which, due to centralized influence and territorial coverage, boosted the trade. These economic ties and traffic connections between Europe and China are in history noted as *Silk road*.

It was steady decline of Chinese Empire and so-called *Great Power Game* for Asia and access to China and India, by the Russian and British Empires, which practically sealed off the interconnection between the land and maritime silk roads (*Hung and Chan, 2018*). This inability to access Europe by land continued through 20th century, mostly due the two world wars, the Cold war and latter political instability of the countries along the way.

It was in 21th century, with the official launch of the Belt and Road Initiative (BRI) or One Belt One Road (OBOR), when it seems China decided to „revive" ancient Silk road for both land and maritime connections, and to connect its transport network with European (TEN-T).

In that sense, this paper aims to explore the basic concept and ideas behind BRI and TEN-T policies. Bearing in mind that these two networks have significant interference and practically „merge into one" on the periphery of Europe, the main question to be answered in this paper is whether *they are competitors* or they can cooperate and become *two complementary transport systems,* or at least beneficial to one another as well as to the countries in between. If thinking in terms of economy and politics, this question can also be formulated as *should Europe be afraid of China* or *should Europe and China economically embrace each other*?

The answer requires an interdisciplinary approach and the analysis of different factors which influence the transport, such as trade, infrastructure, geo-politics, economy, and even historical context and financial trends.

This paper is structured in the following way. Chapter 2 aims to clarify motives for emergence and aims of the BRI and the TEN-T, as well as to present their geographical scope and defined deadlines for becoming operational. Chapter 3 analyzes TEN-T and BRI though different prisms such as how EU and China invest and manage corridors. Also, the influence of global trade and geo-politics on corridors will be considered. The analysis from the first 3 chapters should provide input for Chapter 4, which through discussion intends to answer whether BRI and TEN-T can collaborate, gaining benefit for both, the Europe and the China.

2. FUNDAMENTALS OF OBOR AND TEN-T

2.1 Causes and aims

Both BRI and TEN-T policy did not just show up without a background story. Officially, BRI was initiated with the speech of China's president Mr. Xi Jinping made in September and October, 2013 during his visits to Kazakhstan and Indonesia. At the time, the idea of TEN-T in the EU was already in implementation for about 21 years, since the time of the Maastricht Treaty (1992) which established the legal basis for TENs („Trans European networks"). TEN's are being implemented in fields of transport, telecommunications and energy infrastructure, while in the field of transport they are better known as TEN-T.

As implied at the beginning, the causes of introduction of BRI in 2013 should be found in the economic change and opening to the outside world China has been facing since 1970's. China's economy improvement is today considered an economic miracle, mostly due to enormous amount of export and foreign direct investments (FDI) that it was receiving.

In the 1978-2012 period, after relocation from agriculture to industrial production, annual growth in real GDP per capita increased to 8.4% annually (*Cheremukhin, et al, 2015*). On these wings, China became 2nd world largest economy, 1st manufacturing and exporting economy, 2nd largest importer and 2nd largest FDI recipient.

It managed, as no other country, to amass almost 3 trillion of dollars in less than 10 years (*Hung, Chan, 2018*). An important milestone in its development was formal accession to WTO in 2001, which helped China's foreign trade to expand at an annual growth rate of 20-30% (*Ohashi, 2018*).

It wasn't until recently when China was faced with growing „twin surpluses" in current and capital accounts, which lead to negative impact on its economy due to excessive liquidity, over-investment/production, soaring asset prices and external trade friction (*Ohashi, 2018*).

In consequence, China decided to shift its development model from *investment/export led* to *consumption/domestic demand-led growth* and, in this context, it is increasingly deepening its commitment to the global governance of various multilateral regimes (*Ohashi, 2018*). This changing economic environment set by China is well represented by a phrase „new normal", used by Chinese officials aiming for „stability without pursuing just high growth".

On the other hand, causes for introduction of TENT-T should be found, mostly, in the idea of the *single European market* which could not be functional without multimodal (rail, road, water and air), interoperable and quality transport infrastructure with identified standards and priorities. Simply put, the problem was how to integrate incompatible transport systems of different EU countries.

Offiacial aim of TENT-T policy is to ensure *mobility* of its citizens, *reducing social and economic disparities* between different regions and countries, improving the *quality of life*, but also stimulating *economic development*, and providing people and goods with *movement in continuity*. This means that TEN-T is a policy tool which should enable both, social and economic benefits.

Document published by European Commission claims official goals of TEN-T to be achieving a well-interconnected, interoperable and efficiently managed transport system in Europe, able to support EU economic growth and global leadership, which requires a coordinated long-term approach at EU level (European Commission, 2017). Same document states priorities of a „Transport union" to be (1) promoting efficiency in the single EU market and (2) connectivity on a global scale, empowered by decarbonization, digitalization, investment, people's benefits, innovation and global leadership. This again points out at social but also environmental aspects of TEN-T.

It is general impression that goals of TEN-T are better articulated in public documents than those of the BRI. Grounding for this claim might be, among other, existence of the so-called White papers which are documents describing the EU's general transport strategy, but also there are other legal documents which will be latter discussed in this paper.

Regarding the lack of formal articulation and internal criticism that BRI lacks vision, in March 2015, the basic concept of „Vision and action" was finally published by the Chinese government, claiming the goal of BRI, among others, to be *linking East Asian and European economic areas and vast interior areas located between them* (*NDRC, 2015*).

According to the same document, five priority sectors should be: policy coordination, facilities connectivity, unimpeded trade, financial integration and people-to-people bonds. According to (*Ohashi, 2018)*, in practice, there are even more aims, such as development of new market, enhancement of outward investment, elimination of overcapacity, revitalization of regional economy, internationalization of RMB[12], promotion of neighborhood diplomacy etc. This points out at financial aspect of BRI. This claim is also supported with the fact that there are significant efforts to realize major infrastructural projects around the globe, which will be explained in more detail in Chapter 3.1.

Some authors, such as (*Aoyama 2016),* argues that BRI is not only a regional policy but a grand global strategy for achieving the „Chinese dream". Some authors argue that China is aiming to create an economic and political sphere of influence in the Eurasian continent through the land and maritime OBOR concept. It is important to mention that this concept is not limited to Eurasia but is rather global, due to China's infrastructural efforts in Africa and even Latin America (*Myers, 2018) (Ndzendze and Monyae, 2019*).

2.2 Deadlines and geographical scope

Even though formalized in 1992, first idea of TEN-T was expressed under the Treaty of Rome from 1957, today known as Treaty on the Functioning of the European Union – TFEU. The idea from TFEU was to implement action program of granting EU funds for upgrading transport infrastructure in relation to project of common interest up to 1992. Problems with obtaining the funds and realization of projects leaded to a new proposal within the abovementioned Maastricht Treaty.

European responsibility in coordinated transport investment policy was manifested in Article 129 of the Maastricht Treaty through postulating guidelines for TENs in communication, energy and transport (Doll et al., 2015). The first guidelines for the Trans-European Transport Networks - TEN-T was published as a decision No 1692/96/EC which included 14 priority projects, so-called Essen – projects (Doll et al., 2015). After several revisions and one recast of these guidelines, EC decided to incorporate these guidelines into regulation which was published in 2013 under the number 1315/2013.

This regulation introduced a dual-layer network consisting of a *Comprehensive* and a *Core* network. The Comprehensive network comprises all major European transport links as defined in 2004, while the Core network includes all nodes and links of highest European importance to be realized by the year 2030 (Doll et al., 2015). Deadline for realization of projects within Comprehensive network is 2050. The network elements have been structured in form of nine Core network corridors on the territory of the EU (figure 1): *Baltic – Adriatic Corridor; North Sea-Baltic Corridor; Mediterranean Corridor; Orient/East-Med Corridor; Scandinavian-Mediterranean Corridor; Rhine-Alpine Corridor; Atlantic Corridor; North Sea-Mediterranean Corridor* and *Rhine-Danube Corridor*.

BRI, on the other hand, is a different story. There is no legal framework (or at least it is not available to English-speaking public) and scope of this initiative includes two platforms for cooperation between countries known as Silk Road Economic Belt and 21st Century Maritime Silk Road. According to (Chin and He, 2016)

geographical scope of BRI includes 65 countries which together have 30% of world population and 60% of world GDP.

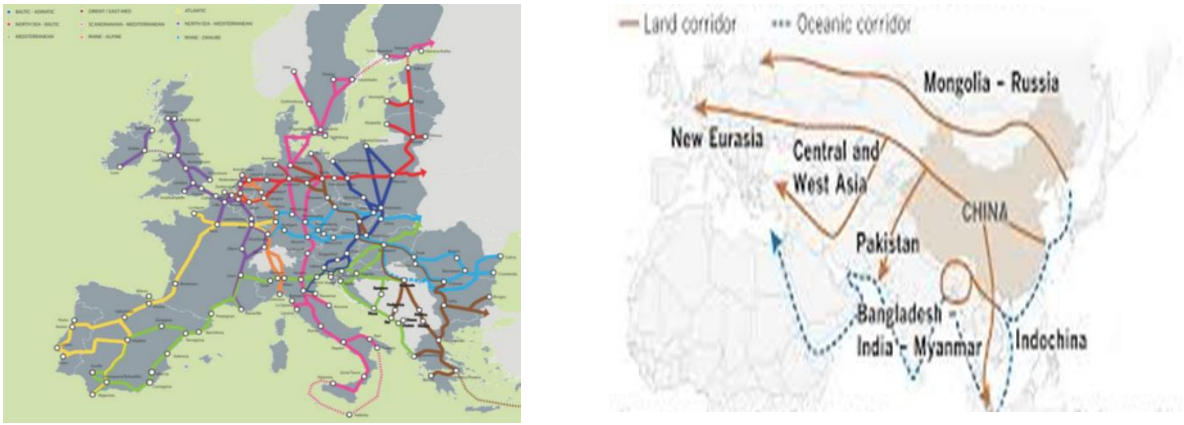


Figure 1. TEN-T and BRI corridors

BRI refers to the combination of the *Silk Road Economic Belt* (six major land corridors across the Eurasian continent) and the *21st Century Maritime Silk Road* (a network of maritime trade routes connecting Asia with Africa and Europe) (Steer Davies Gleave, 2018).

Silk Road Economic Belt includes corridors: *China-Mongolia-Russia* as *New Eurasian Land Bridge* (international railway line from Jiangsu Province via Kazakhstan, Russia, Belarus via Germany to Rotterdam in the Netherlands); *China-Central Asia-Western Asia* (international rail line from Xinjiang Province via railway network through Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Uzbekistan and Turkmenistan, as well as Iran and Turkey to the Mediterranean and Arabian Peninsula), *China-Pakistan* (highway, rail, gas pipeline, oil pipeline and fiber optic cable from the Xinjiang province from the north to the Pakistan port of Guadar in the south); *Bangladesh-China-India-Myanmar* (linking China to five countries of the Indo-China Peninsula - Vietnam, Laos, Thailand, Cambodia and Malaysia). Maritime Corridor links the major ports within the South China Sea and the Mediterranean Sea, across the Bay of Bengal, the East African coast, and the Suez Canal. The corridor currently includes almost 30 ports (Steer Davies Gleave, 2018).

From its introduction in 2013, BRI is in rapid development: from signing the first original BRI project in April 2015, 900 (and still counting) infrastructure projects are stated to be underway valued up to 1,3 trillion dollars (Passi, 2019). As a deadline for implementation of projects within BRI is set 2049, when 100th anniversary of the establishment of the People's Republic of China is planned to be celebrated.

3. BRI AND TEN-T THROUGH DIFFERENT PRISMS

3.1. Mechanism of investments and development

The initiative to build high-quality and reliable transport infrastructure within TEN-T requires huge investments. As a result, various funds have been formed with the main purpose of providing grants which will support the completion of priority transport infrastructure projects.

Two multi-annual financing frameworks, from 2000 to 2006 and from 2007 to 2013 have been completed so far, within which the priority transport infrastructure projects have been financed. According to (European Commission, 2019) an estimated value of EUR 500 billion is required for project implementation on the TEN-T in the current EU programming period 2014-2020. By 2030, the completion of the TEN-T Core Network Corridors alone will require approximately EUR 750 billion worth of investments.

The largest percentage of this amount will be secured from *national budgets* of EU Member States and other part will be financed through *European funding instruments*: Connecting Europe Facility – CEF (grant budget of EUR 22.405 billion), European Fund for Strategic Investment – EFSI (budget of EUR 21 billion), European Structural and Investment Funds – ESIFs (grant budget of EUR 70 billion) and HORIZON 2020 budget which includes EUR 6.3 million for smart, green and integrated transport. The existence of HORIZON 2020 also supports the claim of social and environmental aspect of TEN-T.

Bearing in mind that BRI countries do not have enough resources to support infrastructure projects, different funding mechanisms have been developed. These financial mechanisms can be clustered into the following three types: (1) multilateral development financial institutions, (2) Chinese policy banks and (3) special investment funds.

Within *multilateral development financial institutions* there is Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB) as a medium sized multilateral bank with capital base of $100 billion, positioned on the third place in the world by the amount of capital base after the World Bank (capital base of more than $250 billions) and Asian Development Bank (capital base of more than $150 billions) (Callagha and Hubbard, 2016).

Within *Chinese policy banks* there are: (1) Chinese Exim Bank, which provides support for China's economic development and construction of OBOR projects, with the vision of becoming the most influential international economic cooperation bank and (2) China Development Bank, which provides lending and bond issuance, for long term financing facilities that serves China's economic and social development (CEB, 2019) (CDB, 2019).

Within *special investment funds* there is the Silk Road Fund. This fund was established for a similar purpose as AIIB. It is an organization specifically designed for supporting BRI with the fund of 40 billion dollars with investments from the State Administration of Foreign Exchange, China Investment Corporation, Chinese Exim Bank and China Development Bank.

3.2. Management of corridors

EU and China also have very different approach when it comes to the corridor management. This is mostly influenced by fact that TEN-T network is an „internal affair" of the EU while the BRI is an international economic concept led by China. Therefore, there is strict and well-defined legal framework for functioning of corridors in the EU. Concepts of management and project implementation in the EU have been revised several times, as partially explained, until currently-on-force legal framework has been defined in 2014.

It is consists of two main Regulations: *Regulation (EU) 1315/2016 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network*, which based on the guidelines for development, defines Comprehensive and Core network and *Regulation (EU) 1316/2013 establishing the Connecting Europe Facility* which defines rules for financing infrastructure along corridors. For perspective, *Regulation (EU) 913/2010 concerning a European rail network for competitive freight* will be also presented as part of the framework.

For TEN-T, the EC's Directorate-General for Mobility and Transport (DG MOVE) defines the TEN-T policy, monitors and controls the overall program execution. The Innovation and Networks Executive Agency (INEA) turns it into action by managing the individual TEN-T projects on behalf of the European Commission. This direct management approach has resulted in fewer delays and more influence on the projects themselves (European Commission, 2019). According to (Regulation 1315/2013), a European Coordinator is selected for each Core Network Corridor to act in the name and on behalf of the EC, which provides necessary secretarial assistance. Main responsibility of the European coordinator is to establish and timely implement corridors work plan and to ensure synchronization of development of the Core network corridors.

With the establishment of railway corridors for competitive transport of freight (RFC) as a backbone of railway transport on the Core network according to Regulation 913/2010, EC imposed an obligation for Member States to establish an Executive Board for each corridor. This board is responsible for setting the overall objectives of the corridor, to monitore and implement prescribed measures. It is made up of representatives of national bodies of the Member States. It is in charge for supervision, acceptance of terminals and lines, adoption of Implementation and Investment plans, defining framework for capacity allocation etc.

Infrastructure managers on each corridor establishes a Management Board. It is in charge to propose terminals and lines which will become a part of the corridor, to establish structure and define internal working procedures, establish Advisory groups of terminals and railway operators, enable interoperable IT tools, create and update Implementation plan and perform the process of capacity allocation.

On the other side, BRI corridors are not yet being managed in a coordinated and well-defined way as the TEN-T. This makes sense, bearing in mind BRI is relatively new concept which covers a large geographical area, including culturally different and politically unstable countries.

3.3. Geo-political context

In addition to shift in its development model, China has made several other „shifts" in recent history. Chinese diplomacy recently shifted from traditional bilateral relations to multilateral relations and from the idea of expanding quantity of trade to quality improvement. Also, external economic policy shifted from being *a passive entity in international division of labor* to being *an active player in formulation of international economic order*.

Regarding the relation of those shifts to the BRI, its useful to mention that during 2009, the Chinese government switched from using the slogan of the former leader of Communist Party, Deng Xiaoping „keep low profile, achieve something" to „continue to keep a low profile, actively seek to achieve something". Looks like starting from 2013, China decided not to „keep low profile anymore.

In that sense, president Xi launched BRI, proposing the „Great rejuvenation of Chinese nation" which is currently regarded as a „grand strategy of China's opening up policy" and consists of three principles: (1) attaining stability in Chinese-American relations, (2) creating a sphere of influence and increasing its own influence in the international community and (3) not compromising on its „core interests" (Aoyama, 2016).

Regarding the principle of attaining stability in Chinese-American relations, special effort is made by Xi's administration to solve „trade issues" with the US. Today, we are witnessing a „trade war" between China and the US, and BRI initiative might in that sense serve as a tool for reaching alternative market in Europe. BRI also targets the Eurasian area as a *refreshing new proposal to China's economic diplomacy* (Ohashi, 2018).

Another geo-political aspect of BRI is that it should not be separated from political efforts made by China to soften or improve relations with neighboring countries such as Japan, Brunei, Vietnam, South Korea and even Taiwan and others. Confirmation of these efforts are numerous high-level political visits, establishment of many cooperation and working groups, signed bilateral agreements, establishing of hot lines in defense ministries etc.

Important aspect of BRI (especially of land Silk road) is also an effort to stimulate economies of the northeast, central and western regions of China that have fallen behind the eastern, coastal China. BRI should enable their economic growth and development.

Also, internally, Xi's administration might likely be aware that drop in economic growth carries the risk of increasing dissatisfaction and spread of social instability within China (Aoyama, 2016) and this also might have influence on BRI initiative.

3.4. Support of trade

According to data from International Trade Centre, yearly amount of trade in goods between the EU and Asian countries is 2,1 trillion of US dollars, which is about 176 billion per day. Main precondition for facilitation of trade between these territories is the efficient transport system with quality and good connected transport infrastructure (ITC, 2019). This is one of the goals of TEN-T and BRI initiatives. Bearing in mind that a large amount of goods is being transported by the sea between EU and Asia (87% according to Eurostat data base), completion of these two initiatives will produce more opportunity to create various types of inland supply chain between EU and Asia for some specific types of products.

In UNECE report *Euro-Asian Transport Linkages* it is stated that from 2011 to 2016, the value of goods transported between Europe and Asia by rail increased, while the value decreased for maritime and air transport, where some expensive cargo was moved from sea to rail transport (UNECE, 2019).

The interest in railway links between China and the European Union has increased a lot, because it might offer a competitive service under certain conditions. The main advantage of rail as compared to maritime is that it is faster. Several multinational companies, including Audi, BMW, General Motors, Volkswagen and Samsung have begun operating regular block trains on different transport routes (UNECE, 2019).

4. DISCUSSION ABOUT COMPETITION AND COOPERATION (WITH FUTURE PERSPECTIVE)

The analysis of causes and aims of the EU for TEN-T brings the following conclusion. The EU figured out that the lack of compatibility of its transport network (caused by the historical differences of its countries) was an obstacle for achieving a *single market*. Therefore, the final goal of TEN-T was to enable economic

growth through integrated infrastructure, bearing in mind social and environmental aspects due to its policy of „sustainable development".

China, on the other hand, faced shift in its economic development model, which required a *new refreshing proposal* which can create a new market, in order to enhance outward investment, eliminate overcapacity and internationalize the national currency. Even though official goals are formulated in a more „diplomatic way", they also point out at the direction of economic and financial expansion of China outside of its territory.

Bearing this in mind, the EC announced, in September last year, its platform for cooperation "Connecting Europe and Asia - Building blocks for an EU Strategy". This platform aims for sustainable, comprehensive and rules-based connectivity in the fields of transport, energy and digitization between Europe and Asia (European Commission, 2018). The goals of this EU initiative cannot be fulfilled without the cooperation of China and the EU itself. Regardless of the different approaches, huge trade is a major driving wheel that will require dialogue and synchronized complementary actions between these two global players. Further trade facilitation and integration of the EU and Asia will not be possible without the establishment of interoperable infrastructure networks and consistent legal and regulatory frameworks across the borders.

The main threat for the EU is "Made in China". Big internal market and developed manufacturing with support of BRI will contribute to expanding China's exporting share in the world. This will possible affect the welfare situation in Europe having in mind large amount of high-end goods produced in EU, and this is the reason why EU reasonably acts with reservation towards the BRI. In this economic sense, there is a huge competition between EU and China and therefore between TEN-T and BRI as economic and policy tools.

When speaking about the transport itself, the cooperation between China and EU through the BRI might significantly increase the volume of transported goods, especially in railways, but it also represents the opportunity for some Eastern European and Eurasian countries to improve the condition of their infrastructure through Chinese loans. The amount of trade between Europe and Asia of 176 billion dollars per day means a huge potential for cooperation between these two networks.

Despite differences, such as different years of beginning of the implementation of BRI and TEN-T, as well as different approaches of corridor management and financing of infrastructure projects, it is interesting that almost the same year is set as a target for realization of all infrastructure projects by the China and the EU (2049 and 2050 respectively). By that year, EU and China should find a way to establish a common economic interest and then jointly discuss the future of (possible single?) EU-China network of transport corridors

5. LITERATURE

Aoyama, R. (2016) "One Belt, One Road": China's New Global Strategy, Journal of Contemporary East Asia Studies, 5:2, 3-22, DOI: 10.1080/24761028.2016.11869094

Callagha, & Hubbard. (2016). The Asian infrastructure investment bank: Multilateralism on the silk road. China Economic Journal, (2), 116 139.

Cheremukhin, A., Golosov, M., Guriev, S., Tsyvinski, A. (2015). The economy of Peoples Republic of China from 1953. NBER Working paper series. National Bureau of Economic Research. Cambridge, MA

CDB. (2019). About China Development Bank. Retrieved August 21, 2019, from China Development Bank: http://www.cdb.com.cn/English/gykh_512/khjj/

CEB. (2019). THE EXPORT-IMPORT BANK OF CHINA. Retrieved August 21, 2019, from http://english.eximbank.gov.cn

Chin, E., & He, W. (2016). The Belt and Road Initiative: 65 Countries and Beyodn. Fung Business Intelligence Centr.

Doll, C., Rothengatter, W., & Schade, W. (2015). The Results and Efficiency of Railway Infrastructure Financing within the EU. DIRECTORATE GENERAL FOR INTERNAL POLICIES. Retrieved August 15, 2019, from http://www.europarl.europa.eu/studies

European Commission. (2017). Delivering TEN-T: facts and figures, September 2017, http://www.connectingeu.eu/documents/Delivering_TEN_T.pdf

European Commission. (2019). EU Funding for TEN-T. Retrieved August 2019, 2019, from Infrastructure - TEN-T - Connecting Europe: https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/project-funding_en

European Commission. (2019). What is the TEN-T policy and programme and who is responsible? Retrieved August 25, 2019, from European Commission-: https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/site/en/abouttent.htm

European Commission. (2018). Connecting Europe and Asia - Building blocks for an EU Strategy . Brussels: European Commission.

ITC. (2019). Market analysis tools. Retrieved August 25, 2019, from International Trade Centre: http://www.intracen.org/itc/market-info-tools/market-analysis-tools/

Hung, M., Chan, T. (2019). The Belt and Road Initiative – The New Silk Road: a research agenda. Journal of Contemporary East Asia Studies, 7:2, 104-123, DOI:10.1080/24761028.2019.1580407

Myers, M. (2018). JLAG Perspectives: China's Belt and Road Initiative: What Role for Latin America?. Journal of Latin American Geography 17(2). Available at:

https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1181&context=jlag

Ndzendze, B., Monyae D. (2019). China's belt and road initiative: linkages with the African Union's Agenda 2063 in historical perspective. Transnational Corporations Review, 2019

National Development and Reform Commission (NDRC). (2015). Vision and Actions on Jointly Building Silk Road Economic Belt and 21st-Century Maritime Silk Road. http://en.ndrc.gov.cn/newsrelease/201503/t20150330_669367.html, March 2015

Ohashi, H. (2018). The Belt and Road Initiative (BRI) in the context of China's opening-up policy. Journal of Contemporary East Asia Studies, 7:2, 85-103, DOI:10.1080/24761028.2018.1564615

Passi, R. (2019). Unpacking Economic Motivation and Non-economic Consequences of Connectivity Infrastructure Under OBOR. In L. Xing, Mapping China's 'One Belt One Road' Initiative. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan.

Regulation 1315/2013. (n.d.). Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of.

Steer Davies Gleave. (2018). Research for TRAN Committee: The new Silk Route – opportunities and challenges for EU transport. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies.

UNECE. (2019). Euro-Asian Transport Linkages - Operationalisation of inland transport between Europe and Asia. New York and Geneva: United Nation.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

EU-CHINA RAIL ECONOMIC CORRIDORS AND THEIR ROLE IN TRADE IN GOODS

ŽELEZNIČKI KORIDORI IZMEĐU EU I KINE I NJIHOVA ULOGA U ROBNOJ RAZMENI

Miroslav Prokić[a], Uroš Stanimirović[b]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, miroslav.prokic@yahoo.com*

[b] *Ministry of Construction, Transport and Infrastructure, Nemanjina 22-26, Belgrade 11000, Serbia, uros.stanimirovic@mgsi.gov.rs*

Abstract: *Exchange of goods between the EU Member States and China is increasing year by year and in 2018 has reached about 2.2 billion tones. Considering dependence of exchange of goods and efficiency of transport system, the launch of the Belt and Road initiative by the Government of the People's Republic of China can only influence the increase of this trend. Namely, under the umbrella of this initiative, a revitalization of the historic Silk Road is planned. This revitalization involves the establishment of a modern Silk Road with quality transport infrastructure on which efficient transport services will be organized along recognized land and sea routes. The very realization of the initiative should provide support for further economic growth and increase in trade on the Eurasian continent. The aim of this paper is to identify the role of railway transport and railway corridors in the trade between the EU and China along established economic corridors and Serbia's position in this context. The authors analyzed the possibility of establishing a railway link between China and the Republic of Serbia as part of the initiative.*

Key words: *Belt and Road, rail corridors, freight transport, Middle corridor*

Apstrakt*: Robna razmena između EU država članica i Kine se iz godine u godinu povećava i u 2018. godini je dostigla oko 2,2 milijarde tona. Imajući u vidu zavisnost robne razmene i efikasnosti transportnog sistema, pokretanje inicijative Pojas i put od strane Vlade Narodne Republike Kine može samo uticati na porast ovog trenda. Naime, pod okriljem ove inicijative planira se revitalizacija istorijskog Puta svile. Ova revitalizacija obuhvata uspostavljanje savremenog Put svile sa kvalitetnom transportnom infrastructurom na kojoj će se organizovati efikasna transportna usluga duž prepoznatih kopnenih i pomorskih ruta. Sama realizacija inicijative bi trebala da obezbedi podršku daljem privrednom rastu i povećanju robne razmene na Evroazijskom kontinentu. Cilj ovog rada je identifikacija uloge železničkog saobraćaja i železničkih koridora u robnoj razmeni između EU i Kine duž uspostavljenih ekonomskih koridora i poziciju Srbije u tom kontekstu. Autori su u okviru rada analizirali mogucnost uspostavljanja kopnene železničke veze između Kine i Republike Srbije u sklopu pomenute inicijative.*

Ključne reči: *Pojas i put, železnički koridori, teretni saobraćaj, Srednji koridor*

1. INTRODUCTION

The world as we know it is constantly changing, where those changes are more and more being faster as a result of the globalization process. This process is well underway and can be looked at as in a mature stage where it is further evolving. It has led to a high level of connectivity on a global level that was unimaginable 30 or 40 years ago and to change in the way economy and consequently flows of goods.

Another consequence of this process, and in a way globalization process on its own, is *One belt, one road initiative*. During 2013 within visits to Kazakhstan and Indonesia, Chinese President Xi Jinping launched the term One Belt, One Road, or just Belt and Road (BRI) when this initiative came into the spotlight as China's masterplan initiative to revive the ancient Silk Road with the aim of jointly building the Silk Road Economic Belt (land connections) and the 21st Century Maritime Silk Road (maritime routes) between Asia, Europe and Africa.

China as a manufacturing hub and generator of goods flows has taken action to improve connectivity with its trading partners and increase transport efficiency hence decreasing distance, via land and sea, with its main consumer - the EU. The BRI initiative aims at establishing efficient transport links between Europe and Asia, which in turn can have a potentially positive impact on trade in goods.

Currently, trade of goods between these two global players is increasing year by year and in 2018 amounted to 2.2 billion tones, which is more than one quarter of the world trade in goods.

Maritime transport with a high share in the volume of transported goods is the main support for the said exchange of goods. In recent years, some large factories in different industries have moved to provinces in western China because of cheaper labor. Moving away from Chinese ports has highlighted rail transport as an alternative for establishing regular supply chains between China and Europe. The paper therefore seeks to enhance the understanding of the development and role of rail transport in exchange of goods between China and Europe along established economic corridors.

As a larger choice of transport service enables competition between economic corridors, the authors in this paper also analyzed the Middle Corridor initiative with defining a mechanism for possible extending the route to Serbia and attracting new flows of goods.

2. TRADE BETWEEN CHINA AND EUROPE – CHANCE FOR RAILWAYS

BRI is a kind of reform and further opening of China and its strategic framework for cooperation with other countries with aligned interests. Basic idea for BRI is revitalization of ancient Silk Road. Today this is an economic Silk Road, with a task to boost trade and investment, enhance economic and technological cooperation and finally to support Euro-Asian market. In its essence the BRI is before all other Euro-Asian transport network – inimitable, multidimensional network consisting of railway lines, roads, air lines, sea routs, oil and gas pipelines, transmission lines and communication networks (Yiwei, 2016). BRI has other dimensions (factors) to it, it is also political initiative, base for infrastructure connectivity (transport, port, energetic and digital infrastructure), and strengthening or creating new trade links, enhancing capital flow and cooperation with other nations.

Abovementioned is backed up by the fact that volume of trade between Europe and Asia (especially China) is growing sharply in the recant years and because China is an important trade partner of Europe it will still increase. This trade exchange is manly done by containerized goods and it is getting more efficient. Maritime transport is dominant way of freight transport between Europe and Asia, but it is getting more limited due to lack of capacity. In 2017 congestions in container terminals along the whole Chinese coastal resulted in delays of container ships handling up to 3 days on average, and even ten days in some terminals (Wronka, 2017). The Europe-Asia transport links are key of importance for China and Europe, because they should foster Asian countries' connection to European routes, as well as will enable Europe-Asia transport links countries to enjoy lower transport costs, faster freight times, more reliable transit links and new trade opportunities (Viohl, 2015). That is why investment in infrastructure capacities is constantly needed and China is aiming to improve them, especially land ones along the BRI route.

In table below is represented the flow of all goods in tones between EU and China, where the data on total trade is represented and where the percentage increase is referring to 2018 regarding 2011.

Table 1. Trade between EU and China in number of transported tones per mode of transport

	2011	2015	2018	↗(%)
Sea	1.676.570.280	1.777.067.989	1.868.333.164	11,4
Rail	88.603.294	88.307.956	96.216.169	8,59
Road	137.148.056	148.852.220	164.050.460	19,62
Air	14.116.768	19.659.352	22.870.532	62,01
Total	1.916.438.398	2.033.887.517	2.151.470.325	12,26

Source: Eurostat - database

It is evident that the total freight flow is constantly increasing and that the total growth of total trade between 2011 and 2018 is 12%. Also, the most dominant mode of transport is maritime transport with 86.8% of trade share but interestingly the highest growth rate was realized in air transport which can indicate that there is more high value good in transport. Rail, road and air have following trade share respectively: 4.5%, 7.6% and

1.1%. In the next table is represented the value of freight flows in billion Euros between EU and China in the same time period.

Table 2. Trade between EU and China in value of goods in billion euros per mode of transport

	2011	2015	2018	↗(%)
Sea	1699,14	1779,78	2005,09	18,01
Rail	42,34	39,00	52,46	23,9
Road	538,95	562,75	617,24	14,53
Air	746,25	896,64	998,64	33,82
Total	3122,71	3278,17	3673,97	17,65

Source: Eurostat - database

Consequently, as the freight flow increases so does the value of goods. The highest increases are seen in rail and air mode of transport. Air transport is known as the mode for transportation of high value goods, but also having in mind the high increase of freight flows this increase is justified. On the other hand, the rail transport does have higher increase in value in goods than in freight flow, which can indicate that more high value goods being transported by rail.

The biggest advantage of rail transport is the fact that it is a form of transporting goods in the middle of the scale between cheap and slow maritime transport and fast and expensive airfreight. The time it takes to transport goods from one terminal to another by air is 5-9 days, by rail 15-19 days and by sea 37-50 days. Compared with maritime transport, rail transport is particularly attractive for places located far from seaports (Jakóbowski, et al., 2018). According to authors calculation, chart below showing the percentage of decreasing and increasing of the ratio of the value of goods per total goods transported in tones observing 2011 and 2018. According to chart, there is a significant increasing of this indicator for rail transport and significant decreasing for air transport, which means that rail transport becoming a real competitor to air traffic.

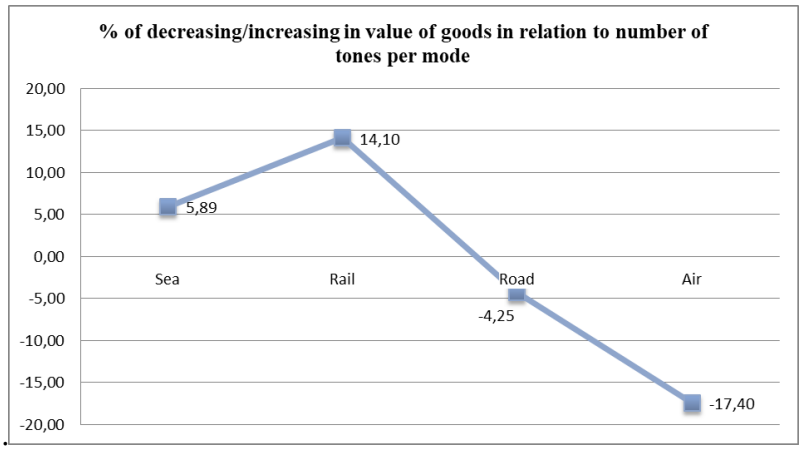


Figure 1. Percentage of decreasing/increasing in value of goods in relation to number of tones per mode

3. IRON SILK ROAD

On Second International Euro-Asian Conference on Transport held in September 2000 in Saint Petersburg was defined four Trans-Eurasian Land Transport Corridors as backbone of a Euro-Asia transport system (European Commission, 2019):

- The Northern Corridor (Trans-Siberian): Europe – Russia – South Korea – Japan, with two branches: Russia – Kazakhstan – China and Russia – Mongolia – China (Central Corridor).
- Transport Corridor Europe – Caucasus – Asia (TRACECA), Eastern Europe – Black Sea – Caucasus – Caspian Sea – Central Asia.
- The Southern Corridor: Southern-Eastern Europe – Turkey – Iran, with two branches: Central Asia – China and Southern Asia – Southern-Eastern Asia/Southern China
- The North-South Transport Corridor (NOSTRAC): Southern Europe – Russia, with two branches: Caucasus – Persian Gulf and Central Asia – Persian Gulf

Within the BRI initiative were established land connections branded as Silk Road Economic Belt and maritime routes branded as 21st Century Maritime Silk Road.

3.1 Railway connection within BRI

BRI recognize two main railway routes between Asia and Europe:

- *First Euro-Asian Land Bridge* is a route which is aligned with Trans-Siberian railway and includes three alternative railway connections;
- *Second* or *New Euro-Asian Land Bridge* is a route which partially is aligned with Southern Corridor and with TRACECA.

Along this routes, China Railway Express trains in 2011 was established in order to to enhance connectivity with markets in Central Asia and Europe. This rail service operated in accordance with the conditions of fixed trains, routes, schedules, and full-time operation times, and are transported to and from China and Europe (Li, et al., 2019).

The First Eurasian Land Bridge consists of three alternative branches that begin in the far east of the Asian continent and merge in near Yekaterinburg, Russia. The first corridor includes rail lines which starts in China and run through Kazakhstan crossing of Alashankou/Dostyk border crossing (market with red on figure 2). The second corridor uses the wide-gauge connection between the Chinese-Mongolian border crossing of Erenhot and the Chinese-Russian border crossing in Naushki (market with blue on figure 2). The oldest trans-Siberian corridor that starts in Zabaikalsk in the Russian Far East is ranked second in terms of the number of containers transported. After Jekatinburg goods are transported to the EU via Belarus with transshipping onto standard gauge flatcars in Malaszewicze/Brest on the Polish-Belarusian border (Jakóbowski, et al., 2018).

Figure 2. First Eurasian Land Bridge (Deutsche Bahn, 2016)

New Euro-Asian Land Bridge or the Central Corridor is the railway corridor which starts in China and goes through territory of Kazakhstan and Russian Federation through Moscow and after Małaszewicze/Brest some trains going on to France and Spain (Figure 3).

The New Euro-Asian Land Bridge is an umbrella term compromising multiple links between Chongqing (China) to Duisburg (Germany), Chengdu to Poland among others. The longest transportation distance between China and Europe is the 13,000 kilometer Yiwu – Madrid train which began operations in 2014. In 2017, the first train from Yiwu with 34 containers arrived in London completing a 12,000-km journey in 18 days (Iyengar, 2017).

Figure 3. The New Eurasian Land bridge (Suzuki, 2019)

3.2 Current traffic volume on railway connections

After several years of tests and attempts to select the most suitable routes, in 2011 the first regular connections from China to Europe were opened on the routes Chengdu-Łódź, Chongqing-Duisburg and Zhengzhou-Hamburg, mainly to service global producers from the electronic and automotive sectors (Jakóbowski, et al., 2018). The reason which contributed to establishment of rail routes between China and Europe is reallocation of the electronic and automotive industries from the coastal part of China, where labor cost has been risen to central and eastern China, far from large ports.

So, less from one decade, from 2011 to 2018, number of trains on China-Europe-China are increased about 370 times. In 2011 there were 17 trains in that year but in 2018 there were 17 trains per day. Number of trains are represented on figure below:

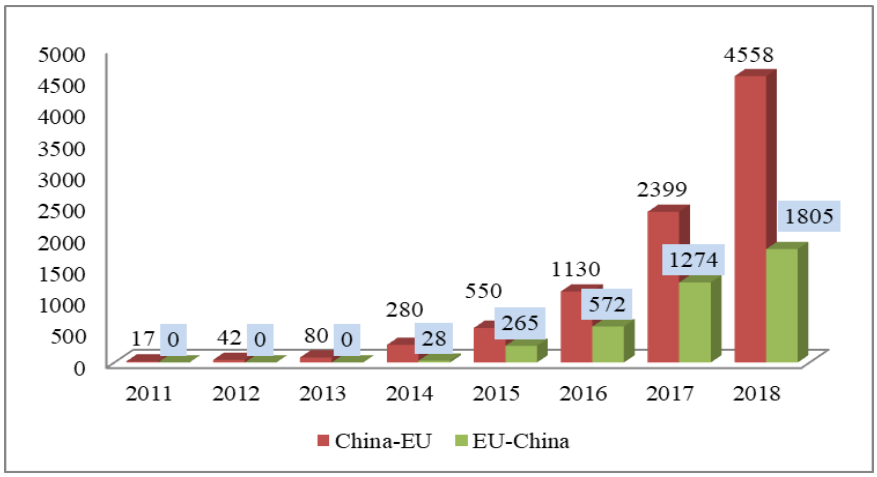


Figure 5. Number of trains on China-EU-China (Jakóbowski, et al., 2018) (Mordor Intelligence, 2019)

On the following figure is represented the traffic volume between China and Europe in number of containers. During the 2018 almost 77% of container traffic (about 200 thousands TEU) was across First Euro-Asian Land Bridge through Alashankou/Dostyk crossing point. Other crossing points within this corridor, Zabaykalsk and Naushki recorded decrease of traffic. A significant increase was recorded on another border crossing Khorgos/Altynkol within New Euro-Asian Land Bridge.

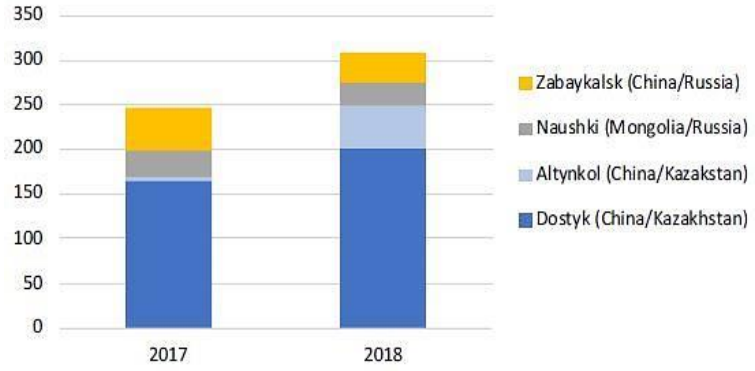


Figure 6. China – Europe – China container traffic by border crossings in thousand TEU (European Commission, Analysis of the potential of the development of rail container transport market in Poland, 2019)

3.3 Middle Corridor – new connection with Europe

Additional route with great potential is so-called Middle Corridor initiative. This initiative represent a Turkish policy with the aim of establishing an efficient transport link with China. Regional railway project Baku-Tbilisi-Kars with length of 826 km connects Azerbaijan, Georgia and Turkey and represents the backbone of transportation politics in Eurasia (Miholjcic, 2018). After completion of this project and putting into the operation in 2017 a Turkish railway network get a railway connection via Transcaucasia countries (Georgia and Azerbaijan) through Caspian roll-on/roll-off (RORO) link to Kazakhstan and further to Central Asia and China (Figure 7).

Figure 7. Middle Corridor (Middle Corridor, 2016)

As part of the cooperation that is undertaken within the context of the Middle Corridor, a „Common Cooperation Protocol" was signed by the Ministers of Transport of the members of the Turkic Council (Azerbaijan, Kazakhstan, Kyrgyzstan, and Turkey) (MFA, 2018).

In order to align Middle Corridor with BRI, in 2015 Turkey and China signed a Memorandum of understanding which includes also transport and logistics cooperation as well as cooperation schemes, for instance, in people-to-people contacts (Inan and Yayloyan, 2018).

Beside this, in order to strength their position within Middle Corridor and to attract additional flow of goods, railway authorities of Azerbaijan, Georgia, and Kazakhstan in November 2013 signed an Agreement on the establishment of *Coordination Committee for the development of the Trans-Caspian International Transport Route*. Within the framework of the said Agreement, to which China was subsequently became a party, the first pilot shipment took place on 28 July 2015. A container train, which originated from Western China named as Nomad Express reached Baku through Aktau and the Caspian Sea in 6 days (MFA, 2018). Similarly, DHL Global Forwarding launched a multi-modal corridor service between China and Turkey in collaboration with Kazakhstan Temir Zholy Express and partners from Azerbaijan, Georgia and China (DHL, 2015). Adding to the potentiality of this route, in 2016 Ukraine launched a test freight train in the West-East direction from its port of Illichivsk to China via the same route crossing Georgia, Azerbaijan and Kazakhstan. Trains were completed their journeys in 9 to 14 days operated on distance of 5.471 km whereas average time by ship takes about 40 days (Xinhuanet, 2016).

After that, members of aforementioned Coordination Committee decided to establish associations and in April 2016 they signed an Agreement on creation of the international association *Trans-Caspian International Transport Route - TITR*. Since February 2017, this association has started its activities and Turkish railway authority became also a member one year later.

The Middle Corridor with Baku-Tbilisi-Kars railway connection proves to be real success. In 2018, the traffic volume was 15000 TEU with the aim of increasing container traffic in 2019 on 60000 TEU. Besides that, tariffs for the transport of various types of freight were defined at the beginning of the 2019 with join measures for a single operator of corridor, the Trans-Caspian Transport Consortium which includes KTZ Express, ADY Express, ADY Container, GR Logistics and terminals and Azerbaijan Caspian Shipping. Responsibilities of this consortium includes the development of logistics services for the East-West axis, the organization and monitoring of container transport on the Middle Corridor and the attraction of an increasing traffic flow (RailwayPro, 2019).

From an EU perspective, this route has the advantage of promoting Chinese – EU trade as well as promoting EU's access to energy markets in Central Asia circumventing its dependency on Russia, primarily in energy. The EU has established good political relations with countries along the Middle Corridor, which are also home to hydrocarbon resources and/or are passageways for transport of such resources (Inan and Yayloyan, 2018). Also Kazakhstan prioritizes connection via the Middle corridor, because with this corridor they gain relative autonomy from Russian domination of its economy (Inan and Yayloyan, 2018).

4. NEW LAND ROUTE THROUGH SERBIA

BRI initiative is present in the Balkan Peninsula from the very beginning. Serbia has joined the Initiative and has intensively been working with China in order to facilitate its realization. Serbia is connected to BRI via the 21st Century Maritime Silk Road where one of the maritime routes goes to Piraeus port and after that one part of the goods is transshipped onto a train which operates on Pan-European Corridor X through Greece, North Macedonia and Serbia to Hungary. Due to the combination of the two modes of transport, this route was named as Land Sea Express Route.

Regarding the Middle Corridor, its route is connected with Europe through connection of railway networks of Turkey and Bulgaria. But, the route of the Middle Corridor is also aligned with another initiative which is currently undergoing. Namely, Austria, Slovenia, Croatia, Serbia and Bulgaria have taken joint action in establishing European rail freight corridor (RFC) with the name Alpine-Western Balkan (AWB). Concrete step was taken on March 2018 when the European Commission adopted Decision 2018/500 on compliance of the proposal to establish the AWB rail freight corridor with Regulation (EU) No 913/2010. Aforementioned countries have two years to fulfill all necessary actions to successfully establish the AWB corridor and offer to the market a quality transport service.

Having in mind that AWB corridor is sharing the route with the Middle Corridor on territory of Turkey, in order to increase efficiency and make rail transport even more competitive, Serbia should together with its partners in AWB use this opportunity and establish cooperation with Middle Corridor. AWB as a legal entity should conclude an agreement on cooperation with the Middle Corridor, which also has the status of legal entity. Benefits of mentioned cooperation could therefore have the possibility of making of a direct route (train) from China or some eastern hub to Central Europe, without rearranging the train or making other operations. This also means that time saving is achieved and consequently decreasing the cost of transport.

Having in mind that multiple boarders would be crossed on the route, mentioned agreement should address the issue of increasing efficiency of border procedures for trains, which would have a form of special status.

5. CONCLUSION

The world, as it is, is constantly changing and adopting to facilitate the ever-growing needs of its society. There is a constant increase in demand challenges in all sectors of the economy, especially in transport. Geopolitics and globalism are playing important role and key factors in deciding how transport will function and which land transport routes will be selected.

Large trade in goods between EU and China is realized with all mode of transport, primarily with maritime transport. This situation have impact also on railways where is obvious increasing in traffic volume. Having in mind the fact that in 2011 there were only 17 trains in whole year and in 2018 there were 17 trains per one day, alone show a big challenges for railways and countries along economic routes within BRI and also great potential of diverting freight flows from other modes. Opportunity for Serbia for attracting new freight flows represents relatively new initiative Middle Corridor. This initiative represent a connection with BRI economic corridors which gives Serbia an opportunity to play a key role in 21st century Silk Road as an important transit route through South East Europe.

The paper shows that it is possible and could be very successful to combine European instruments, such as Rail Freight Corridors, and eastern ideas such as BRI and Middle Corridor in order to facilitate large freight flows on rail routes from China to European Union. Of course, more challenges are laying ahead in way of increasing efficiency of freight flow regarding rail border crossings along the route, investments in the rail infrastructure etc. but the first step has been already taken even though it was unimaginable a decade ago.

6. REFERENCES

Beifert, A., Shcherbanin, Y., and Vinokurov, E. (2018). Trans-Eurasian Land Transport Corridors: Assessment of Prospects and Barriers. International Institute for Aplied Systems Analysis.

Deutsche Bahn. (2016). Trans-Eurasian land bridge – a transport alternative. Retrieved September 1, 2019, from http://www.deutschebahn.com/en/group/im_blickpunkt/11887130/20160318_china_en.html

DHL. (2015, December 17). DHL lays tracks for new Silk Road with China-Turkey rail corridor. Retrieved August 2019, 25, from DHL: http://www.cn.dhl.com/en/press/releases/releases_2015/local/121715.html

European Commission. (2019). Analysis of the potential of the development of rail container transport market in Poland. Brussels: Directorate-General for Regional and Urban Policy.

Inan, F., and Yayloyan, D. (2018). New Economic Corridors in the South Caucasus and the Chinese One Belt One Road. The Economic Policy Research Foundation of Turkey (TEPAV).

Islam, D., Zunder, T., Jackson, R., Nesterova, N., and Burgess, A. (2013). The potential of alternative rail freight transport corridors between Central Europe and China. Transport Problems.

Iyengar, R. (2017). China's first freight train to the U.K. arrives in London. CNNMoney. New Delhi. Retrieved August 25, 2019, from https://money.cnn.com/2017/01/18/news/economy/china-uk-freight-train-yiwu-london/index.html

Jakóbowski, J., Popławski, K., and Kaczmarski, M. (2018). The Silk RailRoad - The EU-China Rail connections: Background, Actors, Interests. Warsaw, Poland: Ośrodek Studiów Wschodnich im. Marka karpia - Centre for eastern studies.

Jerzy Wronka, (2017) Intermodal transport development within the New Silk Road, University of Szczecin, Faculty of Management and Economics of Services.

Kaplany, Y. (2016). EATL: The Trade Prospects for EU and China. The second preparatory meeting

for the 14th session of the Group of Experts on the Euro-Asian Transport Links, Vienna.

Li, S., Lang, M., Yu, X., Zhang, M., Jiang, M., Tsai, S., et al. (2019). A Sustainable Transport Competitiveness Analysis of the China Railway Express in the Context of the Belt and Road Initiative. Sustainability.

MFA. (2018). Turkey's Multilateral Transportation Policy. Retrieved August 2019, 25, from Republic of Turkey Ministry of Foreign Affairs:

http://www.mfa.gov.tr/turkey_s-multilateral-transportationpolicy.en.mfa?fbclid=IwAR14HWmYuhtFoSk0mpoaYHK_BKaObjxEkybR74dCrGimTuZoAaeLBF6APZc

Middle Corridor. (2016). Route. Retrieved September 5, 2019, from Middle Corridor - rans-Caspian International Transport Route: http://titr.kz/en/route

Mordor Intelligence. (2019). China-Europe Rail Freight Transport Market - Growth, Trends, And Forecast (2019 - 2024). India: Mordor Intelligence.

RailwayPro. (2019). Europe - Asia Transit Development Potential. (P. Luica, Ed.) Railway Pro.

Suzuki, W. (2019). China's Belt and Road hits a speed bump in Kazakhstan. Retrieved September 1, 2019, from Nikkei Asian Review: https://asia.nikkei.com/Spotlight/Belt-and-Road/China-s-Belt-and-Road-hits-a-speed-bump-in-Kazakhstan

UNECE. (2019). Euro-Asian Transport Linkages - Operationalisation of inland transport between Europe and Asia. New York and Geneva: United Nation.

Viohl, B. (2015) Transport flows and non-physical barriers. Identification of freight flows on the Euro-Asia transport links. Organization for Security and Co-operation in Europe (OSCE). WP.5/GE.2.

Wang Yiwei, (2016) The Belt and Road initiative: what will china offer the world in its rise, Beijing, China, New World Press, ISBN 978-7-5104-5553-7.

Xinhuanet. (2016, February 1). Feature: Ukraine-China freight train on Silk Road opens up prospects for trade promotion. Retrieved August 1, 25, from Xinhuanet: ttp://news.xinhuanet.com/english/2016-02/01/c_135062009.html

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

CHARGES FOR TRAIN TOWING – PLACE OF CONFRONTATION OF REGULATION OF RAILWAY AND ENERGY SECTOR

NAKNADA ZA VUČU VOZOVA – MJESTO SUČELJAVANJA REGULATIVE ŽELJEZNIČKOG I ENERGETSKOG SEKTORA

Vladimir Malčić[a], Branislav Bošković[b], Ratko Đuričić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, vladimir.malcic@sf.ues.rs.ba, ratko.djuricic@sf.ues.rs.ba*

[b] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, b.boskovic@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *Similar to Railway sector, where it came to separation of management activity from activity of transport of goods and passengers, energy sector went trough the process of restructuring where it came to separation of production, transfer, distribution and electricity supply activities. Restructuring of energy sector is based on free choice principle of electricity supplier which leads the railway sector in problematic situation regarding the organization of the system and calculation of electricity consumption in according with reguirements of railway and energy regulations. Namely, according to energy regulation final users of electricity are considered to be railway carriers, and not infrastructure managers who buy it today and „cede" to carriers. In this work we are exploring te answers into the following questions: whether is railway sector regulation in coalition with energy sector regulation? Does Energy law recognize railway system for supplying with electricity for towing trains? Whether the valid law on railways complies with relevant regulation of European Union and to what extend?*

Key words: *charges, towing trains, restructuring, transport market*

Apstrakt*: Slično železničkom sektoru, gdje je došlo do razdvajanja djelatnosti upravljanja infrastrukturom od djelatnosti prevoza roba i putnika, i sektor energetike je prošao kroz proces restrukturiranja gdje su se razdvojile djelatnosti proizvodnje, prenosa, distribucije i snabdjevanja električnom energijom. Restrukturiranje energetskog sektora se bazira na principu slobodnog izbora snabdjevača električnom energijom što dovodi železnički sektor u problematičnu situaciju u pogledu organizacije sistema i obračuna potrošnje električne energije u skladu sa zahtjevima železničke i energetske regulative. Naime, prema energetskoj regulativi krajnjim korisnicima električne energije za vuču vozova se smatraju železnički prevoznici, a ne upravljači infrastrukture koji je danas kupuju i „ustupaju" prevoznicima. U radu se istražuju odgovori na sljedeća pitanja: Da li je regulativa železničkog sektora u koliziji sa regulativom sektora energetike? Prepoznaje li Zakon o energetici železnički sistem za snabdjevanje električnom energijom za vuču vozova? Da li je važeći Zakon o železnicama usklađen sa relevantnim propisima EU i u kom stepenu?*

Ključne riječi: *naknada, vuča vozova, restrukturiranje, transportno tržište*

1. UVOD

Liberalizacija tržišta vrlo često zahtjeva preobražaj, prilagođavanje i reformu ka tržišnim principima organizacije i rada. Bosna i Hercegovina (BiH), sa oba svoja entiteta, ima afinitet članstva u Evropskoj uniji (EU), te shodno tome veliki dio njenih privrednih sektora nalazi se u procecu reforme i restrukturiranja. Vjerovatno jedan od najvažnijih sektora svake privrede je enegetski sektor, koji posredno ili neposredno utiče na sve ostale sektore. Svako područje privrede ima svoju regulativu, pravne akte koji uređuju pravila i principe njegovog funkcionisanja i djelovanja. Železnica je važan dio svake privrede, a u ovom radu sagledana je veza energetskog i železničkog sektora.

Analizirano je mjesto i prepoznatljivost železnice u energetskom sektoru, odnosno regulatorna kolizija dva tržišta: tržišta električne energije sa tržištem železničkih usluga. Spona ova dva tržišta prepoznaje se pod nazivom **naknada za utrošenu energiju za vuču vozova**.

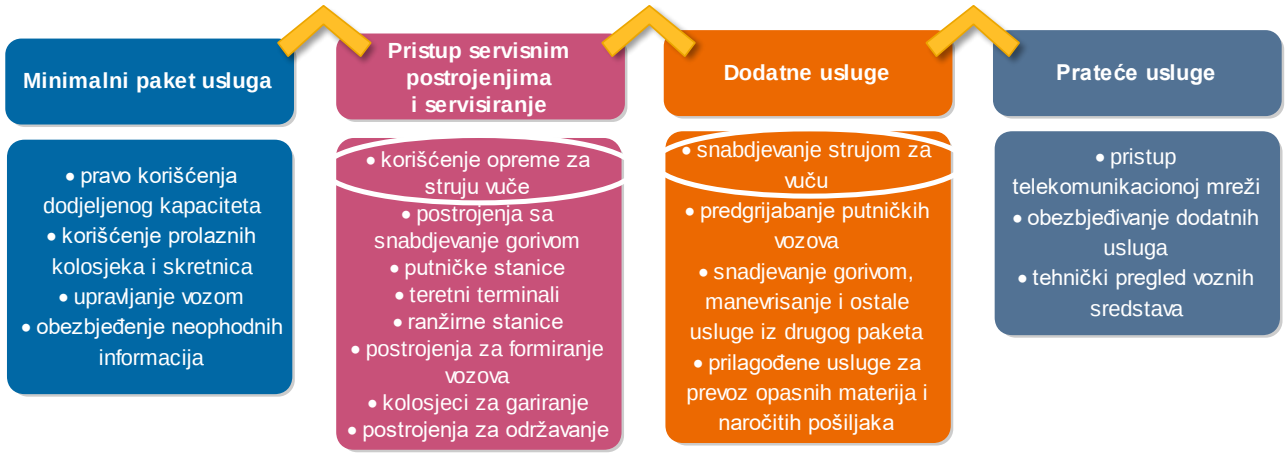
Poznata je činjenica da svaka naknada treba biti zasnovana na transparetnosti, ne diskriminaciji i principima direktnih i stvarnih troškova. To važi i za naknadu za električnu energiju za vuču vozova. Ipak, analiza važeće regulative koja uređuje područja željezničkog i energetskog sektora BiH pokazaće da tu postoje izvjesni problemi, te da nije lako ispoštovati predviđene principe.

2. PRAVNI OKVIRI NAKNADA ZA ELEKTRIČNU ENERGIJU VUČE VOZOVA

2.1 Regulativa željezničkog sektora

Naknada za korišćenje željezničke infrastrukture je ključni element opisa tržišnih odnosa između upravljača željezničke infrastrukture i operatora. Set pravnih akata EU koji se bavi problematikom naknada za korišćenje željezničke infrastrukture i njenim strukturalnim dijelovima (jedan od njih je i naknada za utrošenu energiju za vuču vozova) razvijan je kroz sva četiri paketa direktiva, kao i kroz strateške dokumente transporta. U narednom dijelu dat je kratak pregled sa posebnim osvrtom na naknade za utrošenu energiju za vuču vozova.

Akt poznat pod nazivom Zelena knjiga, usvojen 1995. godine, definiše dva osnovna principa na kojima se formira naknada: direktni troškovi korišćenja željezničke infrastrukture i transparentnost. On se može okarakterisati kao jedan od temelja regulative tržišno orjentisane željeznice. Širina i univerzalnost osnovnih principa naknada preciznije se uređuju stupanjem na snagu Prvog paketa direktiva 1991. godine. Postepeno se daje na značaju obračunu naknada za utrošenu energiju za vuču vozova, ali ne i na načinu i metodologiji za sprovođenje toga. Godine 2001. donešen je Drugi paket direktiva u čijem setu je naročito bitna Direktiva 2001/14 *o raspodjeli kapaciteta željezničke infrastrukture i naplati naknada za njeno korišćenje*. Njom se postavljaju temelji strukture, principa i modela paketa željezničkih usluga. Razvrstani su segmetni naknada po paketima - nivoima usluga kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1 – Paketi naknada prema Direktivi 2001/14

Naknada električne energije za vuču vozova separiše se na dva segmenta (Slika 1):

- Naknada za korišćenje opreme za električnu energiju vuče,
- Naknada snabdjevanja električnom energijom za vuču.

Uočava se da ova dva segmenta naknada u paketima usluga prikazuju i naplaćuju odvojeno. To je zbog prirode i razlike u faktorima koji utiču na njihovu visinu i potrošnju. U slučaju prvog segmenta naknade za električnu energiju za vuču vozova oprema za elektroenergetsku infrastrukturu haba se prvenstveno u zavisnosti od obima saobraćaja, dok za visinu drugog segmenta naknade mjerodavno je više faktora poput vrste vučnog vozila, njegove predviđene brzine, vrste voza, mase voza i sl.

Trećim paketom direktiva razjašnjeni su… i nije se detaljnije ulazilo u problematiku naknada za električnu energiju za vuču vozova.

Potreba za otklanjanjanjem svih nejasnoća i nedorečenosti uočenim u prethodnim paketima direktiva nameće usvajanje Četvrtog paketa direktiva 2012. godine. Iz tog paketa najznačajnije je izdvojiti Direktivu 2012/34EU o uspostavljanju jedinstvenog evropskog željezničkog prostora.

Ova Direktiva formuliše pojam željezničke infrastrukture u koju se ubrajaju i postrojenja za transformaciju i prenos električne energije za vuču vozova (podstanice, naponski kablovi, kontaktni provodnici, stubovi i potpore, te treća šina s potporama.

Direktivom su formulisane i izvjesne izmjene u smislu strukture samih paketa usluga a koje se odnose na naknadu za električnu energiju za vuču vozova. Segment naknade korišćenja opreme za struju vuče prema Direktivi 2012/34 smješten je u paket minimalnih usluga, a segment naknade snabdjevanja strujom vuče ostao je kao dodatna usluga. Ovom direktivom trenutno je objedinjen set evropskih regulativnih akata željezničkog sektora koji uređuju područje naknada i njenih segmenata, među kojima je i naknada električne energije za vuču vozova.

Nacionalnoj regulativi, sa aspekta Republike Srpske, konture definiše Zakon o Željeznicama Republike Srpske (ŽRS) usvojen je 2017. godine. Prema svojoj strukturi i usvojenim normama ne prepoznaje elemente neophodne za uvođenje tržišta na željeznici. Činjanica je da definisana je podjela preduzeća na dva dijela kako je predviđeno evropskim direktivama, ali instrumenti uvođenja tržišta na željeznici, od kojih je najznačajnija naknada za korišćenje željezničke infrastrukture, nisu regulisani. Nije utvrđena ni Metodologija za proračun visine naknade. Zakon ne prepoznaje strukturu naknada, a samim tim ni jedna odredba ne odnosi se na naknadu za električnu energiju vuče vozova.

2.2 Regulativni akti energetskog sektora

Svi privredni sektori trebaju, u većem ili manjem obimu, proći reformu za orjentaciju ka tržišnom načinu funkcionisanja. Slično kao i železnički sektor, i sektor energetike u EU prošao je kroz proces restrukturiranja čiji je krajnji cilj bio segmentacija tržišta električne energije, odnosno razdvajanje delatnosti:

- proizvodnje,
- prenosa,
- distribucije i
- snabdevanja električnom energijom.

Početak, odnosno ideja o jedinstvenom tržištu električne energije u EU počela je da postepeno ulazi u regulatorni okvir od 1996. godine (otprilike u isto vrijeme kao željezničko tržište), sa ciljem omogućavanja slobodnog izbora za sve potrošače u EU (domaćinstva i preduzeća), zatim stvaranja novih poslovnih mogućnosti, prekogranične trgovine, ali i povećanja efikasnosti, postizanja konkurentnijih cijena i viših standarda i kvaliteta usluge (Stanojević, 2018).

Trenutno, najznačajnija direktiva na snazi koja uređuje područje tržišta električne energije je Direktiva 2009/72/EK o zajedničkim pravilima za unutrašnje tržište električne energije.

Kao jedan od osnovnih ciljeva EU postavlja dalje razvijanje unutrašnjeg tržišta električne energije i mogućost da potrošači svojevoljno biraju snabdevače električnom energijom, i sa njima sklapaju ugovore kako bi zadovoljili svoje potrebe. Ovom direktivom je istaknuto da je ključni aspekt snabdjevanja korisnika; pristup transparentnim podacima o sopstvenoj potrošnji, kao i cijenama vezanim za nju. Krajnji cilj ovakve transparentnosti jeste mogućnost korisnika da sa tim podacima mogu zatražiti ponudu od nekog drugog ponuđača ovakvih usluga, te tako dobiti povoljnije ugovorne uslove kao i veći kvalitet usluge (Stanojević, 2018).

Sto se tiče nacionalnog zakonodavstva energetskog sektora svi subjekti imaju mogućnost da slobodno biraju i mjenjaju svog snabdjevača električnom energijom. Međutim, kako su u praksi regulisane cijene bile niže od tržišnih, takvih promjena snabdjevača nije bilo. Zakon kojim se regulišu pitanja vezana za tržište električne energije jeste Zakon o energetici Republike Srpske iz 2009. godine. Zakon ne prepoznaje željeznički sistem, a ni željezničkog operatera kao krajnjeg potrošača električne energije.

3. KOLIZIJA ŽELJEZNIČKE I ENERGETSKE REGULATIVE

Željeznice Republike Srpske, svoju organizaciju rada i funkcionisanja ustrojile na monopolistički način, te u skladu s tim razvijala je i pojedine segmente svog sektora, među kojima je i sistem za snabdjevanje električnom energijom za vuču vozova. Iako je trenutno proces reforme u toku, otvaranje i liberalizacija transportnog tržišta dovešće ŽRS u problematičnoj situaciju, jer nije se prilagodila tržišnom načinu poslovanja.

Smjernice usvojenih paketa direktiva za sektor željezničkog saobraćaja treba da se prenesu na nacionalno zakonodavstvo. To se odnosi i na odredbe koje uređuju područje naknada za električnu energiju za vuču vozova. U praksi, pri analizi te implementacije, dolazi do sagledavanja i regulativnih akata energetskog sektora, naročito

Direktive 2009/72/EK13 o jedinstvenim pravilima za unutrašnje tržište električne energije i zamjeni Direktive 2003/54/EK koje predviđaju mogućnost slobodnog pristupa tržištu električne energije za svakog zainteresovanog korisnika. Shvatanjem činjenice da željeznički prevoznik koristi električnu energiju za kretanje svojih vozila, tj da je krajnji potrošač, može se zaključiti da je ova problematika kompleksna. Primarno pitanje koje se može postaviti: *Pod čije zakonodovne okvire i ingerencije spada ova problematika*?

Stavljanje akcenta na pravo slobodnog izbora snabdjevača zahtjeva sagledavanje regulativnih okvira i tržišta električne energije i tržišta željezničkih usluga. Trenutna interakcija ova dva tržišta ogleda se u djelimičnoj koliziji (kontradiktornosti i nedefinisanosti) njihovih regulatornih okvira koji se odnose na institucionalnu nadležnost željezničke elektroenergetske infrastrukture. Drugim riječima, pogodnost slobodnog izbora snabdjevača električnom energijom za sve krajnje korisnike dovode upravljača infrastrukture i željeznička preduzeća u problematičnu situaciju u pogledu organizacije sistema i načina obračuna i naplate pojedinih segmenata usluga.

Problemi kolizije regulatovnog okvira željezničkog i energetskog sektora ogledaju se u:

- nedefinisanoj podjeli nadležnosti i odgovornosti u implementaciji regulativnih odredbi željezničkog i energetskog sektora;
- neadekvatnom prepoznavanju željezničkog sistema i njegovih specifičnih karakteristika u odredbama direktiva i nacionalnih akata energetskog sektora;
- nedefinisanosti koncepta zatvorenog distributivnog sistema;
- nedefinisanosti koncepta mobilnih potrošača, njihovih mjernih mjesta, te transparentnosti o potrošnji energije;
- nejasnoći kriterijuma, sa aspekta regulativnog okvira energetskog sektora, za licenciranje željezničkog prevoznika ili licenciranje zatvorenog distributivnog sistema.

4. SMJERNICE ZA RJEŠAVANJE KOLIZIJE

Kolizija regulativa željezničkog i energetskog sektora izrodila je kompleksan problem po pitanju organizacije sistema za isporuku, obračun i naplatu naknade za potrošnju električne energije za vuču vozova. Prepoznavanje i rješavanje ovog problema važno je sa stanovišta željeznica na teritoriji Bosne i Hercegovine koje su u procesu reforme ka tržišnoj orijentaciji poslovanja.

Implementacija direktiva željezničkog i energetskog sektora pravi dilemu čijoj nadležnosti pripada pitanje snabdjevanja električnom energijom za vuču vozova. Trenutno, u smislu propisa kojim se uređuje energetika, obezbeđivanje električne energije za vuču vozova se ne smatra energetskom delatnošću. (Zakon o energetici, 2009). Poučeni iskustvom zemalja iz regiona i evropskih uređenih država preovladava stav da ovo pitanje primarno pripada pod energetsko zakonodavstvo.

Osim regulativne kolizije i ograničenja jako je važno sagledati tehnička ograničenja koja utiču na rješenje ove problematike. Prema direktivama i tržišnim pravilima, korišćenje opreme za snabdevanje električnom energijom za vuču, mora biti zasnovana na direktnim troškovima koji su prouzrokovani saobraćajnjem voza, dok se za samu potrošnju električne energije primjenjuje princip da ona treba da bude **zasnovana na stvarnim troškovima** uvećanim za razumnu dobit i predmet je proračuna koji se objavljuje u Izjavi o mreži.

Smjernice za nacrt odredbi novih regulativnih akata (Stanojević M., 2018):

- Željeznički prevoznici se trebaju smatrati krajnjim korisnicima (potrošačima) električne energije;
- Željeznički prevoznici moraju imati pravo na slobodan izbor snabdevača;
- Upravljač infrastrukture i i bilo koji drugi akter na tržištu električne energije mora posjedovati licence za odgovarajuće energetske djelatnosti u skladu za definisanim regulativnim okvirima;
- Pravno prepoznavanje zatvorenog distributivnog distema i mogućnost organizovanja željezničkog elektroenergetskog sistema u vidu njega;
- Predviđanje i definisanje transparentne metodologije za izračunavanje visine naknade za električnu energiju za vuču vozova.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Komparativna analiza zakonodavnih akata željezničkog i energetskog sektora izrodila je kompleksan problem nedorečenosti i kolizije ove dvije regulative po pitanju organizacije sistema za isporuku, obračun i naplatu naknade za električnu energiju za vuču vozova. Prepoznavanje i rješavanje ovog problema važno je sa stanovišta željeznica na teritoriji Bosne i Hercegovine, jedne od njih su i Željeznice Republike Srpske, koje su u procesu reforme ka tržišnoj orijentaciji poslovanja.

Trenutno, Zakon o energetici BiH ne prepoznaje željeznički sistem za snabdevanje električnom energijom za vuču i njegove korisnike, željezničke prevoznike, kao poseban sistem specifican u tehničkom i funkcionalnom smislu. Samim tim i pojam naknade za električnu energiju za vuču vozova je nepoznat i nedefinisan. U narednom periodu neophodno je izvršiti inicijativu ka usklađivanju regulativnih okvira ova dva sektora. Zakon o Željeznicama Republike Srpske, iako je poprilično skoro usvojen, ponovo treba da se izmjeni u cilju uvažavanja i preciziranja svih instrumenta za uvođenje tržišta na željeznici. Zakon treba da predvidi metodologije za proračun tih instrumenata.

Donošenje, izmjena i dopuna odgovarajućih pravnih akata i regulativnih okvira koji bi uzeli u obzir specifičnog cijelog željezničkog sistema stvorili bi osnovu za modelovanje načina određivanja visine naknade za električnu energiju za vuču vozova. Analizirajući način na koji navedenu problematiku rješavaju zemlje u regionu, te uvažavanjem postojećeg stanja u bosni i Hercegovini, pravno prepoznavanje zatvorenog distributivnog sistema trenutno se nameće kao logičan prijedlog rješenja.

Problem predstavljen u ovom radu je poprilično specifičan i šarenolik jer se tiče svih aktera na transportnom tržištu i utiče na organizaciju željezničkog i energetskog sektora. Osvjetljenje ovog problema jako je bitno i za kreiranje Metodologije za određivanje visine naknade za korišćenje željezničke infrastrukture, jer se tim jasno definiše put određivanja visine naknade za električnu energiju za vuču vozova kao segmenta ukupne naknade za korišćenje željezničke infrastrukture.

6. LITERATURA

Council Directive 91/440/EEC of 29 July 1991 on the development of the Community's railways, (1991), Council of the European Union, Brussels

Commission Implementing Regulation (EU) 2015/909 of 12 June 2015 on the modalities for the calculation of the cost that is directly incurred as a result of operating the train service, (2015), European Commission, Official Journal of the European Union

Directive 2001/14/EC of the European Parliament and of the Council of 26 February 2001 on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification, (2001), European Parliament and Council, Official Journal of the European Communities

Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 establishing a single European railway area, (2012), European Parliament and the Council, Official Journal of the European Union

Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC, (2009), European Parliament, Council of the European Union, Official Journal of the European Union 13)

Directive 2003/54/EC of the European Parliament and of the Council of 26 June 2003 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 96/92/EC - Statements made with regard to decommissioning and waste management activities, (2003), European Parliament, Council of the European Union, Official Journal of the European Union

Izjava o mreži za 2018, (2017), ŽRS a.d., Doboj

Mandic M., et al. (2015), Analysis of measurement and simulation results of freight train power supply, Development of advanced high voltage systems by application of new information and communication technologies (DAHVAT), Zagreb, Croatia

Pravilnik o metodologiji za utvrđivanje naknade za priključenje na distributivnu mrežu (2008), Regulatorna komisija za energetiku Republike Srpske

Pravilnik o snabdjevanju kvalifikovanih kupaca električnom energijom i postupku promjene snabdjevača (2014), Regulatorna komisija za energetiku Republike Srpske

Stanojević M., „Komparativna analiza naknada za električnu energiju vuče vozova“, master rad, Saobraćajni fakultet Beograd, 2018.

Zakon o željeznicama Republike Srpske (2017), Službeni glasnik Republike Srpske 19/17

Zakon o električnoj energiji (2008), Službeni glasnik Republike Srpske 8/08

Zakon o energetici (2009), Službeni glasnik Republike Srpske 49/09

Zakon o prenosu, regulatoru i operatoru Sistema električne energije u Bosni i Hercegovini (2002), Službeni glasnik BiH 7/02

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

HOW DOES THE PROBLEM APPROACH IMPROVE THE SOLUTION OF THE MODELING PROBLEM IN TRANSPORT

KAKO NAČIN PRISTUPA PROBLEMU UTIČE NA RJEŠAVANJE PROBLEMA MODELIRANJA U TRANSPORTU

Rade Cvijanović[a], Mirjana Bugarinović[b]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, radecvijanovic@gmail.com*

[b] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, mirab@sf.bg.ac.rs*

Abstracts: *In this paper, we identify and discuss several possible causes that indicate a relationship between problem solving and goal attainment, such as e.g. problem setting and choice of alternative, knowledge level, procedures, influence of bias, public influence, uncertainty and environment. The above mentioned causes explained in the paper in different ways influence the modeling and finding of solutions in the decision making process. Also, a few examples will give an overview of where and how in the modeling process the chosen ways of solving the problem influenced the further application, the solution. Although the focus of this paper is mainly on how to solve transportation problems (transport modeling), the ideas and phenomena described in this paper can be used in other areas and problems e.g. in policy analysis, system analysis, and generally in all model-supported approaches to problem solving.*

Key words: *model, systems approach, causation, alternatives, decision making*

Apstrakt: *U ovom radu identifikujemo i diskutujemo nekoliko mogućih uzročnika koji ukazuju na zavisnost između načina rješavanja problema i ostvarenja cilja, kao što su npr. postavka problema i izbor alternative, nivo znanja, procedure, uticaj pristrasnosti, javni uticaj, nesigurnost i okruženje. Navedeni uzročnici objašnjeni u radu na različite načine utiču na modeliranje i iznalaženje rješenja u procesu odlučivanja. Takođe, kroz nekoliko primjera će se dati prikaz gdje i kako su u procesu modeliranja izabrani načini rješavanja problema uticali na dalju primjenu, rješenje. Iako je fokus ovog rada uglavnom na način rješavanja problema u transportu (modeliranje transporta), ideje i fenomeni opisani u ovom radu mogu se koristiti i u drugim oblastima i problemima npr. u analizi politike, sistemskoj analizi, i generalno u svim pristupima rješavanju problema koje podržava model.*

Ključne riječi: *model, sistemski pristup, uzročnici, alternative, donošenje odluke.*

1. UVOD

U procesu razvoja naučne misli u oblasti sistemskog pristupa, struktura opšteg metoda rješavanja problema menjala se u pravcu veće obuhvatnosti i konkretizacije pojedinih faza tog procesa. Pri tome, sam proces sistemske analize ne treba posmatrati kao formalnu proceduru koja ima jednoznačno definisane korake i postupke, već kao filosofiju ili opštu metodologiju rješavanja problema. Prema Chen (1975), kratko rečeno, "Sistemski pristup je u suštini način opažanja i razmišljanja o problemu identifikovanjem i fokusiranjem na kritične elemente koji se na njega odnose".

Saobraćajni procesi obuhvataju planiranje, organizovanje, upravljanje i kontrolu kretanja transportnih jedinica na određenoj transportnoj mreži (Bugarinović, 2018, str. 7).

Objektivna i mjerodavna ocjena planiranih sistema, pa i saobraćajnih, odnosno transportnih nije moguća bez razumijevanja uticaja i važnosti brojnih faktora i kriterija. U cilju ispravne procjene njihove važnosti neophodno je utvrditi korelacijske veze. Važnosti (značenja, vrijednosti) pojedinog kriterija u konkretnom slučaju zavise o postojanju (nepostojanju) ili promjeni vrijednosti ostalih s njim povezanih faktora. Izloženo

predstavlja problem istraživanja (Hiring, 2018, str. 3). Planiranje saobraćaja je specifičan planerski proces kojim se utvrđuju potrebni kapaciteti za zadovoljenje potreba prevoza u budućnosti na nekom planskom prostoru. Zasniva se na planiranju potreba za prevozom ljudi i dobara na određenom prostoru i u određeno vrijeme. (Bugarinović, 2018, str. 8).

Modeliranje kao metod naučnog istraživanja predstavlja određeni način misaonog ili materijalnog približnog prikaza originala. Model nam pomaže da istražimo ponašanje originala u realnim uslovima kako bi bolje upravljali realnim sistemom. Osnovni i najvažniji zadatak modela nije samo opisivanje i prikazivanje nekog realnog sistema, već i istraživanje i objašnjavanje njegovih spoljašnih manifestacija. Model treba da pomogne naročito u istraživanju mnogobrojnih veza i odnosa unutar sistema i interakcija sa okolinom. Takođe, model treba da pomogne i u objašnjavanju kako veze i odnosi utiču na ponačanje celokupnog sistema i njegovih pojedinih delova. Ukoliko je izgrađeni model dovoljno tačan, mnoga od ovih pitanja se mogu objasniti eksperimentisanjem na modelu. Prema Schmidt (1985) i Cagliano et all (2012) postoje raznovrsne klasifikacije modela i modeliranja. Za poslovne sisteme, posebno su interesntne metode matematičkog modeliranja i mogućnost primene ovih metoda u rešavanju upravljačkih problema u preduzeću. Žudnja za određenom sigurnošću u budućnost je toliko jaka da će većina nas ponekad djelovati protivno sopstvenoj trenutnoj procjeni i zahtjevati uključenje i nekih preciznih informacija o budućnosti: predviđanje (Geus, 2009, str.3).

U istraživanju praktičnih problema, gotovo uvijek postoje alternativni načini koji se mogu pratiti u modeliranju i procesu rješavanja problema. Zavisnost od načina rešavanja problema se odnosi na uticaj tog načina rešavanja na ishod procesa. Koraci u načinu rješavanja problema uključuju, npr. formiranje tima za rješavanje problema, uokvirivanje i strukturisanje problema, izbor modela, redoslijed u kojem se razlikuju dijelovi modela su precizirani i definisani, kao i način na koji se prikupljaju podaci ili preferencije (Hämäläinen and Lahtinen, 2016, str.1).

U ovom radu identifikovano je i diskutovano o nekoliko mogućih uzročnika koji ukazuju na zavisnost između načina rješavanja problema i ostvarenja cilja, kao što su npr. postavka problema i izbor alternative, nivo znanja, procedure, uticaj pristrasnosti, javni uticaj, nesigurnost i uticaj okruženja. A sve to zajedno pozitivno utiče na modeliranje transporta i iznalaženje što boljeg rješenja u procesu odlučivanja. Takođe, kroz nekoliko primjera je dat prikaz gdje i kako su u procesu modeliranja izabrani načini rješavanja problema uticali na dalju primjenu, rješenje. Kako u transportu tako i u ostalim oblastima, kvaliteta alternativa ključna je za donošenje dobrih odluka. Iako je fokus ovog rada uglavnom na način rešavanja problema u transportu (modeliranje transporta), ideje i fenomeni opisani u ovom radu mogu biti relevantni u analizi politike, sistemskoj analizi, i generalno u svim pristupima rješavanju problema koje podržava model.

2. UZROČNICI KOJI UKAZUJU NA ZAVISNOST IZMEĐU NAČINA RJEŠAVANJA PROBLEMA I OSTVARENJA CILJA

U procesu transportnog modeliranja veoma je bitna sposobnost donosioca odluka da stvore alternative (željena stanja) za svoje važne odluke i stvore dobre uslove za poboljšanje svojih sistema. Za neke odluke dovoljno je uložiti relativno mali napor, kako bi se određeni problem sagledao iz više pravaca, a to može rezultirati donošenjem bolje odluke za donosioca (Siebert, and Keeney, 2015). Određeni problem bitno je sagledati sa teorijskog i praktičnog aspekta, te uz odgovarajući model pristupi rješavanju problema i donošenja odluke. Odabrani način rješavanja problema obuhvata niz koraka koji se preduzimaju u tom procesu (Hämäläinen and Lahtinen, 2016, str.2).

Stvaranje kvalitetnih alternativa ima presudnu ulogu u istraživanju i poslovanju. Bitno je za mnoge važne odluke: kako za one koje se donose na osnovu više ponuđenih alternativa, tako i za one koje se donose na osnovu ponuđenih poželjnih alternativa. Ipak, istraživanje većeg broja alternativa, kao i izbor poželjnih alternativa je rijetkost u poslovaljima mnogih preduzeća što se odnosi i na transportne sisteme (Siebert and Keeney, 2015).

Većina, uglavnom velikih sistema, kao što su transportni sistemi, dosta važnih odluka donose na osnovu modela koje je već neko primjenio prije u toj oblasti, iako je svaki transportni sistem različit. Veoma mali broj je onih koji to rade na bazi više ponuđenih alternativa i modela. U nastavku rada dat je prikaz uzročnika koji ukazuju na zavisnost između načinu rješavanja problema i ostvarenja cilja, sa osvrtom na transportne sisteme.

2.1. Postavka problema i izbor alternative

Poznato je da putem istraživanja čovečanstvo neprekidno vrši diferencijaciju postojećih i traga za novim saznanjima. Istraživanje se uvek pojavljuje onda kada treba nešto realno sagledati, unaprediti ili rješiti. Svako istraživanje mora da ima karakter sistematskog proučavanja, neophodno ga je unapred detaljno projektovati i planirati. Jedna od najvažnijih faza u procesu sprovođenja metoda sistemskog pristupa svakako je proces formulacije problema. Ova faza, kao polazna u procesu kreiranja rješenja je i veoma složena, s obzirom da se pre svega odvija u sferi mentalnih aktivnosti usmerenih u pravcu operacionalizacije osnovne ideje o razvoju nekog sistema. Otuda, uostalom, poznata izreka da dobra postavka (formulacija) problema i izbor prave alternative znači i pola rješenja.

Proces formulacije problema i izbor prave alternative podrazumeva jasnu specifikaciju suštinskih zadataka, elemenata sistema i relacije među njima. Isto tako, u okviru ovog koraka definiše se osnovni cilj, na osnovu koga se, radi operacionalizacija, razvija hijerarhijska struktura ciljeva i podciljeva. Pri tome, po pravilu se pristupa redukovanju strukture sistema na ključne elemente i procese. Ukratko, formulacija problema predstavlja rezultat analize sistema i obuhvata izbor glavnog i sporednih ciljeva, određivanje relativnog značaja pojedinih ciljeva, definisanje uslova i ograničenja, osnovnih sistemskih promenljivih i definisanje funkcije cilja. Neki, zato razgrađuju sistem na više funkcionalni podsistema, stvaraju elemente koji ostvaruju funkciju svakog podsistema i stvaraju alternativu kombinovanjem elementa za svaki podsistem. Relativno malo napora utrošeno na stvaranje alternativa moglo bi rezultirati boljim postizanjem cilja donosioca odluka (Johannes Siebert, Ralph L. Keeney, 2015). Sydow i saradnici (Sydow et all 2009) raspravljaju o organizacionim razlozima koji bi mogli spriječiti ponovno pokretanje procesa modeliranja. To uključuje prekomjerno učestvovanje zbog društvenih pritisaka sa kojima se suočavaju rukovodioci i zbog strukturne inercije u velikim organizacijama. Važno je uzeti u obzir rizik zaključavanja i nepovredivost u donošenju odluka kako u političkim procesima tako i u velikim i složenim transportnim sistemima kada se radi sa velikim i složenim pitanjima (Webster M., 2008). U današnjem akademskom svijetu, često je slučaj da istraživači u različitim zajednicama ne prate šta se dešava izvan njihove specijalnosti.

Mogućnost zaključavanja naglašava polaznu tačku procesa rješavanja problema. Mentalni modeli i predrasude ljudi koji učestvuju u ovom procesu mogu mnogo da znače. Oni imaju uticaj na inicijalno postavljanje problema i izbor alata i procedura. Ako bi isti proces rješavanja problema mogao da bude repliciran sa različitim učesnicima, oni možda ne bi slijedili isti pravac/način rešavanja (Raimo et all, 2016).

Kao npr. u željezničkim kompanijama, koje su nekada bile nacionalnog karaktera a danas ih je većina reformisana ili je u procesu reformi. Mnoge nacionalne kompanije su se dugo pripremale da bi ušle spremne u proces restrukturiranja, dok su neke ušle da kažemo nespremne. Tako su definisani različiti modeli i u procesu restrukturiranja pojedinih zemalja, pa imamo nekoliko poznatih modela (potpunog odvajanaja, odvajanja ključnih dijelova, holding i dr.). Svaki od navedenih modela u više različitih država je sproveden izborom različitih alternativnih puteva-pravaca. Skoro je nemoguće pratiti bilo koje alternativno rješenje neke od zemalja kako bi isto primjenili na svojoj teritoriji. Specifičnost svake zemlje, njena privreda, tržište, sredstva za rad (kola, lokomotive), politike itd., sve to utiče na činjenicu da svaka željeznica treba da iskoristi sve resurse da istrži postojeće modele, ali da za sebe mora izgraditi poseban alternativni model za uspješno restrukturiranje i ostvarivanje uspjeha na otvorenom tržištu.

2.2. Nivo znanja

Tokom procesa modeliranja, odnosno tokom svih njegovih faza, činjenica je da se dolazi do sticanja određenih znanja. Iskustvo učesnika rješavanja problema tokom obavljana procesa modeliranaja dostiže viši nivo znanja. Alati za modeliranje koje koristi tim za rješavanje problema mogu prirodno da oblikuju proces učenja. Kada je neko prvi izložen djelovanju sistemskih dinamičkih alata, on može da postane spreman da bude najosjetljiviji na pitanja vezana za dinamičke pojave unutar samog problema. U participativnim procesima[13], važno je vrijeme kordinisanog rada sa vlasnicima problema i predstavnicima zainteresovanih strana (Raimo et all, 2016).

Saobraćaj kao živi proces svakodnevnog pružanja usluga koristi različite modele u svim svojim fazama poslovanja, te se primjenom modela i različith alternativnih rješenja tokom procesa rada svakodnevno stiču određena saznanja.

[13] Participativni procesi - učešće u kome pojedinci, grupe i organizacije imaju priliku da učestvuju u kreiranju (i sprovođenju) odluka koje se njih direktno tiču, ili u kojima imaju određeni interes. Taj proces se zasniva na uverenju da oni, na koje se određene odluke odnose, imaju pravo da učestvuju u procesu njihovog formulisanja. *(Poratal o reformi sektora bezbjednosti u Srbiji. Bezbednost na dlanu. preuzeto 03.02.2019. sa sajta* http://reforma.bezbednost.org/participativnost/sta-je-participativnost/*).*

Npr. Sistem ”online” kupovine putničkih karata razvijen je gotovo u većini kompanija. Na početku su inženjeri razvili takvu tehnologiju da karte nisu kupovane na šalterima nego su postavljani aparati koji su na zahtjeve korisnika izdavali karte, danas su čak razvijene takve tehnologije da dobijamo kodove na svoje personalne telefone koji ustvari zamjenjuju putničke karte. Odnosno, timovi u kompanijama kroz razvijanje ovih modela vrtoglavo podižu nivo znanja, razvijajući i testirajući razne varijante ”online” kupovine i unapređuju ove sisteme.

Tranportni sistemi su često predmet istraživanja i primjene raznih znanja iz oblasti modeliranja, tako da osnovu za donošenje prave odluke iz ove oblasti čini spoznaja što većeg broja alternativnih rješenja u modeliranju transporta. Npr. kada je u saobraćaju potrebno podići nivo bezbjednosti na putnim prelazima, instaliraju se viši nivoi osiguranja. Da bi se donjela takva odluka, nekoliko timova mora da da svoje ekspertsko mišljenje i obrazloženje o tome. Kroz razne studije i analize u takvim procesima timovi podižu znanje iz raznih oblasti na viši nivo. Danas se teorija i metode odlučivanja intenzivno razvijaju, a naročito se razvijaju matematičko-računarski alati, programski paketi i programski sistemi, koji se zajedničkim imenom nazivaju modeli ili sistemi za podršku odlučivanju koji se rade na osnovu metoda i modela podržanih odgovarajućih softverskim rešenjima. Rastući interes za primjenu ovih modernih alata analize i sinteze ekspertskih i drugih stručnih i političkih znanja, u procesu odlučivanja, proističe iz rastuće svijesti da računarski podržano odlučivanje predstavlja višestruku korist za sve činioce društva, umanjuju subjektivnost i povećavaju odgovornost za odluke na svim nivoima odlučivanja (Blagojevic, A., i dr. 2018).

2.3. Procedure

Kod velikih sistema, problem sa modeliranjem može biti jer je teško izgraditi ukupni sintetizovani model. Naprotiv, problem je potrebno razdvojiti u pod-probleme koji se rješavaju odvojeno. Metoda razlaganja i redoslijed u kojem su modelirani različiti podsistemi mogu uticati na rješenje.

Efekti vezani za redoslijed u kojem su preduzeti koraci rješavanja problema mogu se pojaviti u procedurama sekvencijalnog odlučivanja i dovesti do zavisnosti načina rješavanja i bez bilo kakvih uzroka ponašanja. Na primjer, kada je više donosioca odluka uključeno u strateško odlukučivanje, red izbora često utiče na ishod. Poznati efekat u donošenju strateških odluka ili igara je takozvana prednost prvo-pokrenutog. Takođe, proces rješavanja problema u OR može stvoriti stratešku situaciju sa svojim učesnicima kao igračima. Redoslijed u kojem članovi grupe izražavaju svoje zabrinutosti i preferencije mogu naknadno uticati na ponašanje drugih članova grupe (Raimo et all, 2016).

U transportu koji spada u velike i kompleksne sisteme prilikom rješavanja problema obično imamo modele koji su razgrađeni u nekoliko manjih modela koji zajedno dovode do ostvarivanja cilja. U ovako kompleksnim sistemima izuzetno je bitno poštovanje određenih redoslijeda i procedura. Npr. u sistemima intermodalnog transporta, gdje u lancu imamo nekoliko vidova transporta, u okviru svakog vida imamo razvijene razne modele za što bolje produktivnije i ekonomičnije funkcionisanje, odnosno imamo više modela, koji su zavisni u lancu transporta roba i na kraju čine jedan integrisan sitem prevoza. U transportnim sistemima, u procesu odlučivanja imamo veliki broj različitih uticaja raznovrsnih faktora (političkih, društvenih, ekonomskih, organizacionih itd.), tako da je veoma bitan intenzitet i redoslijed uticaja svakog od njih u mnogobojnim procedurama i fazama procesa.

2.4. Uticaj pristrasnosti

Zavisnost od načina rješavanja problema može biti uzrokovana kognitivnim predrasudama i drugim ponašanjima u vezi sa pojedincima. U saobraćajnim sistemima dosta se u procesu modeliranja koriste razne metode višekriterijumskog odlučivananja (VKO), koje se eksplicitno oslanjaju na korišćenje subjektivnih podataka dobijenih od zainteresovanih strana i stručnjaka. Ovi podaci se mogu odnositi i na preferencije kao subjektivne procjene vjerovatnoće i veličine efekata. Uopšteno gledano, postoji mnogo različitih načina dostupnih u procesu VKO i ukupan efekat pristrasnosti može zavisiti od izbora načina rješavanja problema. Nedavni pregled pristrasnosti u odlučivanju i analizi rizika dali su Montibeller i Winterfeldt. (Montibeller G, von Winterfeldt D., 2015). Wachs (1989) u radu „Kad planeri lažu o brojevima", pokazuje postojanje sistemskih uzoraka namjerne pristrasnosti predlagatelja projekata uopšteno, ali naglašava i objašnjava „tešku" ulogu u kojoj se nalaze planeri i okolnosti zbog kojih su gotovo primorani na takve postupke. „Mi služimo kao osoblje političara, konzultanti tijela na vlasti i kao predstavnici privatnih zemljovlasnika i građevinskih poduzetnika. Te uloge su obično povezane s jasno artikulisanim interesom. Naše agencije, poslodavci i klijenti preferiraju politike ili programe koje mogu biti izvedene više iz ideologije, političke obveze ili vlastitog ekonomskog interesa, nego iz rezultata analitičke studije.

Projektanti, su dakle, stalno zarobljeni između dva konkurentska aspekta svoje uloge. S jedne strane, planera se može vidjeti kao "naučnik", koji analizira podatke, otkriva istinu i dolazi do najboljeg rješenja. S druge strane, planeri sebe vide kao "zagovornike", koji koriste podatke i modele za dokazivanje smjera djelovanja koji preferira klijent ili poslodavac kao najbolji izbor u datoj situaciji." (Wachs, 1989., str. 476).

U razmatranju uspjeha ili neuspjeha postojećih željezničkih sistema, kao i optužbi o pristranosti, ništa manje nije značajan ni nalaz Flyvbjerga et al. (2007) da su svi transportni projekti bez obzira na vid prevoza, dosljedno premašili proračun i očekivani datuma završetka radova. Problem je sveprisutna dezinformacija u planiranju saobraćajnih infrastrukturnih projekata, kao i sistemska pristranost takve dezinformacije prema opravdavanju provodjenja projekta. (Lane, 2008., str. 281 i Flyvbjerg et al., 2007).

2.5. Javni uticaj

Javni uticaj na način rješavanja problema se odnosi na situacije gdje ljudski ciljevi imaju uticaj na proces rješavanja problema. Ovaj rizik je visok kada je problem nesistematizovan i kontroverzan sa alternativnim mogućim pristupima modeliranju. U velikim sistemima kao što su saobraćajni, u način rješavanja problema često se mješaju veliki uticaji javnih emocija, odnosno uticaj državnih interesa radi zadovoljavanja i potrebe promovisanja pojedinih politika. Kao jedan primjer imamo da danas nalazimo da je savršeno normalno da se menadžeri politički postavljaju na odgovorne pozicije gdje će učiti iz iskustva - na osnovu proba i grešaka. Od njih tražimo da posao nauče tako što će „eksperimentisati sa stvarnošću". Pošto su to većinom inteligentni ljudi, oni će prepoznati i strahovati od posledica – i naučiti mnogo manje i sporije nego što bi to inače uradili. Dakle, usprkos javnih emocija koje se često miješaju kod velikih projekata kao što su npr. željeznički sistemi, proces donošenja odluka treba biti vođen objektivno na temelju znanstvene analize koja se fokusira na prevoznu funkcionalnost, produktivnost i bitnih/prirodnih troškova i koristi za prevoz. U tom kontekstu definiranje kriterija, odnosno utvrđivanje i vrednovanje svih faktora koji utiču na odluku predstavlja prvi i nezaobilazni korak u tom procesu.

2.6. Nesigurnost i uticaj okruženja

Nesigurnost može postojati u pretpostavkama modela, kao i u vanjskom okruženju. Ako se isti proces modeliranja ponovi, to može dovesti do različitih ishoda zbog promjena vanjskog okruženja. Osnovne pretpostavke modela nisu uvijek jasne i fiksne. Različite procjene parametara modela prirodno mogu dovesti do različitih rezultata. Čak i u slučaju nesigurnosti i neizvjesnosti mora se odabrati neki početni pristup. Postoji rizik da se kasnije tim za modeliranje ili zajednica mogu popraviti tako da samo traže poboljšanja u početnom pristupu i ne uspiju da razmotre druge pristupe (Raimo et all, 2016).

Nesigurnost i uticaj spoljneg okruženja ne bi smjelo da utiče na način rješavanja problema. Promjene vanjskog okruženja mogu se odnositi, na primjer, na tržišnu situaciju. Npr. u saobraćajnim sistemima veoma je bitno pravovremeno donošenje odluke o nabavci sredstava za rad (kola), jer ukoliko u pravo vrijeme ne zadovoljite potrebe korisnika usluga, oni odlaze na druge vidove prevoza, jer je to proces koji nema prostora da čeka (ili ste vi prevoznik - davaoc usluge ili je neko drugi). Tako da je pristup načina donošenja odluke u modeliranju transporta ne smije za pojedine odluke da ima previše rezerve. Timovi moraju da donesu važne odluke u procesu modeliranja i da snose odgovornost ukoliko nisu izabrali pravu odluku, jer se radi o velikim sistemima koji su izuzetno finansijski zahtjevni.

3. UTICAJ ZAVISNOSTI ODABRANOG NAČINA RJEŠAVANJA PROBLEMA U PROCESU MODELIRANJA

Za model koji proizvodi pouzdana predviđanja aktivnih sistema kao što su kompanije, tržišta, nacionalne ekonomije itd., neophodno je da model:

1) zaista bude potpun;
2) je precizna prezentacija realnosti.

Zatim, da bi menadžer mogao da postupa prema takvim predviđanjima, neophodno je da on/ona prepozna model kao potpunu i preciznu prezentaciju realnosti. Nijedan od ovih uslova vjerovatno neće biti ispunjen. Čak i najlakše poslovanje ima toliko mnogo internih i eksternih intervencija, na koje se štaviše, nove stalno dodaju, tako da je najvjerovatnije da model koji tačno i u cijelosti opisuje kompaniju nikada neće biti završen. npr. tokom jednog kursa o modeliranju od učesnika je zatraženo da navedu sve važne aspekte i odnose kojima se

može opisati jednostavna firma za proizvodnju jednog proizvoda u jednoj državi. Poslije pola sata cio zid je bio prekriven od poda do plafona i bilo je jasno da je grupa i dalje daleko od završetka opisa ovog relativno jednostavnog entiteta i njegovog okruženja. Osim ovih praktičnih razloga, postoje i teoretski. Nikakav model nikada ne može biti precizno predstavljanje stvarnosti. U živom svijetu, ne žive objekti kao u materijalnom svijetu, na posmatranje realnosti utiče pozicija posmatrača. To onemogućava da se napravi model koji predstavlja realnost tako da se može napraviti pouzdano predviđanje i, u svakom slučaju, malo je vjerovatno da će menadžer prihvatiti model kao potpuno precizan.

Korišćenje više modela je prirodan način detekcije staze zavisnosti i povećanja povjerenja u dobijena rješenja. Možemo biti sigurniji u rješenje ako se slično rješenje dobije korišćenjem drugog modela. Štaviše, takođe treba razmisliti o korišćenju više paralelnih procesa rješavanja problema sa različitim timovima za modeliranje. Ovo bi moglo pomoći da se u obzir uzme veća raznovrsnost formulacija alternativnih problema i strukture modela.

Linkov i Burmistrov (2003) ukazuje da razlike između modela izgrađenih od strane alternativnih timova mogu biti vrlo velike. Jedan isti problem različito mogu da rješavaju inženjeri, ekonomisti i psiholozi. Na primeru rješavanja problema čekanja na lift to se vrlo lepo može videti. Često se korisnici žale da puno čekaju jer su liftovi spori. Ovom problemu može se pristupiti kao inženjerskom problemu koji može da se rješava tako što se poveća brzina kretanja lifta, ili automatizacija poziva lifta prema odredjenim pravilima koji optimalizuju i korišćenje liftova i vreme čekanja. Sa druge strane, ekonomisti rešavaju taj problem kao optimizacioni u pogledu koristi ili troskova ugradnje novog lifta, dok psiholozi rješavaju tako što ispituju šta je uzrok nezadovoljstva. Kao najefikasnije i najekonomičnije rjesenje se pokazala neobična ideja – ugradnja televizora u holu koji korisnici gledaju dok čekaju i vreme čekanja im se tako ne čini više dugačko. Otkrivanje i razmatranje ovih različitih pristupa može pomoći da se problem bolje razumije i da se izgrade bolji modeli (Linkov I, Burmistrov D. 2003).

Politika koja se rijetko koristi u praksi jeste da se u okviru budžetiranja procesa modeliranja izdvoji deo koji će se koristiti u svrhu kasnijeg osnivanja drugog tima koji će kritički procijeniti model. Mogućnost pokretanja procesa paralelnog modeliranja ili namjernog uključivanja tima koji kasnije radi na kritčkoj procjeni modela trebalo bi razmotriti i eventualno najaviti već na početku procesa modeliranja. U transportnim sistemima, čest je slučaj da u procesu prihvatanja projekata, nakon završetka imamo formiranu Revizionu komisiju za prihvatanje pedloga rešenja kao i paralelnu Komisiju za prijem istog u eksploataciju. Takođe, npr. u oblasti željezničkog transporta gdje je potrebno donjeti važne odluke za ulazak u realizaciju uglavnom velikih projekata, veoma je bitno donjeti ispravne i pravovremene odluke, te ukoliko je to moguće putem modela na relevantan način reagovati i odabrati odgovarajuću alternativu, i na taj način ubjediti invetitora da je donešena prava i važna odluka. Tako, Pickrelli navodi: „Jedan od razloga, želje lokalnih planera za izgradnjom željezničkih sistema u Sjedinjenim Američkim Državama je to što velik dio sredstava dolazi od Federalne vlade i to na osnovu učešća u ukupnim predviđenim izdacima, a koji se temelje na prognozama za koje se pokazalo da su bile optimistične u pogledu uspjeha sistema, odnosno, s visokim prihodima i niskim troškovima". (Mackett & Edwards, 1998., str. 241). Dakle, visoke prognoze broja putnika koji će koristiti sistem podrazumijevale su skup sistem koji je donio i više saveznog finansiranja. Isto tvrdi i Hensher: „Velik dio rasprave u devedesetim o novim šinskim sistemima u SAD-u proizašao je iz prekomjerno optimistične prognoze korištenja u trenutku traženja financijske potpore od Capitol Hilla". (Hensher, 1999., str. 14). Zanimljivo, izuzetak precijenjenih prognoza je sistem u San Diegu gdje je cilj bio ispunjen ali je početni sistem izgrađen bez sredstava od Američke Federalne Vlade. (Mackett & Edwards, 1998., str. 242). Sličan scenarij u pogledu procjene financijskih dobitaka dogodio se u Velikoj Britaniji, gdje su se projekti opravdavali indirektnim utjecajima sistema, takođe u cilju dobivanja financijskih sredstava od Vlade. „U Velikoj Britaniji, metoda dobivanja sredstava od centralne Vlade je koristiti odjeljak 56 Saobraćajnog zakona iz 1968. pri čemu podrške od javnog sektora mogu biti tražene u cilju pokrivanja opšte društvene koristi, uključujući smanjenje zagušenja i uticaja na privredni i stambeni razvoj". (Mackett & Edwards, 1998., str. 241).

Modeli i kompjutersko modeliranje mogu igrati važnu ulogu u olakšavanju menadžerima ili grupi menadžera „da donesu sopstvene odluke“. Putem kompjuterskog modeliranja njihovog svijeta, mi im dajemo “igračku“ (predstavljanje njihovog stvarnog svijeta na način koji oni razumiju) s kojom se mogu „igrati“, tj. s kojom mogu eksperimentisati bez straha od mogućih posljedica. Može se primetiti da u suočavanju sa budućnošću, mozak se ne oslanja na predviđanja. On pretpostavlja šta bi ljudsko biće uradilo u nekoliko očekivanih budućnosti: „Ako voz zakasni, pozvaću telefonom sa stanice i uzeti taksi, umjesto da idem podzemnom željeznicom“, ali i „"Ako voz dođe na vrijeme, otići ću podzemnom željeznicom do pola puta, a ostatak ću preći pješke, tako da mogu da svratim u knjižaru i vidim da li postoji nešto zanimljivo za kupovinu“

(Geus, 1992). Zato u budućnosti potrebno je uvesti i mjeru rizika ili kako modelari kazu uvesti promenljivu zvanu slučajna greška koja predstavlja mjeru neodredjenosti.

4. ZAKLJUČAK

Smjernice i stavovi izneseni u radu treba da pomognu budućim planerima, prvenstveno u oblasti transportnog modeliranja, kako bi odabrali najbolji način i model za rješavanje određenih problema iz ove oblasti. Kroz uticaje određenih faktora koje su prikazani u radu možemo prepoznati i usmjeriti svoja zapažanja na određene uticaje koje do sada nismo uzimali u obzir prilikom odabira načina rješavanja problema.

Ove interakcije i uticaji su povezani sa ljudskim ponašanjem i društvenim interakcijama, kao i tehničkim osobinama korišćene procedure i konteksta problema. Razmatrajući ove uticaje, praktičar treba bolje da identifikuje putanje zavisnosti i pronalazi načine analiziranja da li to može ili bi trebalo izbjegavati. Kao što je Chen naveo ključno pitanje prilikom rešavanja problema nije samo u tome da li se posmatra ceo sistem ili gde su granice sistema koji se posmatra već koje perfomanse i objekti čine taj sistem. Sigurno je da vrsta problema i količina informacija koje ga opisuju i njihova dostupnost opredjeljuju metodu za odlučivanje. Za izbor najbolje metode vrednovanja ili odlučivanja kod izbora kriterijuma dosadašnja iskustva i literatura ukazuju da problem treba rješavati studiozno, provjerom ispravnosti donošenja odluka kroz više alternativnih metoda i pravaca. Takođe, bitno je u odabranom načinu rješavanja problema, da tokom praćenja procesa imamo određene kontrolne oragane, naročito u velikim sistemima kao što su transportni. Veoma važan fakor u ovakvim procesima predstavlja odgovornost i sposobnost modelara, koja se ogleda kroz izbor što približnijeg modela stvarnom stanju. Za velike sisteme, kao što je transportni, gdje se neprestano odvijaju procesi, u savremenim uslovima poslovanja potrebno je imati sposobnost i prepoznati odgovarajuće alternativne modele, kako bi u procesu transportnog modeliranja donjele prave odluke.

5. LITERATURA

Blagojevic, A., Veskovic, S., Stojic, G. (2017). Dea model for evaluation of efficiency and effectiveness of Passenger rail operators. Scientific-professional journal Serbian Railways, UDK 656.2 (05) ISSN 0350-5138, Beograd, Vol. 62 , No 2, 77–130.

Bugarinović, M. (2018). Predavanja iz predmeta Šinski urbani sistemi: Transportno planiranje, koncept, četvoroetapni model i podmodeli. Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj.

Chen, G.K.C. (1975) What is the system approach?, Interfaces, Vol.6, No.1.

Cagliano, A. C., A. DeMarco, S. Grimaldi, C. Rafele. (2012). An integrated approach to supply chain risk analysis. Journal of Risk Research 15 (7), 817-840.

Geus, A.P. de (1992). Modelling to predict or to learn?. European Journal of Operational Research 59 1-5 1 North-Holland.

Flyvbjerg, B. (2007). Cost Overruns and Demand Shortfalls in Urban Rail and Other Infrastructure, Transportation Planning and Technology, Vol. 30, No. 1. pp. 9-30.

Hämäläinen, .R. P., Lahtinen, T. J. (2016). Path dependence in Operational Research - How the modeling process can influence the results. Systems Analysis Laboratory, Department of Mathematics and Systems Analysis. University School of Science. P.O. Box 11100, 00076 Aalto. Finland.

Hensher, D. A. (1999). A bus-based transitway or light rail? Continuing the saga on choice versus blind commitment. Road & Transport Research, Vol 8, No 3. pp. 3-21.

Hiring, S. (2018). Doctoral thesis: Model of criteria evaluation for railway integration in urban and suburban transport. University of Zagreb. Faculty of Transport and traffic sciences Zagreb.

Johannes, S., Keeney, R. L. (2015). Creating More and Better Alternatives for Decisions Using Objectives. Operations Research 63(5). Preuzeto 03.11.2018. sa: https://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/opre.2015.1411

Lane, B.W. (2008). Significant Characteristics of the Urban Rain Renaissance in the United States: A Discriminant Analysis, Transportation Research Part A, Vol. 42. pp. 279.

Linkov, I, Burmistrov, D. (2003). Model uncertainty and choices made by modelers: Lessons learned from the international atomic energy agency model intercomparisons. Risk Anal 23(6). 1297–308.

Mackett, R. L., Edwards, M. (1998). The impact of new urban public transport systems: Will the expectations be met?. Transportation Research, Vol. 32, No. 4. pp. 231–245.

Montibeller, G, von Winterfeldt D. (2015). Cognitive and motivational biases in decision and risk analysis. Risk Anal 35(7). 1230–51.

Poratal o reformi sektora bezbjednosti u Srbiji. Bezbednost na dlanu. preuzeto 03.02.2019. sa sajta http://reforma.bezbednost.org/participativnost/sta-je-participativnost/

Schreyögg, S.J, Koch, J. (2009). Organizational path dependence: Opening the black box. Acad Manag Rev 34(4). 689–709.

Schmidt B. (1985). Systemanalyse und Modellaufbau: Grundlagen der Simulationstechnik. Springer – Verlag; Berlin, Heidelberg, New York, Tokio.

Webster, M. (2008). Incorporating path dependency into decision-analytic methods: An application to global climate-change policy. Decis Anal 5(2). 60–75.

Wachs, M. (1989). When Planners Lie with Numbers. Journal of the American Planning Association, Vol. 55, No. 4. pp. 476-479.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

IMPROVEMENTS IN CONTROL AND TRANSFER OF DATA OF RAILWAY ELECTRIC TRACTION SUBSTATIONS USING ABB RTU560 DEVICE

POBOLJŠANJE RADA DALJINSKOG UPRAVLJANJA ELEKTROVUČNIH PODSTANICA NA ŽELJEZNICAMA UPOTREBOM ABB RTU 560 UREĐAJA ZA KONTROLU, PRIJEM I PRENOS PODATAKA

Goran Stevanović[a], Nebojša Tomić[a], Mario Danilović[a]

[a] *Ralway of Republic Srpska Doboj, Svetog Save 71, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, ljubisa.tesanovic@zrs-rs.com, zdenko.s@zrs-rs.com*

Abstract: *Aim is to show the advantages of using the ABB RTU 560 for receiving and transmitting data for remote control in the electric substations in relation to the existing system in the Railways of RS. Approach Table view of multi-year monitoring of the work system with statistical data of working hours consumption and error data statistics on the existing system; the projected value of using a new device. Results The advantages of using ABB RTU 560 devices in the remote control system, new way of data collection, a more appropriate system operation communication protocols, and adjustments to already existing solutions are presented. The data are given in tabelar comparative values, the number of operating hours on maintenance, and the advantages and disadvantages of both devices. Contribution Development of technology has expanded end-user requirements, and upgrade of control devices and a new approach to device exploitation have to be viewed through the prism of economic cost-effectiveness and maximum utilization of devices and the enhanced safety of railway transport.*

Key words: *remote control, electric sub-stations, CLP 500, RTU 560, railways*

Apstrakt: *Cilj U radu će biti prikazane prednosti upotrebe uređaja ABB RTU 560 za prijem i prenos podataka u daljinskom upravljanju u elektrovučnim podstanicama u odnosu na postojeći sistem na Željeznicama RS. Pristup Tabelarni prikazi višegodišnjeg praćenja sistema rada sa statističkim podacima utroška vremena i radne snage; statistički podaci smetnji na postojećem sistemu; projektovane vrijednosti upotrebe novog uređaja. Rezultati Prikazana je prednost upotrebe ABB RTU 560 uređaja u sistemu daljinskog upravljanja, novi načini prikupljanja podataka, veći broj odgovarajućih komunikacionih protokola u radu sistemu, prilagođenja na već postojeća rješenja. tabelarno su prikazane uporedne vrijednosti, broj radnih sati na održavanju, te prednosti i nedostaci oba uređaja. Značaj rada Razvoj tehnologije proširio je zahtjeve krajnjeg korisnika, pa se nadogradnja upravljačkih aparata, te novi pristup eksploataciji uređaja može posmatrati kroz prizmu ekonomske isplativosti i maksimalne iskorištenosti uređaja, kao i povećane bezbjednosti željezničkog saobraćaja.*

Ključne riječi: *daljinsko upravljanje, elektrovučne podstanice, CLP 500, RTU 560, željeznice*

1. UVOD

Danas je nezamislivo da se jedan prostorno razmješten elektroenergetski sistem sa elektroenergetskim postrojenjima ne nadzire i upravlja daljinski, centralizovano sa jednog mjesta. Prednost takvih sistema su velike i višestruke uštede, počevši od brzine odziva reakcije operatera, mogućnostima upravljanja tokovima energije u slučaju vanrednih događaja, popravki ili redovnih servisa preko znatnih ekonomskih ušteda zbog izostanka potrebe za angažovanjem stalnih posada u postrojenjima, do uvida u cijeli sistem (monitoring) u svrhu vršenja različitih analiza stanja opreme na temelju arhive događaja i pouzdanijih predviđanja štetnih događaja. Daljinsko upravljanje stabilnim postrojenjima elektrovuče na željezničkim prugama je složen sistem koji objedinjuje elektrotehničke i informaciono komunikacione tehnologije te brojna softverska rješenja. Zbog navedenog, veliku pažnju potrebno je posvetiti bitnom segmentu cijeloga elektroenergetskog sistema, s ciljem stalnog praćenja razvoja novih tehnologija koje bi dovele do povećanja sigurnosti u napajanju električnom energijom željeznička postrojenja, te ostvarili visoku pouzdanost i apsolutnu točnost zadatih naredbi, kao i povrat informacija iz

nadziranog postrojenja o svim fazama izvođenja zadate naredbe, te svjetlosne signalizacije stanja uređaja i postrojenja.

2. PRIKAZ KARAKTERISTIKA UREĐAJA ZA DALJINSKO UPRAVLJANJE EVP POSTROJENJIMA

2.1 CLP 500 uređaj

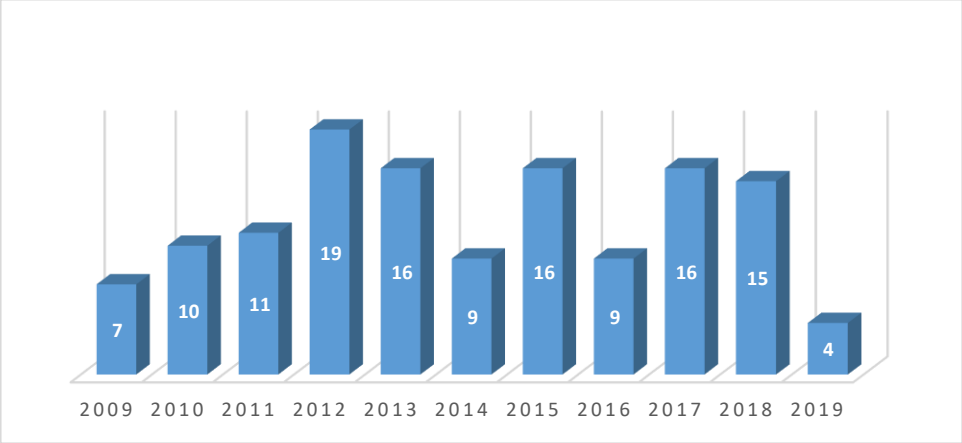
Željeznice RS su 2006. g. realizovale projekat upravljanja elektronergetskim postrojenjima centralizovano sa jednog mjesta primjenom uređaja CLP500 koji integriše više različitih sklopova gdje je svaki imao zasebnu ulogu u radu daljinskog upravljanja (kompletan REC ormar prikazan je na slici 1.) :

Slika 1. izgled CLP 500 u EVP postrojenjima

a) Akviziciona jedinica sastoji se od 9 upravljačkih elektronskih kartica koje imaju ulogu prikljupljanja digitalnih i analognih signala iz samog postrojenja, sadrži procesorku karticu, kao i mrežnu i spojnu elektronsku karticu,
b) Elektronski sklop za kontrolu naponske regulacione sklopke,
c) Računar sa instalisanim DAUS sistemom za praćenje i koordinaciju svih komponenti sistema,
d) Ormar sa komunikacionim modemima realizovanim preko bakarnih prenosnih medija,
e) Rezervnim baterijskim napajanjem.

2.1.1 Prikaz smetnji na uređaju

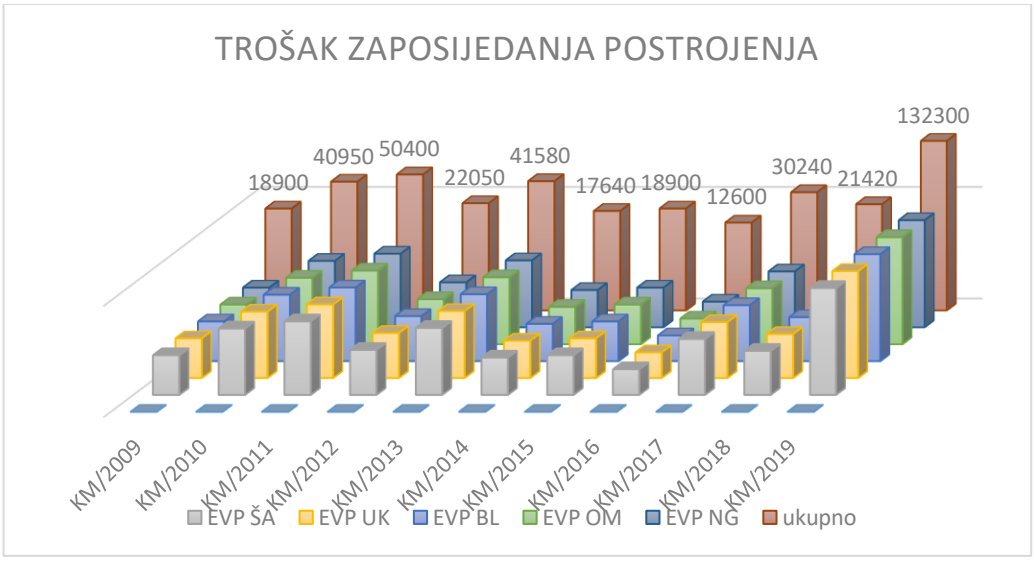
U pogledu prenosa, sistem je projektovan u master-slave komunikaciji između servera i uređaja daljinskog upravljanja u elektroenergetskim postrojenjima (***Master-slave komunikacija*** *sa zahtjevom - Request i direktnim odgovorom - Response*), i prilagođen za komunikaciju preko bakarnih prenosnih puteva. Uvođenjem optičkih kablova ovaj sistem je moguće prilagoditi novom načinu prenosa informacija, korištenjem uređaja koji bi imali mogućnost prijema i odziva signala kroz optičke kablove, te koji bi zamijenili dosadašnje modeme čime bi se osigurala veća pouzdanost rada sistema. U posljednje vrijeme su sve učestalije pojave smetnji u prenosnom putu daljinskog upravljanja, baš zbog predugog vijeka eksploatacije bakarnih kablova. Prikaz smetnji (pogonskih poremećaja) direktno uzrokovanih kvarom jednog od integrisanih sklopova u ormaru CLP500 po godinama prikazan je na grafikonu 1.



Grafikon 1. Broj pogonskih poremećaja na uređaju CLP500 od 2009 – VII 2019. godine

2.1.2 Prikaz troška zaposijedanja EE postrojenja

Ako znamo da svaki kvar uzrokuje prekid komunikacije i nemogućnost upravljanja postrojenjem i zahtijeva stalno zaposijedanje od strane radnika koji su raspoređeni na održavanju elektroenergetskih postrojenja dolazimo do podataka prikazanih na grafikon 2., izraženo u konvertibilnim markama, a odnosi se na neto plate radnika koji su bili angažovani na stalnom angažmanu u vrijeme zaposijedanja postrojenja. Ne treba zanemariti da se stalnim zaposijedanjem gube sati redovnog održavanje ostalih elektroenergetskih postrojenja,te redovnih drugih aktivnosti.



Grafikon 2. Prikazan trošak zaposijedanja EVP postrojenja iskazan u konvertibilnim markama

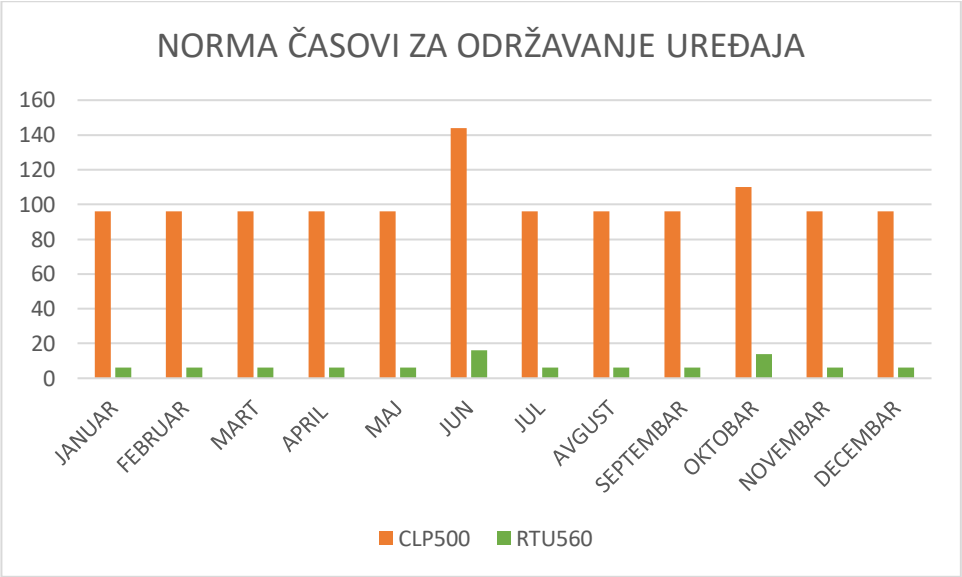
2.1.3 ABB RTU 560

Problem, zastarjelog sistema, masivnog i komplikovanog ormara CLP500 možemo prevazići upotrebom uređaja RTU 560 renomiranog proizvođača oprema ABB[14] prikazan na slici 2, koji po svojim tehničkim karakteristikama i mogućnostima u potpunosti zamjenjuje i unapređuju potrebe za nadogradnjom sistema daljinskog upravljanja.

[14] https://new.abb.com/substation-automation/products/remote-terminal-units/rtu560

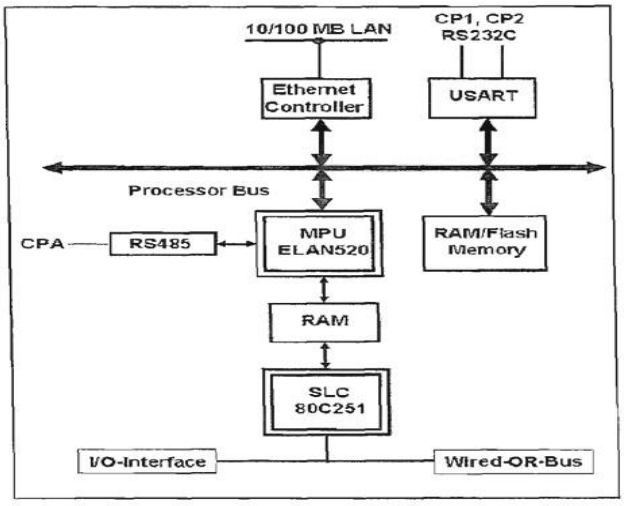
Slika 2. Izgled ABB RTU 560

Na grafikonu br. 3 prikazan je odnos potrebnog broja sati za održavanje na mjesečnom nivou postojećeg i opisanog uređaja. Broj sati održavanja propisan je Normativom tekućeg održavanja elektro-tehničkih uređaja i postrojenja – Knjiga IV elektroenergetska postrojenja , dio DU.



Grafikon 3. Broj sati na održavanju uređaja CLP500 i RTU560 po mjesecima

Instaliranjem uređaja RTU 560 bi se objedinile sve procesne radnje centralizovanog sistema i unaprijedio sam rad, te dobile mogućnosti nadogradnje elektroenergetskih postrojenja numeričkim uređajima za koji trenutni sistem nema mogućnosti podrške.



Slika 3. Blok šema RTU 560

RTU 560 sastoji se od komunikacione jedinice, višestruke ulazno/izlazne ploče i napajanja na metalnom DIN-ovom kućištu sa šinom.

Ključne funkcije uređaja su:

- Primanje 8 analognih ulaznih signala (mA/V signala),
- Primanje 16 digitalnih ulaznih signala,
- Slanje 8 binarnih komandi (uz pomoć releja),
- Upravljanje i kontrola ulazno/izlaznih ploča preko serijskog porta,
- Učitavanje procesnih događaja sa ulaznih jedinica,
- Ispisivanje komandi na izlazne jedinice,
- Komunikacija s centrima upravljanja i lokalnim sistemima umrežavanja po sistemu čovjek-mašine (MMI) putem integrisanog serijskog linijskog interfejsa i primjenjenog ethernetskog interfejsa 10/100BaseT LAN,
- Upravljanje vremenskom bazom za stanicu RTU560 i sihroniziranje ulazno izlaznih ploča,
- Rukovanje dijalogom između uređaja RTU560 i Web Browsera preko LAN interfejsa.

Dva mikroprocesora predstavljaju ključne dijelove upravljačkih ploča i imaju sljedeće zadatke:

- MPU 32 bitna je glavna procesorska jedinica,
- SLC 8 bitni serijski linijski konektor,
- I/O 8 bitni ulazno/izlazni kontroler.

SLC radi kao glavni nadzor (master) za serijsku periferijsku sabirnicu RTU 560. Jednopolne i dvopolne vrijednosti rješavaju se u 4096 koraka (12 bitova + znak) za 100% signala mjerenja. Diferencijalni ulazi su zaštićeni od statičkih i dinamičkih prenapona zaštitim strujnim krugovima. Filter niskog prolaska smanjuje nelinearne izmjenične smetnje. AD konverter koji radi na temelju sigma/delta metode.Ima mogućnost skeniranja većom rezolucijom i dodatne algoritme za smanjivanje linijske frekvencije i napona intereferencije linijskih harmonika. Čak i za odstupanje od linijske frekvencije od +/- 10% postoji smanjenje >45dB. Unutrašnja visoka rezolucija omogućava skeniranje svih raspona mjerenja sa istom rezolucijom na ploči. U Tabeli 1. možemo da vidimo osnovnu razliku između CLP 500 i RTU 560.

Tabela 1. Uporedne mogućnosti uređaja CLP 500 i ABB RTU 560

	Mogućnosti uređaja	**CLP 500**	**ABB RTU 560**
1.	Prijem 8 analognih ulaznih signala	●	●
2.	Prijem 16 digitalnih ulaznih signala	●	●
3.	Upravljanje ulazno izlaznih ploča uredjaja preko serijskog porta	●	●
4.	Ispisivanje komandi na izlazne jedinice	●	●
5.	Učitanje procesnih događaja sa ulaznih jedinica	●	●
6.	Ispisivanje komandi na izlazne jedinice	●	●
7.	Upravljanje vremenskom bazom za stanicu i sihronizacija ulazno izlaznih ploča	●	●
8.	Integracija više komunikacionih protokola		●
9.	Funkcionalan sistem rada sa bakarnim i sa optičkim kablovima		●
10.	Mogućnost spajanja na nove numeričke uređaje		●
11.	Povezivanje preko ethernet mreže		●
12.	Rukovanje dijalogom između uređaja i web browsera preko LAN-a		●
13.	Upravljanje vremenskom bazom za stanicu i sihronizacija ulazno izlaznih ploča		●
14.	Nadogradnja novih energetskih uređaja		●

3. ZAKLJUČAK

Upotrebom uređaja ABB RTU560 dobija se prilika za povezivanja sistema daljinskog upravljanja preko optičkog kabla, kojim bi se unaprijedio i modernizovao trenutni sistem upravljanja elektro energetskom mrežom na Željeznicama RS.Ostvarile bi se uštede na samom održavanju uređaja i smanjila potreba za radnom snagom. Smanjile bi se mogućnosti kvara zbog jednostavnosti same izvedbe uređaja u odnosu na kompleksan trenutni sistem koji kontroliše EE postrojenja (CLP500). Ostvarila bi se mogućnost nadogradnje postojećeg EE postrojenja novim numeričkim uređajima u nadolazećem vremenu. Upoređujući električne i optičke transmisione sisteme, vidljive su prednosti optičkih sistema. Gotovo je sigurno da će razvojem novih tehnologija optička vlakna postajati sve bolje iskorišćena. Malo slabljenje signala pomjerilo je regeneratorske stanice sa rastojanja od 10km za električne sisteme na rastojanja do preko 100 km za optičke sisteme. Vrlo je važna i neosetljivost optičkih vlakana na spoljne elektromagnetske smetnje. Zbog prenosa signala putem svjetlosti, signal bi bio otporan i na električne šumove iz okruženja. Ova osobina se rezultuje poboljšanjem u efektivnom kapacitetu kod sporih mreža. Ethernet mreže biće bolje iskorišćene i imaće veći efektivni protok kada bakarni vodovi budu zamijenjene sa optičkim kablovima. Sve brze tehnologije za prenos podataka FDDI, ATM, Fiber Channel, SONET, ESCON, i HiPPI koriste optičke prenose signala. Zahtjevi koji se postavljaju u održavanju , kao što su veća brzina odziva, brže otkrivanje uzroka i mjesta kvara na elektroenergetskoj opremi te njegova sanacija, ključni su razlog za ulaganje u novu opremu i nova rješenja daljinskog upravljanja uz paralelnu integraciju postojećeg sistema .Upotrebom tehnološki naprednijih uređaja trebali bi omogućiti stvaranje baze znanja koja bi omogućavala efikasnije iskorištavanje postojeće opreme.

4. LITERATURA

FER ZESOI/LS&S, (2004.) "Strukturno kabliranje – planiranje, projektiranje, izvođenje i održavanje", Zagreb.22-26.

M.Danilović, N.Tomić, D.Žigić, G.Stevanović, (2017.) „Application of the optical telecomunication system for connecting electrical facilities and systems of railway infrastructure on railways of Republic of Srpska", Doboj.

Nemanja Andrić, (2016). „Optičko kabliranje" , Fakultet tehničkih nauka, Čačak, 32-36.

https://new.abb.com/substation-automation/products/remote-terminal-units/rtu560

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

INTERACTIVE MOTION TRACKING DIAGRAMS TO HELP ENGINEERS IN DECISION-MAKING WHILE DRIVING

INTERAKTIVNI DIJAGRAMI PRAĆENJA KRETANJA KAO POMOĆ MAŠINOVOĐAMA PRI DONOŠENJU ODLUKA TOKOM VOŽNJE

Dušan Vujović[a], Norbert Pavlović[b]

[a] *High Railway School of Vocational Studies, Zdravka Čelara 14, Belgrade 11000, Serbia, dulevoz@gmail.com*

[b] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, norbert@sf.bg.ac.rs*

Abstracts: *During the train driving engineer may encounter numerous situations that adversely affect the driving process (slow order speeds, faulty ss devices or its parts, etc). The way of thinking and the decisions that engineers make while driving the train, in such difficult conditions, have a direct impact on the train's driving time. Bad knowledge of the situation on the track leads to a more careful behavior of the engineer. This is mainly expressed by moving at a slower speed than the maximum allowed at the observed moment and results in an unplanned extension of the train driving time. Interactive train movement diagrams could have an important role and great help in decision making while driving. A constant insight into such diagrams could influence the way of engineers thinking and to realize such movement of the train that will contribute to the minimal extension of driving times. At the monitor in locomotive cab a constraint train movement diagram according to the current situation on the track and real-time train movement diagram, created by gps tracking, are presence. On the basis of the installed movement diagrams at new locomotives series 463, at the TENT railway system, suggestions of the movement diagrams are proposed at this paper, which could contribute to a better way of making driving decisions and reducing the driving time.*

Key words: *railway, train engineer, train movement, driving time, motion diagram*

Apstrakt*: Za vreme upravljanja vožnjom voza, mašinovođa može da naiđe na brojne situacije koje negativno utiču na sam proces vožnje (lagane vožnje, otkazi SS uređaja ili njegovih delova, itd.). Način razmišljanja i odluke koje mašinovođa donosi tokom upravljanja kretanjem voza u takvim, otežanim uslovima imaju direktan uticaj na vozno vreme voza. Loše poznavanje situacije na pruzi dovodi do opreznijeg ponašanja mašinovođe. To je uglavnom izraženo kretanjem manjom brzinom od maksimalne dopuštene u posmatranom trenutku, što za posledicu ima neplanirano produženje voznih vremena voza. Značajnu ulogu i veliku pomoć u donošenju odluka tokom vožnje mogu da imaju interaktivni dijagrami kretanja voza. Stalnim uvidom u takve dijagrame može da se utiče na način razmišljanja mašinovođe i da se ostvari kretanje voza koje će doprineti minimalnom produžavanju voznih vremena. Na monitoru u upravljačnici lokomotive (garniture) prikazuju se dijagram dozvoljenog kretanja voza prema trenutnoj situaciji na pruzi, kao i dijagram kretanja voza u realnom vremenu, kreiran pomoću gps praćenja. Na osnovu ovakvih dijagrama koji su instalirani na novim vučnim vozilima serije 463, u okviru železničkog sistema TENT, u radu su predloženi izgledi dijagrama kretanja, koji bi mogli da doprinesu boljem načinu donošenja odluka u vožnji i skraćivanju voznih vremena.*

Ključne riječi: *železnica, mašinovođa, kretanje voza, vozno vreme, dijagram kretanja*

1. UTICAJ NAČINA VOŽNJE MAŠINOVOĐE NA VOZNA VREMENA TOKOM KRETANJA VOZA

Kretanje voza je složen proces, jer postoje određene procedure i uslovi pod kojima se te procedure primenjuju u određenim fazama vožnje voza (ubrzavanje železničkih vozila, održavanje postignute brzine kretanja i kočenje železničkih vozila). Vreme potrebno za ubrzanje voza do postizanja maksimalne dopuštene brzine kretanja zavisi od mnogobrojnih faktora. Ukoliko mašinovođa upravljanje vučnim vozilom vrši tako što povećanje brzine (ubrzanje) postiže prateći dijagram maksimalne vučne sile u datim uslovima, vreme ubrzavanja

voza je minimalno i mašinovođa na dalje skraćivanje tog vremena ne može da utiče. Kada se maksimalna brzina postigne treba je održavati konstantnom dok god je to moguće. Održavanje konstantne brzine kretanja kod novijih voznih sredstava moguće je vršiti automatski. Kod starijih vučnih vozila održavanje konstantne brzine kretanja zavisi od načina upravljanja mašinovođe, odnosno poznavanja situacije na pruzi i njegovog iskustva. Proces kočenja voza je složeniji i zahtevniji od procesa ubrzavanja voza, jer postoje dodatna bezbednosna i tehnička ograničenja koja moraju da budu zadovoljena, kako bi se u svakoj situaciji voz bezuslovno zaustavio na za to određenom mestu ili nastavio dalje kretanje nekom manjom (propisanom) brzinom. Pri ovome treba imati na umu da usporenje (u normalnim uslovima, kada nemamo potrebe za hitnim zaustavljanjem voza) mora da bude u nekim granicama kako koečenje ne bi uticalo na putnike ili robu u vozu, što mašinovođa sam određuje, ponovo na osnovu poznavanja situacije i svog iskustva.

Proces kočenja voza do zaustavljanja započinje postepenim povećavanjem kočne sile, nastavlja se kočenje maksimalnom postignutom kočnom silom i završava se postepenim otkočivanjem do mirnog i potpunog zaustavljanja voza. Proces kočenja voza radi smanjivanja brzine kretanja obavlja se na isti način uz težnju da po završenom procesu kočenja voz nastavlja da se kreće propisanom manjom brzinom. Vreme koje protekne tokom procesa kočenja voza zavisi od načina kočenja voza od strane mašinovođe. Teoretski, ovo vreme je najmanje kada se proces kočenja uspostavi za najkraće vreme i obavlja maksimalnom kočnom silom i bez otkočivanja voza na kraju procesa kočenja. Takvo kretanje je prisutno samo prilikom brzog kočenja i prinudnog kočenja voza. U normalnim okolnostima teži se mirnom hodu voza u procesu kočenja, a to se postiže postepenim i blagovremenim otkočivanjem. Od poznavanja situacije na pruzi, vučnog vozila, karakteritika voza i iskustva mašinovođe zavisi iz koliko procesa otkočivanja i ponovnog kočenja će se postići propisano smanjenje brzine kretanja voza.

Najveći uticaj na ukupno vozno vreme voza imaju vreme kretanja maksimalnom dopuštenom brzinom i vreme kočenja voza. Vreme kretanja maksimalnom dopuštenom brzinom traje duže ukoliko se proces ubrzavanja voza završi ranije, odnosno ukoliko je ubrzavanje obavljeno brže. Ni u jednom trenutku kretanja, maksimalna dopuštena brzina ne sme da bude prekoračena. U praksi se dešavaju situacije zbog kojih je potrebno da se na nekim deonicama uvedu lagane vožnje, ograničene brzine, nastaju otkazi signalno sigurnosnih uređaja (na putno-pružnim prelazima) i dr. Sve to su situacije koje utiču na produžavanje voznog vremena. U takvim uslovima, ukupno vreme za koje se redovno vozno vreme nekog voza produžava je promenljiva veličina koja zavisi od načina na koji mašinovođa prilagođava kretanje voza datim uslovima na pruzi. Produžavanje voznog vremena može biti minimalno, ako mašinovođa u pravom trenutku otpočne proces kočenja voza. Od trenutka otpočinjanja procesa kočenja zavisi koliko će iznositi vreme kretanja maksimalnom dopuštenom brzinom. Da bi se postiglo minimalno vozno vreme voza sa kočenjem voza mora se otpočeti u trenutku pri kojem se voz bezuslovno može zaustaviti ili smanjiti brzinu kretanja na za to predvođenom mestu, a da se postigne ranije opisan proces kočenja sa usporenjem koje je bezbedno za putnike i/ili robu.

2. INTERAKTIVNI DIJAGRAMI KRETANJA VOZA

Da bi mašinovođa mogao da održi predviđeno vreme vožnje voza (bez ili sa minimalnim produženjem vremena vožnje), potrebno je da se sa procesom kočenja ne otpočne mnogo ranije nego što je to zaista potrebno. Od iskustva mašinovođe i njegovog poznavanja situacije na pruzi zavisi kada će mašinovođa doneti odluku da prekine proces održavanja konstantne brzine kretanja, odnosno kada će započeti sa pripremom za kočenje i kada će započeti proces kočenja voza. U praksi se često dešava da se mašinovođa odluči da smanji brzinu kretanja i da se neko vreme kreće tako smanjenom brzinom, kako bi na vreme započeo ponovni proces kočenja voza i bezbedno zaustavio voz, odnsno kako bi mu dodatno smanjio brzinu kretanja na mestima otpočinjanja lagane vožnje ili ograničene brzine. Time se može u značajnoj meri produžiti vreme vožnje voza. Da se ne bi bespotrebno produžavalo ukupno vreme vožnje, moguće je mašinovođi obezbediti pomoć u procesu donošenja odluka kada da započne sa procesom smanjivanja brzine kretanja. Iz tog razloga, na našim prugama postoji praksa da se mašinovođi dodeli drugi mašinovođa koji dobro poznaje prugu i situaciju na njoj, tzv “pilot. Njegova uloga je da mašinovođu koji ne poznaje prugu ili ne poznaje situaciju na njoj, sprovede i upozna sa svim važnim mestima na njoj. U odsustvu “pilota” sigurnost u donošenju odluka mašinovođi može da pruži dijagram kretanja voza. Potrebno je da se na ovom dijagramu u svakom trenutku prikazuje tačna lokacija na kojoj se nalazi čelo voza, a po mogućstvu i udaljenost od naredne krtične tačke. To se postiže GPS sistemom praćenja kretanja voza. Da bi mašinovođa mogao pouzdano da upravlja kretanjem voza, potrebno je da pored prikaza trenutne lokacije i brzine kretanja voza ima prikazane i druge podatke koji karakterišu vožnju voza:

- linija maksimalne dopuštene brzine kretanja,
- ograničavajuća kriva kočenja,

- lokacije signala na pruzi,
- stajališta i stanice (mesta zaustavljanja voza) i
- sva ostala mesta promene brzine.

Takvi dijagrami se mogu smatrati interaktivnim ukoliko se kretanje voza u realnom vremenu predstavlja krivom i ukoliko postoje ograničavajuće krive unapred ucrtanog kretanja.

2.1 Interaktivni dijagrami kretanja na TENT lokomotivama serije 463

Na železnicama u Srbiji prvi put su se takvi dijagrami pojavili na lokomotivama serije 463 industrijske železnice Elektroprivrede Srbije, u sistemu "Železničkog transporta Termoelektrane Nikola Tesla iz Obrenovca". Interaktivni dijagrami su deo ekrana elektronskog reda vožnje (slika 1. i slika 2).

Slika 1. Interaktivni dijagram kretanja voza na lokomotivi serije 463 – zaustavljanje ispred signala

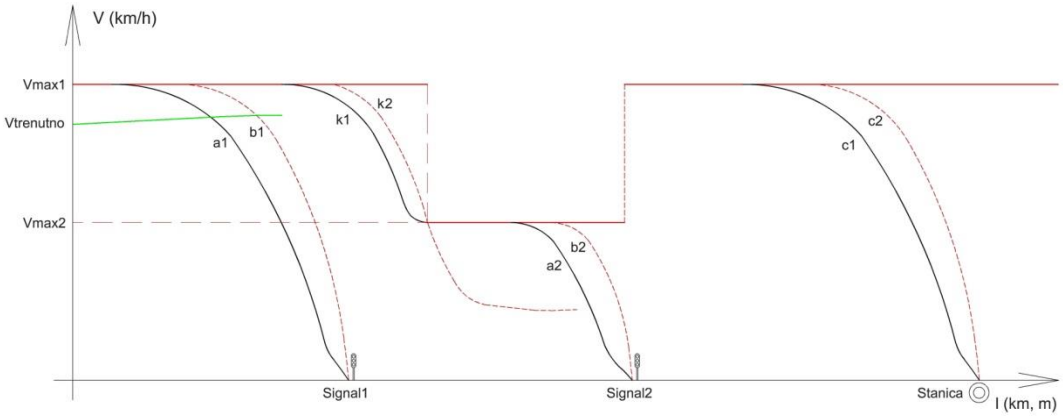
Na ovom dijagramu je zelenom bojom prikazana trenutna brzina kretanja voza, crvenom bojom maksimalna dopuštena brzina kretanja voza na posmatranom mestu, žutom bojom pređeni put od tenutka uključivanja prikaza i plavom bojom signali i stanice na pruzi. Belom bojom prikazani su ostali bitni podaci u vezi voza i kretanja. Na slici 1. prikazano je zaustavljanje voza ispred signala. Uvidom u dijagram promene brzine kretanja voza prema pređenom putu može se zaključiti da je celokupan proces smanjivanja brzine do zaustavljanja obavljan iz nekoliko procesa kočenja i otkočivanja voza. Takav način kretanja tokom kočenja voza je karakterističan kod opreznije vožnje i dovodi do produženja vremena kočenja voza. Prikazan je i prelom maksimalne dopuštene brzine kretanja sa postepenom gradacijom brzine od 75km/h do 40km/h (dijagram označen crvenom bojom). Mašinovođa tokom kretanja maksimalnom dopuštenom brzinom treba da otpočne proces kočenja najkasnije u trenutku koji se poklapa sa tačkom preloma brzine sa 75 km/h na 40 km/h na tom dijagramu. Na ovaj način, mašinovođa zna gde da započne kočenje, kojom kočnom silom treba da koči kako bi obezbedio da usporenje nema negativan uticaj na komfor putnika u vozu, kako bi ispoštovao vozno vreme i kako bi po završetku procesa kočenja (u tački narednog preloma brzine) nastavio kretanje propisanom brzinom od 40km/h.

Na slici 2. prikazana je deonica pruge na kojoj je maksimalna dopuštena brzina kretanja 75km/h i deonica sa ograničenom brzinom od 40km/h. Oblik zelene linije dijagrama ukazuje da je početak procesa kočenja voza obavljen pre mesta od koga treba voziti brzinom od 40 km/h, da je kočenje vršeno postepeno i tako da posle sprovedenog otkočivanja nije prekoračena brzina od 40km/h. Međutim, da je kočenje voza sprovedeno tako da se brzina kretanja voza pri kočenju (dijagram zelene boje) poklopilo sa crvenom linijom, a zatim sproveo isti postupak otkočivanja, vreme kočenja voza bilo bi znatno kraće.

Slika 2. Interaktivni dijagram kretanja voza na lokomotivi serije 463 – kočenje voza na mestu preloma maksimalne dopuštene brzine

2.2 Predloženi izgled interaktivnog dijagrama kretanja voza

Gore navedena analiza ukazuje na to da bi primenom preciznije definisanog dijagrama ograničavajuće brzine (dijagram crvene boje) kao i postojanjem nekih dodatnih informacija o kretanju voza bilo moguće da mašinovođa sprovede proces smanjenje brzine voza po krivoj koja bi bila mnogo bliža ponašanju crvenog dijagrama. Time bi se obezbedilo minimalno odstupanje od predviđenog vremena vožnje, odnosno minimalno produženje vremena vožnje. Pravilno konstruisana kriva maksimalne dopuštene brzine kretanja voza uz dijagram kretanja tokom kočenja voza omogućilo bi mašinovođi da pravilnu odluku donese u pravom trenutku i otpočne proces usporavanja, odnosno kočenja voza. Na slici 3. predložen je izgled jednog takvog interaktivnog dijagrama kretanja.



Slika 3. Predloženi izgled interaktivnog dijagrama kretanja voza

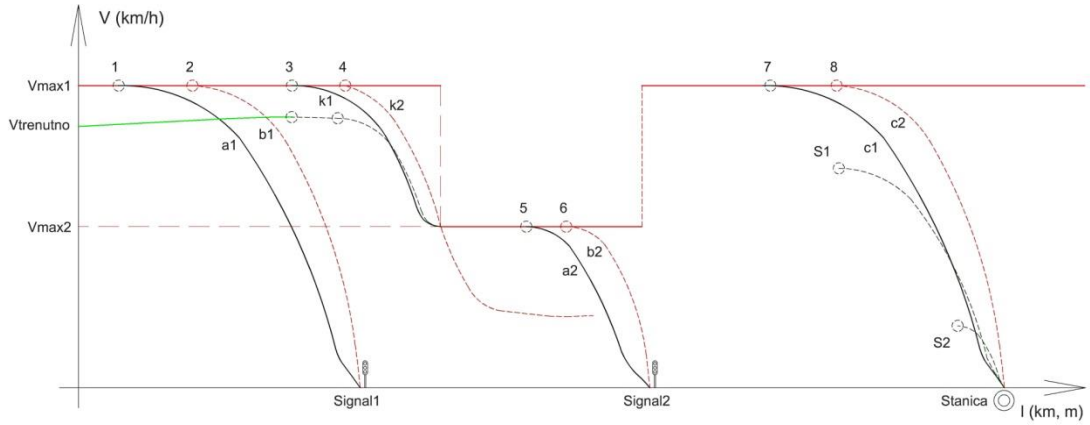
Krive *a1, k1, a2* i *c1* prikazuju predloženi izgled krive kočenja. Takvo kočenje omogućava miran hod voza u procesu kočenja i blagovremeno otkočivanje radi blagog zaustavljanja ili nastavka kretanja odgovarajućom manjom brzinom. Krive *b1, k2, b2* i *c2* su kritične krive kočenja, odnosno krive koje opisuju postizanje najkraćeg puta kočenja voza bez otkočivanja na kraju procesa kočenja.

3. PRIMENA INTERAKTIVNIH DIJAGRAMA U CILJU SKRAĆIVANJA VREMENA VOŽNJE VOZA

Interaktivni dijagrami koji bi se koristili u cilju skraćivanja ukupnog vremena vožnje voza moraju unapred da budu kreirani tako da sadrže mnogobrojne različite scenarije kretanja. Kako je različitih scenarija kretanja beskonačno mnogo, dijagrami mogu da budu kreirani tako da se prilagode realnom scenariju kretanja voza. Zavisno od podataka u konkretnom slučaju, odnosno od karakteristika konkretnog voza moraju da postoje i da se prikažu sve moguće situacije na interaktivnom dijagramu. Tako na primer za različite procente kočenja voza moraju unapred da se kreiraju različiti oblici kriva kočenja i to za spektar različitih brzina kretanja. Taj spektar krivih kočenja omogućava mašinovođi precizniji uvid u tačno mesto od kojeg treba da započne proces kočenja voza, kako bi oblik kretanja voza tokom kočenja najpribližnije upisao u oblik krive kočenja i time se bezbedno i mirno zaustavio sa najmanjim gubitkom vremena tokom kočenja.

Linija trenutne brzine kretanja voza i odgovarajuća ograničavajuća kriva kočenja trebalo bi da u svakom trenutku budu spojene i daju uvid mašinovođi do koje brzine može da nastavi ubrzano kretanje, a da pri tome na vreme može da otpočne novi proces kočenja. Isprekidana kriva linija kočenja voza trebalo bi da bude nadovezana na liniju realne brzine kretanja i da je kontinuirano prati. Ta isprekidana kriva kočenja mora da bude promenljivog oblika što zavisi od faze kretanja voza. Razlikuje se oblik krive kočenja izveden posle faze ubrzanog kretanja voza, posle kretanja ravnomernom brzinom ili posle faze usporenog kretanja voza.

Pre izrade ovakvih dijagrama neophodno je empirijskim putem prikupiti podatke o mogućnostima i načinima kočenja voza u raznim uslovima. Na osnovu tako prikupljenih podataka može se eksperimentalnim putem utvrditi oblik krive kočenja za čitav spektar pojedinačnih uslova, a koji omogućavaju minimalno vreme kočenja voza. Tako kreirane i predložene krive kočenja omogućile bi skraćivanje ukupnog voznog vremena.



Slika 4. Interaktivni dijagram kretanja prilagodljiv realnoj situciji kretanja

Situacija na slici 4. prikazuje dodatne krive *S1* i *S2* koje ilustruju jedan mogući primer kada se voz kreće manjom brzinom od maksimalne dopuštene na tom delu pruge.

Za situaciju kretanja voza po liniji maksimalne dopuštene brzine mašinovođa voza bi trebalo da otpočne sa procesom kočenja voza kada se kraj linije koja prikazuje njegov položaj (*Vtrenutno*) nađe kod tačaka *1, 5* ili *7*. Ukoliko otpočne sa procesom kočenja ranije produžiće vreme kočenja voza. Ukoliko kočenje otpočne kasnije skratiće vreme kočenja voza, ali to može da bude kasno za blagovremeno otkočivanje i negativno utiče na bezbednost putnika u vozu ili robe koja se transportuje. Tada će proces kočenja biti sproveden sa većom kočnom silom i sa većim usporenjem. Prolaskom tačaka *2, 6* ili *8* događa se neblagovremeno otpočinjanje procesa kočenja i moguće je zaustavljanje iza predviđenog mesta zaustavljanja. Prilikom kočenja radi smanjivanja brzine od *Vmax1* do *Vmax2* kriva kočenja *k1* predstavlja optimalni trenutak i kočnu silu kočenja u cilju nastavka kretanja manjom propisanom brzinom od mesta odakle je maksimalna dopuštena brzina *Vmax2*. Kriva kočenja *k2* ilustruje situaciju kasnijeg otpočetog procesa smanjivanja brzine. Kretanje voza po toj krivoj neće dovesti do prekoračenja brzine *Vmax2* na mestu gde ona počinje, ali će kočenje biti sa većom kočnom silom. Kao posledica toga, završetak procesa otkočivanja će kasniti i brzina posle otkočivanja voza će biti niža od *Vmax2*. Dok se voz u potpunosti otkoči i ponovo poveća brzinu kretanja vozno vreme se povećava.

4. ZAKLJUČAK

Realan sistem u kojem se vozovi kreću često dovodi do izraženog produžavanja ukupnog vremena vožnje voza. To je najvećim delom uzrokovano neplaniranim zaustavljanjem vozova usled vanrednih situacija na pruzi (smetnje ili kvarovi na signalno – sigurnosnim uređajima, nepredviđeni kvarovi voznih sredstava, neplanirano ili produženo zadržavanje u službenim mestima) ili kretanjem manjim dopuštenim brzinama od maksimalne dopuštene na pruzi (uvođenje laganih vožnji). Pokazalo se da manja kašnjenja određene mašinovođe mogu da umanje načinom vožnje. Takođe, česte su situacije da se ukupno kašnjenje dodatno poveća umerenijim i blažim stilom vožnje. Blaži i umereniji stil vožnje izražava se kroz nesigurnost mašinovođe po pitanju donošenja odluke koji je najpogodniji trenutak da se otpočne sa smanjivanjem brzine kretanja i kočenjem voza. Interaktivni dijagrami kretanja voza, predstavljeni u ovom radu, mogu da pomognu mašinovođama da umanje greške u procesu upravljanja i da doprinesu drugačijem donošenju odluka tokom kretanja, a da se pri tome voz u svakoj situaciji bezbedno zaustavi ili smanji brzinu kretanja.

Kako se na današnjim vučnim vozilima mogu beležiti i čuvati mnogobrojni podaci o obavljenom kretanju voza, tako ovi dijagrami mogu da pruže značajno detaljniji uvid u kretanje voza, nego što je to bio slučaj do sada. Sa unapred unesenim parametrima maksimalne dopuštene brzine kretanja na pruzi i koordinatama mesta na kojima su početak i kraj ograničene brzine ili lagane vožnje, a uz savremeno i precizno GPS praćenje realnog kretanja voza, kasnijim uvidom u ove dijagrame moguće je sa sigurnošću utvrditi prekoračenje dopuštene brzine. Prilagođavanjem parametara kretanja voza ovim dijagramima omogućio bi se minimalan gubitak vremena tokom kočenja i kretanja maksimalnom dopuštenom brzinom, što bi doprinelo značajnom skraćivanju ukupnog voznog vremena voza, a bez narušavanja bezbednosti, procedura i pravila u železničkom saobraćaju.

5. LITERATURA

Pajić D. (1970). Kočnice i sistemi uređaja za zbijeni vazduh na železničkim vozilima,

Vainhal V. (1991). Kočnice i kočenje vozova, Zavod za novinsko – izdavačku i propagandnu delatnost JŽ,

Zimmermann A., Hommel G. (2004). Towards modeling and evaluation of ETCS real-time communication and operation, Technische Universität Berlin, Real-Time Systems and Robotics Group,

Xie G., Xinhong H., Hiroshi M., Sei T., Hideo N. (2013). Safety and Reliability Estimation of Automatic Train Protection and Block System, John Wiley & Sons,

Damy S. (2016). A Novel GNSS-based Positioning System to Support Railway Operations, Imperial College London,

Dušan V., Norbert P. (2017). Put kočenja voza u zavisnosti od primenjenih signalno-sigurnosnih uređaja i sistema za automatsko zaustavljanje voza, VI International Symposium of transport and communications, New Horizons 2017.

Ulianov C., Hyde P., Shaltout R. (2017). Railway Applications for Monitoring and Tracking Systems, Newcastle University, NewRail Centre for Railway Research,

ASTRAIL Consortium (2019). Modelling of the moving block signalling system,

Uputstvo za rukovanje lokomotivama serije 463, Elektroprivreda Srbije, Železnički transport, ogranak Termoelektrane Nikola Tesla iz Obrenovca

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

MODERNIZATION OF THE SIGNALING AND SAFETY SYSTEM ON DOBOJ - BANJA LUKA RAILWAY SECTION

MODERNIZACIJA SISTEMA SIGNALIZACIJE NA DIONICI PRUGE DOBOJ - BANJA LUKA

Borislav Popović[a], Dragan Žigić[a], Mario Danilović[a]

[a] *Railway of RS a.d. Doboj, Svetog Save 71, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, borislav.popovic@zrs-rs.com, zigadragan@gmail.com, mario.danilovic@gmail.com*

Apstract: *Aim The project "Modernization of the signaling system on the Doboj - Banja Luka railway section" with its installed electronic signalling and safety devices of stations and level crossings will be presented in this paper. Approach Presentation of new signalling systems of the type ESA 44-BH and the level crossing protection type RLC23. Results The advantage of using electronic devices on the railways, which includes inter-station dependency and remote traffic management systems, provides the possibility of centralised remote traffic management. Contribution The use of new generation signaling devices for railway traffic menagement enhance safety of railway transport and the permeability of railway tracks.*

Key words: *remote traffic management, inter-station dependency*

Apstrakt: *U radu će biti prezentovan projekat "Modernizacija sistema signalizacije na dionici pruge Doboj – Banja Luka" u okviru kojeg su instalirani elektronski uređaji za osiguranje stanica i pružnih prelaza. Pristup prezentacija novih signalno–sigurnosnih uređaja tipa ESA 44-BH i uređaja za automatsko osiguranje putnih prelaza tipa RLC23. Rezultati Prikazana je prednost primjene elektronskih uređaja na željeznici koji uključuju sistem međustanične zavisnosti i daljinskog upravljanja saobraćajem, koje pruža mogućnost centralizovanog upravljanja udaljenim stanicama.. Značaj rada Primjena signalno-sigurnosnih uređaja nove generacije u svrhu regulisanja željezničkog saobraćaja dovodi do povećanja bezbjednosti željezničkog saobraćaja i propusne moći pruge na posmatranoj dionici.*

Ključne riječi: *daljinsko upravljanje saobraćajem, međustanična zavisnost*

1. UVOD

Signalno – sigurnosni uređaji na prugama „Željeznica Republike Srpske“ a.d. Doboj u prethodnom periodu su značajno devastirani i najvećim dijelom su bili neupotrebljivi. Nije bilo značajnih ulaganja u ove sisteme od 80-tih godina prošlog vijeka, kada se investiralo uglavnom u željezničku infrastrukturu tzv. koridora „Vc“, dok su na pruzi koridora „Xpar“, kome pripada i dionica pruge Doboj – Banja Luka, uglavnom ugrađivani „polovni“ mehanički signalno – sigurnosni uređaji, prethodno demontirani sa frekventnijih pruga. Nakon 90-tih godina, značajno se promijenila struktura saobraćaja na prugama „Željeznica Republike Srpske“. Navedene pruge su zamijenile ulogu, po pitanju važnosti, odnosno gustine saobraćaja na njima. Pruga Doboj – Banja Luka je preuzela primat, uzimajući u obzir obim saobraćaja na ŽRS.

U periodu 2005. – 2013. godine na dionici pruge Doboj – Banja Luka, u okviru različitih projekata, ugrađeni su novi signalno – sigurnosni uređaji u nekoliko stanica. Međutim, zbog ograničenih investicionih sredstava, ti projekti nisu obuhvatili veće pružne dionice, već su se SS uređaji po pravilu ugrađivali u one stanice koje su imale najveći značaj za poslove regulisanja saobraćaja, odnosno najčešće za potrebe ukrštanja vozova. Na taj način smo dobili neuvezane stanice i nekompaktan sistem, zbog čega se postavljalo pitanje opravdanosti ulaganja u skupe elektronske signalno – sigurnosne uređaje. Ovakvo stanje je zahtijevalo ozbiljnije ulaganje u modernizaciju signalno – sigurnosnih uređaja na dionici pruge Doboj – Banja Luka, kako bi sistem osiguranja na kompletnoj dionici bio zaokružen.

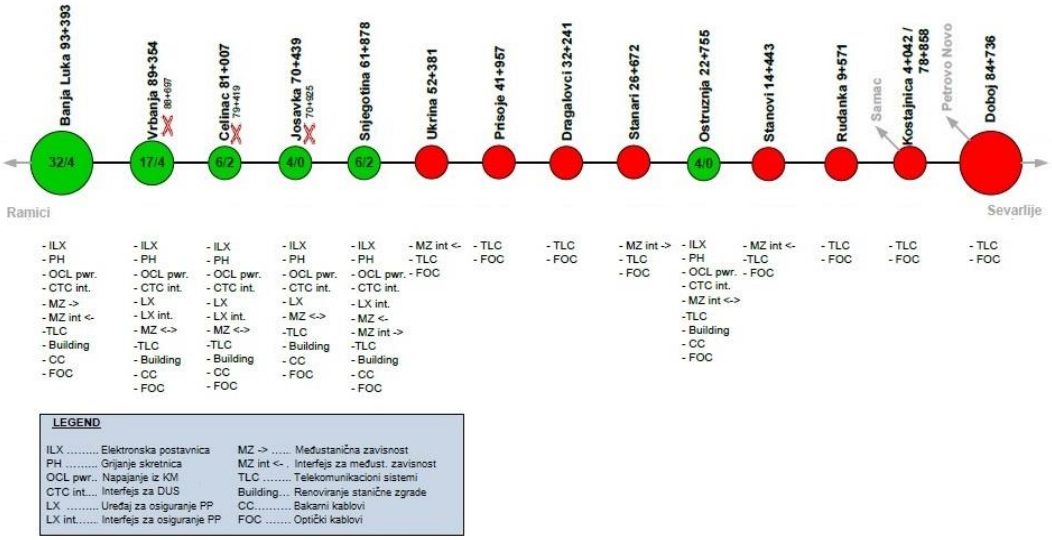
2. PLANIRANI NIVO OSIGURANJA PO PROJEKTU PS-03 PREMA GLAVNIM PROJEKTIMA

Projekat "Modernizacija sistema signalizacije i telekomunikacija na dionici pruge Doboj – Banja Luka" (PS-03) je predvidio ugradnju novog elektronskog osiguranja u stanicama Ostružnja, Snjegotina, Jošavka, Čelinac, Vrbanja i Banja Luka, u okviru čega su izvršeni sljedeći radovi:

- ugradnja staničnih signalno-sigurnosnih uređaja sa sistemom međustanične zavisnosti,
- nabavka i postavljanje kablova za lokalnu telefoniju,
- sistem električnog grijanja skretnica,
- sistem napajanja iz kontaktne mreže i distributivne mreže,
- mreža niskonaponskih i energetskih kablova,
- revitalizacija staničnih zgrada sa adaptacijom tehničkih prostorija i
- osiguranje putnih prelaza u staničnom području.

Projekat PS-03 je predvidio i ugradnju spoljne i unutrašnje telekomunikacione opreme u stanicama: Doboj, Srpska Kostajnica, Rudanka, Stanovi, Ostružnja, Stanari, Dragalovci, Prisoje, Ukrina, Snjegotina, Jošavka, Čelinac, Vrbanja i Banja Luka. U okviru pomenutog projekta, Željeznice Republike Srpske su po prvi put izvršile i polaganje optičkih kablova na dionici pruge Doboj- Banja Luka.

Novim saobraćajno - tehničkim rješenjem, osigurani su svi prijemno – otpremni kolosijeci u navedenim stanicama i skretnice se centralno postavljaju. Ugrađene su elektrohidraulične postavne sprave, novi ulazni svjetosni signali sa predsignalima, računajući zaustavni put od 1000 m, zbog povećanja projektovane brzine na 100 km/h, te na svim prijemno - otpremnim kolosijecima, kolosječni izlazni signali. Kontrola zauzetosti dijelova voznog puta (kolosijeci i skretnice) realizuje se pomoću brojača osovina, kojima su opremljeni ulazni odsjeci, odsjeci prijemno - otpremnih kolosijeka, te skretnice, grupno ili pojedinačno. Osiguranje međustaničnih razmaka se realizuje uređajem međustanične zavisnosti uz omogućavanje automatskog formiranja prolaznih vožnji po glavnom prolaznom kolosijeku, uz prethodno uključenje stanice u režim automatskog prolaznog saobraćaja (APS). Zbog većeg obima manevrisanja, manevarski putevi vožnje su realizovani u stanicama Banja Luka i Vrbanja, dok su u preostalim stanicama ugrađeni lokalni postavljači, pomoću kojih se skretnicama rukuje na licu mjesta, uz prethodno odobren lokalni rad od strane otpravnika vozova. Za osiguranje saobraćaja vozova između stanica, stanični elektronski uređaj je dopunjen funkcijom međustanične zavisnosti (MZ), kojim se dopuštenje za vožnju voza između dvije stanice realizuje posredstvom uređaja. Realizovan je i sistem električnog grijanja skretnica, kao i skretnička rasvjeta.



Slika 1. Obim radova na projektu PS-03

3. IZMJENE PROJEKTA U TOKU IZVOĐENJA RADOVA

Nakon provedene procedure izbora izvođača radova, odnosno isporučioca opreme, izvođač je bio u obavezi izraditi projekte za izvođenje. Projekti su bili podijeljeni u više knjiga, po fazama. Kroz te projekte, izvođač radova je predlagao i određene izmjene u odnosu na tehnička rješenja predložena glavnim projektima.

Jedna od predloženih izmjena bila je da se koristi druga vrsta kablova za povezivanje vanjskih elemenata signalno – sigurnosnog uređaja. Naime, izvođač u cilju ispravnog i pouzdanog rada elektronske postavnice "ESA 44-BH" (AŽD), predložio upotrebu kablova sa drugačijim karakteristikama od onih, predviđenih glavnim projektom. Karakteristike kabla, potrebne za ispravno funkcionisanje elektronske postavnice, prikazane su u priloženoj tabeli.

Tabela 1. Električni parametri elektronske postavnice

Električni parametri	**Vrijednost pri 20°C**
Prečnik žice	min. 0,9 mm
Maksimalni otpor petlje	57,6 Ω/km
Otpor izolacije žice	5 GΩ/km
Uzajamni kapacitet para	max. 60 nF/km
Kapacitivna sprega pri 800 Hz	max. 415 nF/500 m
Efektivni napon testiranja žica/žica pri 50 Hz	3000 V
Efektivni napon testiranja žica / oklopljenje pri 50 Hz	3500 V
Radni napon	380 V
Faktor redukcije (f=50 Hz i 100 – 350 V/km)	≤0,3

Izvođač je predložio kablove tipa "TCEKE". Međutim, ponuđeni kablovi nisu zadovoljavali u pogledu mehaničke zaštite, odnosno nisu bili u skladu sa našim pravilnicima, jer su namjenjeni za polaganje u betonsku kablovsku kanalizaciju i betonske kanalice. Projektant glavnog projekta je dao saglasnost za polaganje kablova koje je predložio izvođač, uz dopunu spiralnog lima u vanjskom sloju kabla, koji treba pružiti odgovarajuću mehaničku zaštitu. Kablove, prema specifikaciji izvođača radova, proizvela je fabrika kablova "FKS" iz Jagodine.

Druga izmjena projekta, odobrena od strane projektanta, bila je na osnovu prijedloga izvođača radova za ugradnju LED svjetiljki na glavnim, manevarskim i graničnim kolosječnim signalima, umjesto signalnih svjetiljki sa žarnom niti, koje su bile predviđenae glavnim projektom.

LED svjetiljka "LLA-2-SB" je u potpunosti elektronski uređaj, koji svjetlo emitovano iz dioda koristi za izdavanje svjetlosnog toka. Svjetiljka je posebno namijenjena za signalizaciju u željezničkom saobraćaju. Svjetiljka je prilagođena i predviđena za ugradnju na elektronski interfejs, staničnog signalno-sigurnosnog uređaja, proizvođača AŽD Praha. Svjetiljka se na ove uređaje povezuje posredstvom signalnog transformatora ST-7. U pomenutom slučaju, svjetiljka ispunjava sve uslove za nivo integriteta SIL4, zbog čega je predložena izmjena prihvaćena i odobrena od strane projektanta.

Optički modul čini štampana ploča, popunjena LED diodama odgovarajuće boje, smještena u standardno kućište, prečnika Ø136 mm. LED diode su uključene u tri paralelne sekcije, a u svakoj sekciji LED diode su povezane u seriju. Raspored LED dioda pojedinačnih sekcija na štampanoj ploči obezbeđuje, u slučaju kvara bilo koje od sekcija, zadovoljavajuću i ravnomjernu svjetlost koju emituje svjetiljka. Ukupan broj LED dioda je 75. Optički uložak od polikarbonata sadrži optička sočiva. Iznad svake LED diode optičkog modula je smješteno sočivo optičkog uloška, koje reguliše svjetlosni tok u smislu ugla usmjeravanja i intenziteta svjetla. Radi prigušivanja fantomskog svjetla, iznad optičkog uloška je smješten antirefleksni metalni uložak sa crnom površinom. Modul za zabranu odnosno modul za dozvolu čini štampana ploča okruglog oblika, na kojoj se nalazi sva elektronska oprema svjetiljke. Za svjetiljke sa svjetlima zabrane (crvena) se koristi modul za zabranu, a za svetiljke sa svjetlima za dozvolu (zelena, žuta, bijela) se koristi modul za dozvolu. Na ove module je mehanički i električno priključen i modul elektronike ME-02, koji je sastavni dio modula za zabranu i dozvolu.

Slika 2. Signalna LED svjetiljka LLA-2-SB

Izmjena, predložena od strane izvođača "AŽD" iz Praga, koja nije prihvaćena, odnosila se na promjenu tipa skretničke postavne sprave. Glavnim projektom i tehničkim uslovima iz tendera, predviđena je upotreba elektrohidrauličnih postavnih sprava. Kompanija "AŽD" je predložila ugradnju elektromehaničke postavne sprave tipa "EP600" iz vlastite proizvodne linije, pravdajući zahtjev garancijom za pouzdan rad elektronske postavnice. Na osnovu nezavisnog mišljenja od strane zvaničnog konsultanta na projektu, investitor je zaključio da bi uvažavanje ove izmjene bilo narušavanje principa jednakosti svih učesnika u procesu izbora izvođača radova i same tenderske procedure. Iz tog razloga, prijedlog izvođača radova nije prihvaćen, iako je elektromehanička postavna sprava ispunjavala sve potrebne standarde. Na kraju je ostala je obaveza izvođača za nabavkom elektrohidrauličnih postavnih sprava i prilagođenje elektronske postavnice "ESA 44-BH" za povezivanje sa ovim tipom sprava.

Navedene izmjene na projektu, kao i korištenje opreme različitih proizvođača signalno-sigurnosnih uređaja, zahtjevale su prilagođenje i izradu novih interfejsa za potrebe povezivanja ovih uređaja. Neki od interfejsa su po prvi put razvijani u sklopu projekta PS-03.

Npr. trebalo je izraditi interfejs za povezivanje elektronske postavnice "ESA 44-BH" (AŽD) i uređaja za osiguranje putnih prelaza "RLC 23" (ALTPRO), koji su korišteni za osiguranje staničnih putnih prelaza. Na blok šemi su prikazani elementi osiguranja, koje je bilo potrebno integrisati u sistem elektronske postavnica "ESA 44-BH".

Slika 3. Integracija elektronske postavnice ESA 44-BH

Prilikom same ugradnje nove elektronske postavnice, trebalo je povezati više različitih elemenata. Najveći broj uređaja, kao i elektronska postavnica, imaju elektronske ulaze i izlaze, odnosno logičke nule i jedinice. Takav interfejs se najčešće svodi na izmjenu softvera, kojim se prilagođavaju veze između dva uređaja. Iz tog razloga, zbog različitih tehnologija izvedbe, veza prema relejnoj grupi MO-N je bila najzahtjevnija, tj. ostvarena veza elektronska postavnica – relejna tehnika.

Izmjenu projekta, predstavljala je i odluka da se umjesto izolovanih odsjeka, za kontrolu zauzetosti kolosijeka, koriste brojači osovina.

U okviru projekta PS-03, kada su u pitanju ŽRS, po prvi put je kompletna kontrola zauzetosti kolosijeka ostvarena upotrebom brojača osovina. Prednost brojačima osovina u odnosu na izolovane odsjeke, data je prvenstveno zbog nedavno završenog remonta, odnosno velike opravke pruge, koja je prethodila realizaciji projekta PS-03. Ugradnja izolovanih sastava na remontovanu prugu, ozbiljno bi narušila stabilnost samog kolosijeka. U nastavku su prikazane i ostale prednosti upotrebe brojača osovina.

U tabeli 2 su prikazane razlike između izolovanih odsjeka i tehnologije brojanja osovina, kako bi se došlo do kvalitetne komparacije ta dva načina kontrole zauzetosti željezničkog kolosijeka. Osnovna razlika između ova dva metoda kontrole jeste u tome što prvi ostvaruje neposrednu kontrolu prisustva osovina na kolosijeku, dok se kod drugog podatak o zauzeću dobija posredno, preko šinskih kontakata. Značajnu razliku predstavlja i činjenica da se detektori za brojanje osovina ugrađuju pored šina kolosijeka i ne zahtjevaju nikakvu intervenciju na šinama.

Prednost brojača osovina je i ta što ne postoji ograničenje u pogledu dužine odsjeka za koji se koristi, dok se nedostaci ogledaju u tome što ne postoji mogućnost kontrole ispravnosti šina, odnosno nije moguće detektovati puknuće šine.

Tabela 2. Uporedne karakteristike tehnologije izolovanih odsjeka i brojača osovina

Karakteristike		**Izolovanih odjseka**	**Brojača osovina**
Tehnika	Najveća moguća dužina kolosječnog odsjeka	1000-1500m	Praktično neograničena kod novih sistema
	Pravac vožnje	Nedetektuje	Detektuje
	Prekid šine	Detektuje	Ne detektuje
Infrastruktura	Izolovani sastav	Obavezni su. Potrebn ododatno polaganje bakarnog užeta zbog serijskog povezivanja svih dijelova	Nisu potrebni
	Kolosijek	Postoji mogućnost da ne detektuje voz ukoliko postoji preveliki otpor osovina;Uslijed korozije na šini može prikazati lažnu slododnost	Nezavisno
	Pragovi i zastor	Ne mogu se koristiti gvozdeni pragovi, pragovi ne smiju biti truli, zastor ne smije biti zablaćen	Nezavisno
Spoljni uticaj	Električna vuča	Radna frekvencija ne smije biti u istoj frekvenciji kao struja vuče. Kod dvošinskih izolacija dodatno se ugrađuje prigušnica što ograničav adužinu odsjeka. Moguća osjetljivost na prekid napojnog i povratnog voda.	Nezavisno. Neosjetljiv na prekid napojnog i povratnog voda.
	Klimatski	Osjetljiv – naročito kod velikih kiša	Nezavisno
Troškovi	Oprema	Veći zahtjevi zbog potrebe ugrađivanja izolovanih sastava – potrebni posebni izvori za radnu frekvenciju	Manji zahtevi jer u zadnje vreme cijena elektronske opreme na tržištu opada
	Ugradnja	Veći zahtjevi zbog viš eopreme i materijala	Manji zahtjevi
	Eksploatacija	Veći broj smetnji naročito u slučaju neodgovarajućeg stanja gornjeg stroja i spoljnih uticaja	Već apouzdanost i raspoloživost zbog manjeg broja smetnji
	Održavanje	Veći zahtjevi. Osim periodičnih kontrolnih pregleda potrebna češća mjerenja i podešavanja granica rada. Otklanjanje smetnji traje duže.	Manji zahtjevi jer su potrebni samo periodični vizuelni pregledi
	Demontaža	Zahtjevna	Laka

Na osnovu prethodno navedenog, može se zaključiti da primjenom uređaja za punktualnu kontrolu (brojača osovina), kao načina kontrole slobodnosti odsjeka u okviru staničnog SS osiguranja i uređaja za osiguranje putnih prelaza, postiže se veći nivo bezbjednosti u odnosu na dosadašnju primjenu sistema izolovanih odsjeka.

Osnovna razlika leži u činjenici da nesmetan rad šinskih strujnih kola direktno zavisi od ispunjenosti složenih uslova. Kao električna linija odlikuje se veoma malom i nestabilnom otpornošću izolacije šine u odnosu na zemlju i relativno malim električnim otporom pragova i zastora. Šinska linija koristi se kao povratni vod struje vuče i za šinu povratnog voda izvodi se uzemljenje vezivanjem metalnih konstrukcija signala, kontaktne mreže i drugih objekata, što dodatno opterećuje rad šinskih strujnih kola.

Prednosti brojača osovina su pravovremena dijagnostika (mogućnost lokalne i daljinske kontrole), memorijski zapisi o prolasku voza (datum, vrijeme, broj osovina, greške...), udaljenost između unutrašnje i vanjske opreme i do nekoliko desetina kilometara, detekcija smjera i brzine voza, održavanje je svedeno na periodične vizuelne preglede, itd.

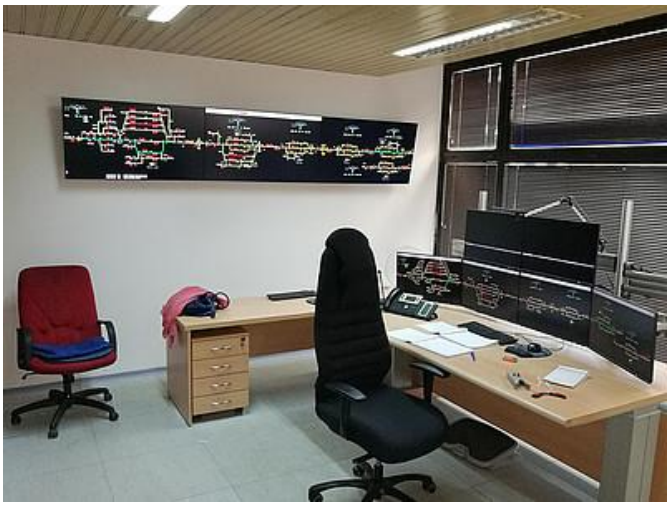
Zbog brojnih pogodnosti brojača osovina koje karakterišu njihov rad, široke primjene, prednosti za proces održavanja i sve niže tržišne cijene, brojači osovina postaju standard kod sigurnosnih sistema koji zahtjevaju pouzdanu kontrolu zauzetosti kolosijeka.

4. DODATNI RADOVI REALIZOVANI KROZ VARIJACIJU PROJEKTA

U toku realizacije projekta, zajedno sa kreditorom i izvođačem radova, dogovoreno je proširenje ugovorenih radova. Proširenje radova je obuhvatilo nekoliko pozicija a najznačajnije su:

- daljinsko upravljanje saobraćajem iz jednog centralnog mjesta,
- osiguranje dodatnih osam putnih prelaza i ugradnja sistema video nadzora,
- GSM komunikacija između dispečera i voznog osoblja.

Sistem daljinskog upravljanja saobraćajem namijenjen je upravljanju staničnim signalno-sigurnosnim uređajima. Zadatak centra za daljinsko upravljanje je da obezbjedi tehničke uslove s ciljem realizacije upravljanja saobraćajem u skladu sa planom. Projekat modernizacije signalno – sigurnosnih uređaja PS-03, predvidio je montažu novog, elektronskog signalno–sigurnosnog osiguranja u stanicama Ostružnja, Snjegotina, Jošavka, Čelinac, Vrbanja i Banja Luka, kao i uređaja za osiguranje pripadajućih putnih pralaza. Ovaj projekat je obuhvatio i napajanje SS uređaja sa distributivne i kontaktne mreže, kao i grijanje skretnica. Realizacija sistema daljinskog upravljanja saobraćajem je predviđena kao dopuna i nadogradnja postojećeg projekta PS-03. Na cijeloj dionici Banja Luka – Doboj položen je optički kabal, kapaciteta 48 vlakana, čime su stvoreni uslovi za kvalitetno povezivanje navedenih stanica u sistem daljinskog upravljanja. Takođe, sistem daljinskog upravljanja je obuhvatio i šest putnih prelaza na dionici pruge Snjegotina – Banja Luka.



Slika 4. Radno mjesto dispečera daljinskog upravljanja saobraćajem

Za dostizanje najvišeg nivoa sigurnosti i raspoloživosti sistema, glavnim projektom je predviđena primjena redundantne strukture 2 od 3 ili 2 od 2 puta 2, u skladu sa evropskim CENELEC normama i uslovima koje one propisuju. U slučaju ispada jednog od tri ugrađena procesora, sistem nastavlja rad bez prekida jer preostala 2 procesora obezbjeđuju sigurnosnu funkciju.

U slučaju da se sigurnosna struktura realizuje konfiguracijom 2 od 2 puta 2, pri ispadu jednog od procesora iz konfiguracije 2 od 2, navedeni dio strukture ispada iz funkcije, a kompletnu funkciju preuzima drugi, redundantni, sistem 2 od 2.

Za slučaj da i u tom sistemu jedan od procesora ispadne, tada čitava sigurnosna struktura ispada iz funkcije. Nivo sigurnosnog integriteta mora biti najveći prema gore navedenim normama, tj. SIL4. Isporučena elektronska postavnica morala je da garantuje veće performanse i pouzdanost u odnosu na ranije korištene, relejne SS uređaje, i da omogući (uz minimalna ulaganja) proširenje i prilagođavanje sistema u pogledu povećanja opsega staničnog osiguranja i kolosječnih kapaciteta (kolosijeci i skretnice). Zahtjevana je mogućnost naknadne nadogradnje uređajima APB, međustanične zavisnosti, osiguranja putnih prelaza u staničnom području ili na otvorenoj pruzi, te centralizacije upravljanja i regulisanja saobraćaja ugradnjom telekomande saobraćaja. Procesorska struktura osiguranja stanice (2 od 3 ili 2 od 2 puta 2) morala je biti otvorena za pristup tj nadogradnju na CTC bez dodatnih interfejsa.

Tehnički zahtjevi za napojni uređaj koji napaja elektronski signalno – sigurnosni uređaj su bili strogi. Trebalo je zadovoljiti zahtjeve da se signalno sigurnosni uređaj pouzdano napaja električnom energijom u svim uslovima rada. Pod uslovima rada se podrazumijevaja:

- osiguranje redovnog napajanja – distributivna mreža 3 x 400 V, 50 Hz, iz koje se uređaj napaja priključkom na novougrađenu distributivnu stubnu tansformatorsku stanicu (STS),
- osiguranje dodatnog napajanja iz kontaktne mreže 25 kV , 50 Hz, iz koje se uređaj napaja prema tehničkom rješenju napajanja signalno – sigurnosnih uređaja i ostalih potrošača u stanici preko novougrađene stubne transformatorske stanice TS-KM 25/0,23 kV, 50 Hz,
- osiguranje pomoćnog napajanja, koje je riješeno sistemom ispravljači – baterija – pretvarači u funkciji UPS-a.

5. ZAKLJUČAK

Pozitivni pokazatelji modernizacije signalno-sigurnosnih uređaja na dionici pruge Snjegotina – Banja Luka su:

- povećanje bezbjednosti i
- ekonomska opravdanost investicije.

Povećanje bezbjednosti se manifestuje kroz smanjenje broja vanrednih događaja na ovoj dionici pruge poslije izvršene modernizacije odnosno ugradnje signalno-sigurnosnih uređaja u željezničkim stanicama i na putnim prelazima.

Ekonomska opravdanost investicije se ogleda u smanjenju broja operativnih radnika, odnosno u željezničkim stanicama se sada proces rada obavlja bez skretničara, što za „Željeznice Republike Srpske“ znači smanjenje ukupnog broja radnika za 50 izvršilaca. Funkcija daljinskog upravljanja saobraćajem dodatno omogućava smanjenje potrebnog broja operativnog osoblja. Takođe, smanjen je i broj radnika na održavanju SS uređaja jer elektronski SS uređaj sa svim svojim funkcijama dijagnostike zahtjeva bitno manje planiranih norma časova tekućeg i interventnog održavanja u odnosu na stare mehaničke SS uređaje. Dalje, ugradnjom novog SS uređaja se povećava propusna moć pruge na ovoj dionici, zbog skraćenja voznog vremena, kao i racionalnija organizacija i upravljanje saobraćajem iz jednog centralnog mjesta.

Poboljšanje na planu bezbjednosti i efikasnosti funkcionisanja mreže se postiglo ulaganjem, čiji je cilj bio da se mreža opremi sa efikasnim i naprednim signalnim i telekomunikacionim sistemima. Ovo je doprinijelo poboljšanju, ne samo bezbjedonosnih aspekata, već i optimalnoj upotrebi infrastrukture, kao i povećanju produktivnosti, te bolji i pouzdaniji rad signalno-sigurnosnih uređaja na „Željeznicama Republike Srpske“.

Željeznice RS, dosadašnjim investiranjem u projekte medernizacije sistema staničnog osiguranja, kao i zaštite putnih prelaza, učinile su mnogo na poboljšanju bezbjednosti saobraćaja, osiguran je pouzdaniji i kvalitetniji rad postrojenja, čime je značajno olakšan i proces održavanja. Projekat modernizacije signalno - sigurnosnih uređaja na dionici pruge Snjegotina – Banja Luka je opravdao očekivanja u pogledu kompletnosti sistema. Dokaz za to je činjenica da, nakon završetka radova na ugradnji elektronskih signalno – sigurnosnih uređaja, na predmetnoj dionici funkcioniše međustanična zavisnost i daljinsko upravljanje saobraćajem iz jednog centralnog mjesta, što je po prvi put implementirano na ŽRS. Zaključak je da se u železničku infrastrukturu, a posebno u signalizaciju, mora ulagati planski, obuhvatajući veće dionice pruge, za šta je potrebno planirati značajnija sredstava.

Ulaganje u željezničku infrastrukturu je dinamičan i kompleksan proces, koji zahtjeva detaljno i dugoročno planiranje. Signalno – sigurnosni uređaji su zahvaljujući razvoju novih tehnologija doživjeli veliku promjenu, što je rezlutiralo prelaskom sa relejne tehnologije na elektronsku, odnosno računarsku. Značajne promjene u ovoj oblasti, sa jedne strane proširile su mogućnosti i broj funkcija koje trebaju olakšati i pojeftiniti organizaciju i kontrolu saobraćaja, a sa druge strane je otvorilo brojna pitanja oko sigurnosti takvih sistema. Istovremeno, došlo je do povećanja broja proizvođača signalno - sigurnosne opreme, što otvara jedan novi izazov, a to je povezivanje uređaja različitih proizvođača u jedan sistem. Trenutno, nivo standardizacije u svrhu međusobnog povezivanja ovakvih uređaja je prilično nizak. Najčešće se povezivanje vrši uz prilagođenje i modifikaciju samih uređaja, ili kao nepovoljnija varijanta, ugradnjom relejnog interfejsa između ovakva dva uređaja, što dodatno poskupljuje i usložnjava cijeli sistem. Ovaj problem u budućnosti treba rješavati kroz primjenu propisa, čiji je cilj povećanje interoperabilnosti u željezničkom saobraćaju.

Željeznice Republike Srpske u budućnosti planiraju projekat, koji bi omogućio povezivanje elektronskih signalno-sigurnosnih uređaja, različitih proizvođača, ugrađenih u okviru dva projekta na dionici pruge Doboj – Banja Luka. Implementacijom pomenutog projekta, upravljanje željezničkim saobraćajem, na cijeloj dionici, bilo bi realizovano iz jednog službenog mjesta, tj. iz postojećeg centra daljinskog upravljanja saobraćajem, koji se nalazi u Banja Luci.

6. LITERATURA

Consultant team (2015). Project PS-03 – Technical Specification. Scope of Works

Arhanić LJ. i Grgurić I. (1969). Održavanje signalnog uređaja SpDrL-30 sa principima pojedinih dijelova uređaja. FTN Zagreb

Matković V. i dr. (1971). Tehnički opis sistema SpDrL-30. FTN Zagreb

Horvat H. i dr. (2014). Korisnička dokumentacija brojača osovina BO23. Altpro Zagreb

Horvat H. i dr. (2014.) Uputstvo za korištenje brojača osovina BO23. Altpro Zagreb

Dušan Milutinović (1987). Priručnik o eksploataciji signalno-sigurnosnih uređaja na mreži JŽ. Zavod za novinsku i propagandnu delatnost JŽ, Beograd

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

PLANNING AND DESIGN OF NARROW GAUGE RAILWAY FROM STAPARI TO BIOSKA USING ADVANCED SOFTWARE SOLUTIONS

PROJEKTOVANJE TRASE ŽELEZNIČKE PRUGE UZANOG KOLOSEKA OD STAPARA DO BIOSKE PRIMENOM SAVREMENIH SOFTVERSKIH ALATA

Danijel Savković[a], Nemanja Lošić[a], Miloš S. Ivić[a], Ivan Belošević[a], Milana Kosijer[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, danijelsavkovic.sfbg@gmail.com, nemanjalosic462@gmail.com, m.ivic@sf.bg.ac.rs, i.belosevic@sf.bg.ac.rs, m.kosijer@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *Sargan Eight is the most attractiveheritage narrow gauge railway in the Europe. It was constructed in the period from 1921 to 1925, as a unique technical concept in the world. The line was closured in 1974 then renewed and eligible for operate in 2003. The construction of dam on the river Djetinja and the formation of an artificial lake in 1984, a part of the old tourist narrow gauge line Mokra Gora - Uzice was sunk. In this way, it is impossible to continue the reconstruction of narrow gauge track towards Uzice, along the former line. Therefore, in this paper an attempt was made to find a solution in aim to revitalize that part of railway line from Stapari to Bioska in the valley of the lake Vrutci. This would connect a broken line and enabled further and better development of tourism. By revitalizing this part of the railroad, the new attraction would be gained around Lake Vrutci and the railway line Beograd - Bar would be connected with a tourist line. This line would be of great tourist and cultural significance for the development of the Zlatibor district and tourism in Serbia. In addition, it would also have an international significance because it would allow connection between Uzice and Visegrad (Bosnia and Herzegovina). With the implementation of software tools for planning and design of railway alignments based on modern concepts of design and using advanced information technologies, the new line is presented in layout, longitudinal profile and cross sections.*

Key words: *railway line planning, computer aided design of railway alignments, heritage railway*

Apstrakt*: Šarganska osmica je najatraktivnija turističko – muzejska pruga uzanog koloseka u Evropi. Građena je, od 1921. do 1925. godine, kao jedinstveno tehničko rešenje u svetu. Zatvorena je 1974. godine, a obnovljena i puštena u saobraćaj 2003. godine. Izgradnjom brane na reci Đetinji i nastankom veštačkog jezera Vrutci, 1984. godine, potopljen je deo stare turističke pruge uzanog koloseka koja je povezivala Mokru Goru i Užice. Na taj način onemogućen je nastavak obnove uzane pruge prema Užicu, po nekadašnjoj trasi. Zato je u ovom radu izvršen pokušaj pronalaženja rešenja u cilju revitalizacije tog dela pruge, od Stapara do Bioske, u dolini jezera Vrutci, kako bi se ostvarila pokidana veza. Revitalizacijom ovog dela pruge, dobila bi se nova atrakcija oko jezera Vrutci i povezala barska pruga sa turističkom prugom. Pored turističkog, ova pruga bila bi od velikog kulturnog značaja za razvoj Zlatiborskog okruga, a imala bi i međunarodni značaj, jer bi omogućila povezivanje Užica sa Višegradom. Implementacijom softverskih alata za planiranje i projektovanje železničkih pruga baziranih na savremenim konceptima projektovanja i primenom novih tehnologija urađena je nova trasa ovog dela pruge čiji prikaz je dat u radu.*

Ključne reči: *železničke pruge, projektovanje trase primenom računara, muzejsko-turistička pruga.*

1. UVOD

Šarganska osmica je jedna od atraktivnijih turističko-muzejskih železničkih pruga u Evropi među prugama uzanog koloseka. Ona je remek delo svetskog industrijskog nasleđa. Građena je početkom 20. veka. Projektanti su visinsku razliku od Mokre Gore do Šargana premostili čuvenom ”osmicom”, sa dvadesetak tunela, nekoliko mostova i vijadukta. Oni čine većinu pruge i povezivali su grad Užice sa Sarajevom. Pruga je donela veliki ekonomski i kulturno – prosvetni prosperitet kraju kroz koji je prošla. Pospešila je razvoj trgovine građom, podizanje parnih strugara, otvaranje rudnika i razvoj turizma. Radila je pola veka na dobrobit cele države. Iz

Bosne prema Srbiji železnica je najviše prevlačila sirovine (ugalj, drvo, građu), a obratno gotove industrijske i poljoprivredne proizvode (Govedarević, 2006.).

Pored velikog značaja u privredi bivše Jugoslavije ukinuta je 28. februara 1974. godine. Izgradnjom brane na reci Đetinji i stvaranjem veštačkog jezera Vrutci 1984. godine, deo pruge na deonici od stanice Stapari do stanice Bioska je potopljen. Početkom ovog veka počela je obnova Šarganske osmice u turističke svrhe i do danas je pružna trasa revitalizovana od Mokre Gore do Višegrada.

Ideja o rekonstrukciji i revitalizaciji ostalog dela stare pruge do grada Užica postoji dosta dugo, a poslednjih godina zagovornici te ideje su sve aktivniji. Tako je 2013. godine najavljena obnova pruge u dužini od 4,2 kilometara, do stanice Kremna sa tendencijom za njeno dalje produženje nekadašnjom trasom do stanice Bioska.

S obzirom da je od 2013. do 2019. godine broj putnika Šarganskom osmicom porastao za oko 20 000 i u konstantnom je porastu, upotpunjavanjem turističke ponude sa velikom verovatnoćom se može pretpostaviti povećanje broja turista i zadovoljavajuća iskorišćenost ove muzejsko - turističke atrakcije. Trasu još atraktivnijom čini geografski položaj, jer se nalazi između dve izuzetno posećene planine, kao što su Tara i Zlatibor.

U cilju potpunog povezivanja Užica sa muzejsko - turističkom prugom Šarganska osmica u ovom radu predstavljena su dva idejna rešenja za rekonstrukciju pruge uzanog koloseka od Stapara do Bioske. Predstavljena idejna rešenja obuhvataju područje jezera Vrutci, koje obiluje prirodnim lepotama.

2. PRIMENA SPECIJALIZOVANIH SOFTVERA ZA PROJEKTOVANJE ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE

Za potrebe izrade trase u radu korišćena su savremena softverska rešenja specijalizovana za projektovanje železničkih pruga i vizuelizaciju. Primenjeni softveri za projektovanje pruga su rešenja kompanije CGS Labs. Ova kompanija se bavi razvojem softvera iz oblasti transforta, infrastrukture i AEC oblasti (eng. Architecture, Engineering and Construction). Za potrebe izrade vizuelizacije u ovom radu korišćen je softver Infraworks, kompanije Autodesk.

2.1 Osnovne karakteristike softvera Ferrovia by CGS Labs

Ferrovia by CGS Labs je profesionalno softversko rešenje za 3D projektovanje železničke infrastrukture i analizu koloseka. Podržava veliki broj smernica specifičnih za pojedinačne države i njihove železničke uprave. Obezbeđuje alate za uređenje i projektovanje horizontalnih i vertikalnih elemenata profila, kao i elemenata u poprečnom profilu.

Softver kao bazu koristi Autodesk softver (AutoCAD ili AutoCAD Civil 3D). Ovo je velika prednost u odnosu na ostale alate za projektovanje železničkih pruga koji nemaju AutoCAD kao osnovu. Ovakva kompatibilnost softvera sa AutoCAD-om omogućava lak pristup i korišćenje na već poznatom softveru, za većinu inženjera ovog tipa. Oblasti primene ovog softvera su raznolike, a neke od njih su konvencionalni železnički koloseci, pruge za velike brzine, laki šinski sistemi, industrijski koloseci, izmeštanje i uređivanje železničkih koloseka i dr. Mogućnosti ovog softvera (neophodne za izradu ovog rada) su sledeće:

- uvoz geodetskih podataka,
- projektovanje, osovine, uzdužnog profila i poprečnih profila,
- linearne prelazne krivine i
- proračun količina i planimetrija.

Ferrovia čuva sve podatke o projektovanju unutar .dwg fajla, čime se omogućavaju brza ažuriranja geometrije i razmena podataka u okviru CGS plus i Autodesk softverskih rešenja. Dinamička ažuriranja svih promena u geometriji ili parametara projekta su podržana u okviru pojedinačnih ili grupnih crteža sa odvojenim podacima o situacionom planu, uzdužnom profilu i poprečnim profilima. Mogućnost saradivanja je na visokom nivou jer se lako i efikasno može podeliti projekat između više članova tima, koji mogu da rade istovremeno. Projekti se mogu raditi kao jedan crtež ili kroz više crteža. Korisnici imaju mogućnost da koriste bilo koju verziju softvera na jeziku zemlje za koju se radi projekat. Trenutno podržane verzije sa implementiranim standardima su u sledećim državama: Austrija, Češka Republika, Engleska (nacionalni jezik), Mađarska, Makedonija, Nemačka, Poljska, Slovenija i Srbija (CGS Labs Company, 2017.).

2.2 Osnovne karakteristike softvera Autodesk Infraworks

Infraworks je specijalizovani softver za projektovanje infrastrukture koji podržava proces modeliranja objekata (BIM). Infraworks pruža mogućnost izrade konceptualnog rešenja, optimizacije i vizuelizacije infrastukturnih projekata, sve u kontekstu prirodnog okruženja. Infraworks je platforma koja omogućava inženjerima da brzo i lako prenesu preliminarne ciljeve dizajna u realnom okruženju. Koristi automatizovanu mogućnost izgradnje 3D modela sa veb-baziranom tehnologijom i vertikalno-specijalizovanom funkcionalnošću kako bi projektantima bio omogućen najrealniji dizajn.

Infraworks pruža sledeće mogućnosti:

- omogućava sagledavanje punog potencijala projekta,
- brz i lak prenos idejnog dizajna u kontekstu realnog sveta,
- efikasan pristup i implementaciju podataka iz različitih izvora u veoma precizan, realan model,
- uključuje alate za konceptualni dizajn (konstrukciju mostova, pruga, drenaža i sl.).

3. POSTOJEĆE STANJE MUZEJSKO - TURISTIČKE PRUGE ŠARGANSKA OSMICA

U sadašnjim uslovima i prema sadašnjem stepenu izgrađenosti u eksploataciji je deo pruge od KM 254+480,00 (stanica Šargan Vitasi) do stajališta Kotroman (KM 276+625,00), odnosno do državne granice (KM 276+948,00), što odgovara dužini pruge od 21468 metra. Po kategoriji pruge, pripada muzejsko-turističkim prugama. Maksimalna dozvoljena brzina na pruzi iznosi 30 km/h.

Pruga omogućava najveću dozvoljenu masu po osovini do 10 t/os i najveću dozvoljenu masu po dužnom metru 3,2 t/m. Podeljena je u tri stanična prostorna odseka i to:

- Šargan Vitasi – Jatare,
- Jatare - Mokra Gora i
- Mokra Gora - stajalište Kotroman.

Najveći nagib na ovoj deonici iznosi 19.22‰, a maksimalni nagibi na otvorenoj pruzi po međustaničnim rastojanjima dati su u tabeli 1.

Tabela 1. Maksimalni nagibi na otvorenoj pruzi

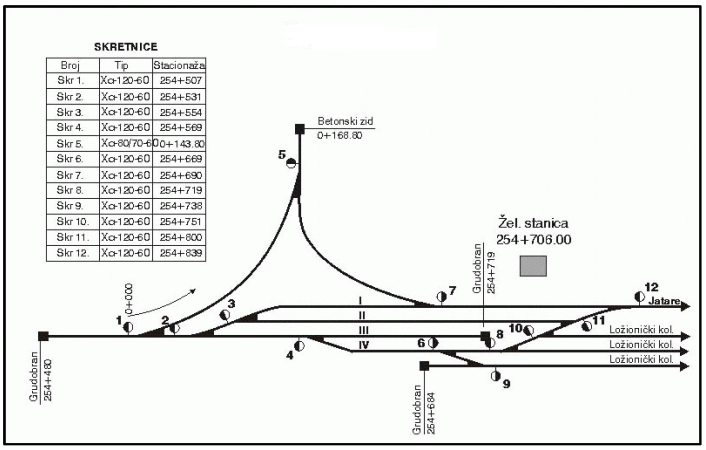
Međustanično rastojanje	Vrsta nagiba	Veličina nagiba [‰]	Kilometarski položaj najvećeg nagiba
Šargan Vitasi - Jatare	uspon	2,3	od km 254+839,00 do km 255+394,00
	pad	od 4,2 do 19,2	od km 256+754,00 do 256+965,00
Jatare - Mokra Gora	pad	od 16,1 do 19,22	od km 266+730,00 do km266+859,00
Mokra Gora - stajalište Škola	pad	17,5	od km 270+199,00 do km 270+845,00
stajalište Škola - stajalište Kotroman	pad	17,5	od km 270+845,00 do km 270+625,00

Stanica Mokra Gora nalazi se u KM 270+146. Raspolaže sa tri stanična koloseka, od kojih je najduži 248 metara, a najkraći 169 metara (građevinska dužina).

Ukrsnica Jatare nalazi se u KM 262+260 i predstavlja mesto predviđeno za ukrštanje vozova na Šarganskoj osmici. Raspolaže sa 2 koloseka. Građevinska dužina ovih koloseka iznosi 208 metara, a njihova korisna dužina 127 metara. Glavni prolazni kolosek namenjen je za prijem i otpremu vozova, a drugi stanični kolosek za ukrštanje vozova i obavljanje manevarskog rada.

Stanica Šargan-Vitasi nalazi se u KM 254+700 i raspolaže sa četiri koloseka, od kojih su dva u eksploataciji. Prvi stanični kolosek je nepravilni glavni prolazni kolosek, građevinske dužine 235 metara, a korisne dužine 214 metara, namenjen za prijem vozova iz smera Mokre Gore, odnosno za otpremu vozova u smeru Mokre Gore. Drugi stanični kolosek je glavni kolosek građevinske dužine 269 metara i privremeno je namenjen samo za obavljanje potrebnog manevarskog rada. Treći stanični kolosek je sporedni stanični kolosek,

građevinske dužine 207 metara. Četvrti kolosek je sporedni kolosek od kog se odvajaju ložionički koloseci. Stanica Šargan - Vitasi raspolaže i sa spojnim kolosecima koji se odvajaju sa prvog, odnosno trećeg staničnog koloseka (od skretnice 1 do skretnice 7) i zajedno sa njima čine trianglu koja služi za potrebe okretanja vučnih vozila. Šema stanice Šargan Vitasi prikazana je na slici 1 (ŽTP Beograd, 2003.).

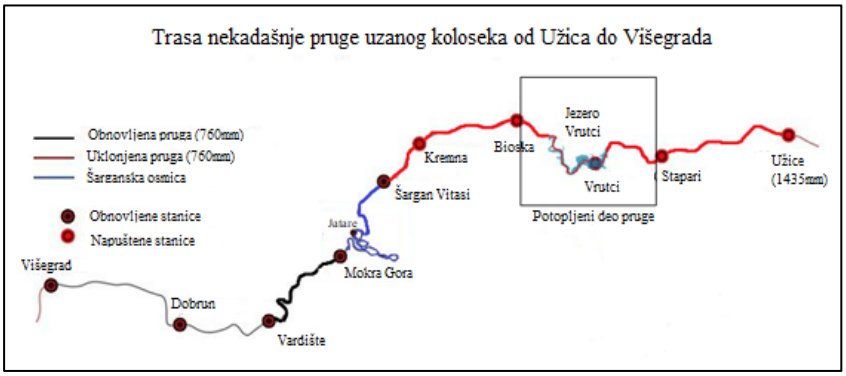


Slika 1. Šema stanice Šargan Vitasi

4. PREDLOG VARIJANTNIH REŠENJA

Osnovna ideja ovog rada je povezivanje muzejsko - turističke pruge uzanog koloseka sa prugom normalnog koloseka Beograd - Bar. Predlog rešenja za povezivanje ove dve pruge zasniva se na rekonstrukciji nekadašnje trase pruge od Užica do Šargan Vitasa. Pojavljivale su se neke tendencije za rekonstrukciju deonice od stanice Šargan Vitasi do mesta Bioska, ali ništa konkretno nije preduzeto. Od nekadašnje pruge uzanog koloseka ostao je donji stroj sa svim objektima u trupu pruge, koji se nalaze u dobrom stanju i pogodni su za rekonstrukciju. Problem nastaje od mesta Bioska na dalje ka Užicu, odnosno Staparima, gde je izgradnjom brane nastalo akumulaciono jezero Vrutci, koje je potopilo određeni deo stare trase.

U ovom radu predložena su dva idejna rešenja za izmeštanje nekadašnje trase, odnosno projektovanje nove pruge uzanog koloseka oko jezera Vrutci. Početak nove deonice bi bio mesto koje omogućava nesmetano uklapanje u postojeći donji stroj nekadašnje trase, a kraj deonice se razlikuje u dva priložena varijantna rešenja. Trasa nekadašnje pruge od Užica do Višegrada sa ucrtanim službenim mestima prikazana je na slici 2, pri čemu je naznačena deonica koja je predmet ovog rada.



Slika 2. Trasa pruge uzanog koloseka od Užica do Višegrada

4.1 Prvo varijantno rešenje

Trasa je projektovana za pruge uzanog koloseka 0,76 metara od stare stanice Stapari do mesta uklapanja nivelete pruge i postojeće trase. Prema podacima iz nekadašnjeg uzdužnog profila od stanice Stapari do stanice Bioska dužina trase iznosila je 12,9 kilometara. Od ove ukupne dužine, oko 9 kilometara je potopljeno izgradnjom brane i nastankom jezera Vrutci. Prvim idejnim rešenjem predlaže se rekonstrukcija nekadašnje trase od stanice Stapari do tunela br. 27. Nakon toga dolazi do odstupanja od stare trase i mostom se prelazi reka Đetinja, gde se na dalje trasa pruža u njenoj dolini sa suprotne strane. Povratak i uklapanje u nekadašnju trasu pruge predviđen je mostom preko jezera Vrutci u dužini od 385,71 m.

Ukupna dužina novoprojektovane deonice iznosi 7,82 km. Trasa prolazi padinom u dolini reke Đetinje i jezera Vrutci. Projektovana je sa 32 horizontalne krivine minimalnog poluprečnika 110 metara i prelazne krivine 20 metara. Ukupna dužina trase u pravcu iznosi 2881,61 metar, dok je dužina u krivini 4936,04 metara. Usled nepovoljnih terenskih uslova kroz koje trasa prolazi, stvara se potreba za određenim brojem objekata u trupu pruge. Mostovi i tuneli koji su predviđeni u okviru ovog rada, kao i njihove dužine date su u tabeli 2.

Tabela 2. Pregled mostova i tunela na definisanoj trasi

Objekat	**Dužina [m]**
Most 1	136,77
Tunel 1	51,1
Most "Vrutci"	385,71
Most 2	100,01
Most 3	80,53
Tunel 2	313,41
Tunel 3	119,27
Tunel 4	257,59
Tunel 5	143,51
Tunel 6	71,67
Tunel 7	79,82
Most 4	17,86
Postojeći tunel br. 27	88,46

Pored mostova i tunela zbog strmih padina na kojima je definisana trasa predviđaju se potporni i obložni zidovi, radi obezbeđivanja stabilnosti koloseka. U KM 3+622,00 novoprojektovane deonice planirano je stajalište "Panorama" gde bi se voz zaustavio na izgrađenoj platformi sa pogledom na jezero "Vrutci" i branu.

Pomoću savremenih softverskih rešenja izrada uzdužnog profila ne predstavlja komplikovan proces. Na osnovu prethodno definisane trase u situacionom planu softver automatski definiše tabelarni i grafički prikaz uzdužnog profila. Niveleta pruge projektovana je interaktivnim unosom podataka. Na celokupnoj deonici savladana je visinska razlika od 54 m, pri čemu se mora uzeti u obzir da je bilo neophodno savladati visinsku razliku od 72 m na rastojanju od 2,9 km. Najveći nagib na trasi iznosi 24.10 ‰. Poprečni profili trase definisani su tako da se prilagode postojećim elementima gornjeg i donjeg stroja muzejsko - turističke pruge Šarganska osmica. Na osnovu definisanih poprečnih profila izvršen je proračun količina materijala i utvrđen obim zemljanih radova. Ovaj proračun izvršen je korišćenjem funkcija za proračun količina i planimetrisanje savremenih softverskih rešenja.

4.2 Drugo varijantno rešenje

Trasa je projektovana za pruge uzanog koloseka 0,76 metara od stare stanice Stapari do mesta uklapanja nivelete pruge i postojeće trase. Pruga je projektovanja za brzinu od 30 km/h. Ukupna dužina novoprojektovane železničke pruge iznosi 9998,59 m. Trasa prati obalu jezera Vrutci, a nakon brane na jezeru trasa se nastavlja dolinom reke Đetinje, ne prelazeći preko reke.

Projektovana trase ima 30 horizontalnih krivina poluprečnika od 120 m do 1500 m. Od ukupnog broja horizontalnih krivina, 5 su čisto kružne krivine, a ostale su krivine sa prelaznicom, minimalna dužina prelaznice iznosi 15 m. Zbog veoma brdovitog i neravnog terena kroz koji prolazi novoprojektovana trasa, potrebno je izgraditi određeni broj objekata na pruzi. Broj mostova i tunela, kao i njihove dužine date su u tabeli 3.

Tabela 3: Pregled mostova i tunela u drugom varijantnom rešenju

Mostovi	**Dužina [m]**	**Tuneli**	**Dužina [m]**
Most 1	80,74	Tunel 1	36,20
Most 2	85,39	Tunel 2	49,39
Most 3	11,30	Tunel 3	62,10
Most 4	76,74	Tunel 4	41,03
Most 5	123,18	Tunel 5	188,51
Most 6	145,94	Tunel 6	166,01
Most 7	52,98	Tunel 7	51,73
Most 8	175,12	Tunel 8	99,70
Most 9	38,42	Tunel 9	69,35
Most 10	122,54	Tunel 10	118,39

Tunel 11	24,25

Pored mostova i tunela, zbog velikih nasipa i dubokih useka i strmih padina, predviđa se izgradnja potpornih i obložnih zidova, radi sprečavanja klizanja tla i rušenja nasipa. U KM: 3+640,47, planirano je stajalište, kako bi se vozovi zaustavljali, a putnici uživali u pogledu na jezero Vrutci.

Na osnovu urađene trase, a koristeći softverske alate koje pruža Ferrovia, dobija se uzdužni profil. Na ukupnoj deonici pruge savladana je visinska razlika od 91,45 m. Ukupno ima 16 deonica različitih nagiba i 8 vertikalnih krivina poluprečnika 1000 m. Nagibi se kreću od najmanjeg -3,50 ‰ do -24,30 ‰.

Poprečni profili trase definisani su tako da se prilagode postojećim elementima gornjeg i donjeg stroja muzejsko - turističke pruge Šarganska osmica. Na osnovu definisanih poprečnih profila izvršen je proračun količina materijala i utvrđen obim zemljanih radova. Ovaj proračun izvršen je korišćenjem funkcija za proračun količina i planimetrisanje savremenih softverskih rešenja.

5. "SWOT" ANALIZA

"SWOT" analiza predstavlja instrument strategijskog menadžmenta koji ima široku primenu u uzradi strategija razvoja, uključujući strategije razvoja zajednice, regiona ili grada. Na njegovu važnost ukazuje činjenica da je obavezan deo planskih dokumenata kojima se konkuriše za korišćenje sredstava iz evropskih fondova. Ova analiza služi kao polazna osnova za identifikovanje ključnih problema i posredno za definisanje srednjoročnih i dugoročnih ciljeva. Njen osnovni cilj je utvrđivanje i analiza snage i slabosti određenih zajednica, te mogućnosti i opasnosti sa kojima je zajednica izložena u cilju dobijanja adekvatne polazne osnove za definisanje i utvrđivanje njenih strateških ciljeva (GO Zemun, 2018.).

U okviru predloga rešenja rekonstrukcije nekadašnje trase pruge uzanog koloseka od Stapara do Bioske, uz izmeštanje trase u dolini jezera Vrutci, predstavljene su snage, slabosti, mogućnosti i pretnje koje mogu uticati na izgradnju ove pruge. "SWOT" analiza predstavlja pogodan alat strategijskog menadžmenta za ovu fazu predloga rešenja trase pruge. (tabela 4)

Tabela 4. "SWOT" analiza pruge uzanog koloseka od Užica do Šargan Vitasa

SNAGE	SLABOSTI
• Proširenje turističke ponude Zlatiborskog i Moravičkog okruga • Značajan turistički potencijal • Usklađenost turističkih ponuda i mogućnosti u ovom okrugu • Ostvarivanje železničke veze između velikih centara i muzejsko - turističkog kompleksa na Mokroj Gori • Konstantan rast broja turista na Mokroj Gori • Održiv donji stroj nekadašnje trase - tehnički parametar	• Planinsko područje - teški uslovi za gradnju • Veliki investicioni troškovi i povećani troškovi eksploatacije • Nedovoljno razvijen kulturni prosperitet Srbije • Nedovoljna sredstva za ulaganje u kulturni i turistički razvoj zemlje • Uticaj na zaštitu životne sredine
MOGUĆNOSTI	**PRETNjE**
• Povoljan geografski položaj • Ostvarivanje međunarodne saradnje (IPA fond) • Oživljavanje turističkih lokaliteta opštine Užice • Povećan broj domaćih turista • Generalni prioritet Republike Srbije - ulaganje u saobraćajnu infrastrukturu	• Efekti svetske finansijske i ekonomske krize • Nedovoljna zainteresovanost za ostvarivanje međunarodne saradnje • Gravitaciono područje oko akumulacionog jezere i zabrana gradnje u ovom području • Veliko vreme putovanja

6. ZAKLJUČAK

Pod proširenjem turističke ponude okruga kroz koji pruga prolazi, smatra se dobijanje nove turističke atrakcije oko jezera Vrutci, gde bi pruga bila smeštena u srcu prirodnih bogatstava, neposredno uz obalu. Sa svojim prirodnim karakteristikama i nostalgičnim izgledom vozova koji bi tu saobraćali, muzejsko - turistička pruga Šarganska osmica bi dodatno dobila na značaju i interesovanju domaćih i stranih turista. Kompletiranjem ove muzejsko - turističke atrakcije maksimalno bi se iskoristio sav turistički potencijal koji nudi Zlatiborski i Moravički okrug.

Potencijalnu pretnju može predstavljati i područje kuda je trasa predviđena. Izgradnjom brane i u cilju očuvanja okoline gradnja je u ovom području zabranjena. Ovaj nedostatak se može prevazići velikim turističkim značajem za lokalnu sredinu, a pri izgradnji pruge obezbedilo bi se maksimalno očuvanje životne sredine.

Nedovoljno razvijeni kulturni i društveni prosperitet Srbije, kao i nedovoljna sredstva za ulaganje u kulturni i turistički razvoj predstavljaju jedan od nepovoljnih uticaja na izgradnju ove pruge. Pretnje po samu realizaciju projekta predstavlja i nezainteresovanost državnih institucija za ulaganje u muzejsko - turističke pruge, kao i nemogućnost odvajanja određenih investicionih sredstava usled nepovoljnog položaja železnice Republike Srbije na tržištu.

Kao mogućnost u sklopu "SWOT" analize dat je predlog za nabavku finansijskih sredstava za investciona ulaganja. S obzirom da pruga preko Višegrada ima tendencije za razvoj i u Bosni i Hercegovini (Republici Srpskoj), Evropska unija obezbeđuje IPA fond za programe prekogranične saradnje i pomoć u razvoju kulturnog i društvenog prosperiteta dve zemlje.

Izgradnjom jednog od dva varijantna rešenja, povezala bi se barska pruga sa turističko – muzejskom prugom, i otvorila bi se mogućnost za povezivanje grada Užica sa Sarajevom, železničkom prugom uzanog koloseka koja prolazi kroz predele bogate prirodnim lepotama.

7. LITERATURA

Govedarević N. (2006). Privatne pruge uzanog koloseka u Srbiji 1881. - 2006., Niš, Srbija, 255-269

CGS Labs Company (2017). Ferrovia by CGS Labs BIM-Ready Railway Design Solution, dostupno na: https://www.cgs-labs.com/

https://www.autodesk.com/products/infraworks/overview, 25.08.2019.

ŽTP Beograd (2003). Privremeno upustvo za organizovanje i vršenje saobraćajne službe na pruzi uzanog koloseka 0,76 Šargan Vitasi - Mokra Gora - stajalište Škola, km 270+807 - državna granica, km 27+200 - (Višegrad),

GO Zemun (2018). Strategija razvoja gradske opštine Zemun 2018. - 2023. - Situaciona i SWOT analiza, dostupno na: http://zemun.rs/strategija-razvoja-gradske-opstine-zemun-2018-2023/

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

APPLICATION OF RAILWAY TRAFFIC COMMUNICATIONS VIA PUBLIC GSM NETWORK

PRIMJENA KOMUNIKACIJA U ŽELJEZNIČKOM SAOBRAĆAJU POSREDSTVOM JAVNE GSM MREŽE

Nebojša Tomić[a], Dragan Žigić[a], Jovan Gojić[b]

[a] *Railway of RS a.d. Doboj, Svetog Save 71, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, tomic.nebojsa@zrs-rs.com, zigadragan@gmail.com*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, jgojic950@gmail.com*

Abstract: *Objectives: To show the solution for railway traffic communications through the public telecom operators GSM network on the example of the installed system on the ŽRS. Approach: Comparison of basic characteristics of the RDV system and GSM communication system. Comparison of the applied GSM solution and GSM-R systems. Results Benefits of the GSM system as a voice and data communication system in relation to RDV. Contribution: To show one of the solutions for improving traffic functioning, for companies that do not have GSM-R infrastructure, and want to use more modern ways of communication than an analog RDV system.*

Key words: *GSM, GSM-R, RDV, railways, communication*

Apstrakt*: Ciljevi: Prikazati rješenje komunikacija u željezničkom saobraćaju posredstvom GSM mreže javnih telekom operatera na primjeru ugrađenog sistema na ŽRS. Pristup: Poređenje osnovnih karakteristika RDV sistema i GSM sistema za komunikaciju. Poređenje primjenjenog GSM i GSM-R sistema. Rezultati: Prednosti GSM sistema kao sistema za komunikaciju i prenos podataka u odnosu na RDV. Značaj rada: Pokazati jedno od rješenja za unapriđeđenje funkcionisanja saobraćaja, za kompanije koje nemaju GSM-R infrastrukturu, a žele koristiti savremenije načine komunikacije od analognog RDV sistema.*

Ključne riječi: *GSM, GSM-R, RDV, željeznice, komunikacija*

1. UVOD

Upravljanje železničkom infrastrukturom, prevoz putnika i robe, predstavlja sve kompleksniji zadatak za železničke kompanije. Zahtjevi su takvi da se od menadžera infrastrukture i prevoznika zahtjeva bezbjednost, pouzdanost i kvalitet prevoza.

Da bi zadovoljili svi standardi, nameće se potreba da upravljanje ovakvim sistemima bude na visokom tehničko-tehnološkom i informatičkom nivou. Na današnjem nivou informatičkog razvoja, primjena informacionih sistema na željeznici je neizbježna. Mnoge železničke kompanije koriste informacione sisteme i programe za planiranje, regulisanje, upravljanje i analizu saobraćaja i prevoza.

Na Železnicama Republike Srpske duži niz godina nije bilo značajnijih ulaganja u telekomunikacionu infrastrukturu, koja je pretrpila značajna oštećenja u periodu ratnih dešavanja devedesetih godina. To je rezultiralo nezadovoljavajućim stanjem na Železnicama Republike Srpske u oblasti planiranja, praćenja saobraćaja i sredstava komunikacije između voza i službi za upravljanje saobraćajem.

Gore navedeno, kao i različitosti u nivou tehničke opremljenosti, glavni su razlozi zbog kojih je kompanija tražila rješenje, koje će omogućiti jedinstven informatički nivo planiranja, praćenja i upravljanja saobraćajem.

Obzirom na ograničena finansijska sredstva, ideja je bila da se, koristeći dobru pokrivenost GSM signalom cjelokupne mreže pruga, implementiraju posebani servisi za mobilnu komunikaciju između voza i službi za praćenje i upravljanje saobraćajem.

Cilj ovog rada je prikazati primjenu novougrađenog sistema GSM komunikacije na Željeznicama Republike Srpske, realizovnog u sklopu implementacije projekta „Modernizacija sistema signalizacije i telekomunikacija na ŽRS“ kao pozitivan primjer unaprijeđenja i modernizacije sistema za upravljanje i regulisanje saobraćaja uz relativno mala ulaganja.

2. ANALOGNI SISTEM RDV

2.1 Opis korištenog RDV sistema

Radio dispečerski sistem veza sastojao se od pružnog i lokomotivskog dijela sistema. Pružni dio sistema činili su radio dispečerska centrala, instalirana u centru daljinskog upravljanja saobraćajem i pružne radio stanice instalirane u betonskim ili metalnim kućicama duž pruge, kao i antene instalirane na 20-metarskim rešetkastim stubovima.

RDV centrala je sa fiksnim stanicama duž pruge bila povezana posredstvom četvorožične veze, realizovane kroz pružni STKA kabl, po paricama prečnika 0,9 ili 1,2 mm. Znači, veza RDV centrala – pružne radio stanice se ostvarivala preko kabla, a radio segment je činila veza pružna radio stanica – lokomotivski radio uređaj.

Osnovni režima rada je bio režim A – dupleks veza i selektivni poziv. Posebnim interventnim pozivom mašinovođa, koji bi se našao u delikatnoj situaciji, mogao je pritiskom na tipku interventnog poziva rušiti svaku, prethodno uspostavljenu vezu lokomotiva – dispečer i ostvariti preko reda vezu sa dispečerom. Svaki poziv upućen sa lokomotive, manifestovao se brojem voza na RDV centrali.

Dispečer je imao mogućnost slanja poziva „Za sve“ što je značilo da su ga čule sve mašinovođe. U režimu B, umjesto RDV centrale, dispečer je koristio pomoćni telefon, koji je osiguravao neselektivnu vezu dispečer – lokomotive na datoj dionici. Režim C – je obezbjeđivao mogućnost rada sa postojećom UKT radio mrežem u datom željezničkom čvoru.

Sistem je radio u frekvntnom opsegu 460MHz, odnosno talasnoj dužini od 0,7m. Pružne radio stanice su emitovale na tri frekvencije, a četvrta frekvencija je bila predviđena za lokomotivski uređaj. Četiri frekvencije su činile tzv. Kvadropel grupu. Svaka dispečerska dionica je imala svoju kvadropel grupu, kako ne bi dolazilo do međusobnog ometanja. Pošto su duž pruge na jednoj dispečerskoj dionici pružne stanice br.1 i br.4 imale iste frekvencije, to se u nekim uslovima pojavljivala mogućnost međusobnog ometanja. Ovaj problem se prevazilazio instaliranjem tzv. istotalasnih stanica i pružnih stanica sa visokom stabilnošću frekvencije.

Sistem selektivnih veza dispečera saobraćaja i dispečera elektro vuče i radio dispečerski sistem koji su prije rata funkcionisali na dijelu koridora Vc, koji pripada Željeznicama Republike Srpske, uništen je u potpunosti za vrijeme ratnih dejstava u periodu 1992-1995.god.

2.2 Korisnički zahtjevi za RDV

Korisnički zahtjevi sistema RDV koje je potrebno ispuniti:

- Sporazumijevanje radi razmjene informacija i davanja propisanih naloga za saobraćaj vozova između operativnih službi (dispečera) i voznog osoblja (mašinovođe),
- Prenos informacija i naloga u govornom obliku ili pomoću utvrđenih simbola,
- Neprekidne veze između dispečera i mašinovođe na određenoj radio dispečerskoj dionici,
- Veze između dispečera i voznog osoblja kod vozova sa kolima opremljenim telefonskim uređajima i uređajima za obaveštavanje putnika,
- Veze između voznog osoblja i ostalih korisnika u ŽAT mreži koje se ostvaruju posredstvom dispečera.

3. ODABIR MODELA MODERNIZACIJE NA ŽRS

Tragajući za rješenjem nedostatka govorne komunikacije između voza i službi za praćenje i upravljanje saobraćajem, Željeznice Republike Srpske su, računajući na dobru pokrivenost cjelokupne mreže pruga GSM signalom, odlučile da implementiraju poseban servis za mobilnu komunikaciju, koji bi kao prenosni put koristio infrastrukturu operatora javne GSM mreže.

Za potrebe mobilne komunikacije u zemljama EU usvojen je GSM-R, kao standard koji se primjenjuje od 1997. godine. GSM-R postepeno zamjenjuje analogne i digitalne radio sisteme. Do izgradnje novog GSM-R

sistema, UIC je 2009. godine izdao uputstvo gdje su definisana tri načina implementacije novog mobilnog komunikacionog sistema:

- - izgradnja sopstvene GSM-R mreže,
- - izgradnja hibridne GSM-R mreže ili
- - korišćenje posebnih servisa javne GSM.

Rješenja za koje se opredjelila ŽRS je, shodno finansijskih mogućnostima, korišćenje posebnih servisa javne GSM mreže.

4. OPIS USVOJENOG RJEŠENJA

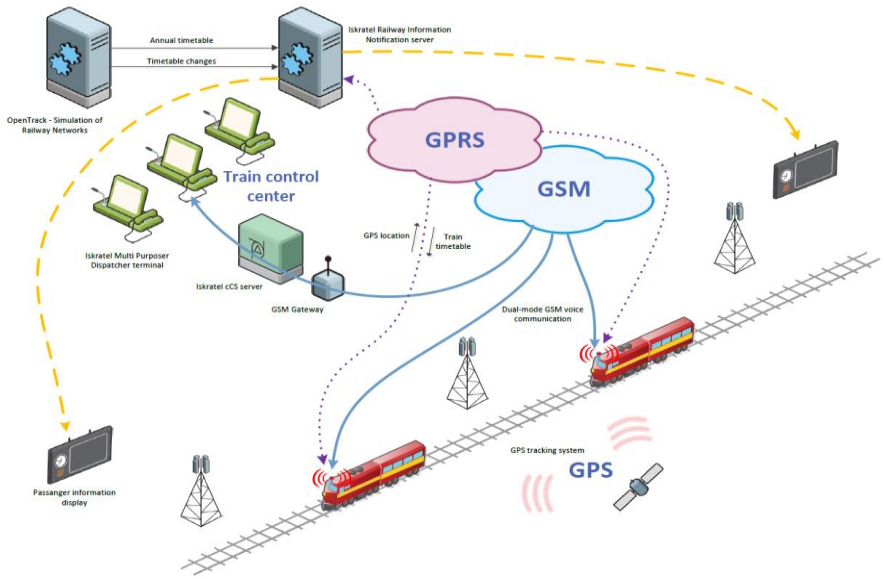
Upotreba GSM komunikacija na ŽRS podrazumijeva sistem koji omogućava modernizovanu i efikasnu komunikaciju mašinovođe sa saobraćajnim dispečerom, kao i razmjenu podataka i koordinata između sistema pozicioniranog na centralnoj lokaciji Doboj i „on-board“ sistema montiranog u vučnim vozilima (lokomotive, motorna pružna vozila...).

Za potrebe komunikacije između dispečera i mašinovođa koristi se javna GSM mreža i telekomunikaciona oprema Željeznica Republike Srpske koja omogućava takvu komunikaciju (PBX-R telefonske centrale operativne telefonije sa pratećom opremom).

Telekomunikacioni podsistemi instalirani u okviru sistema GSM komunikacije su:

1. Sistem za kreiranje i simulaciju reda vožnje - „*OpenTrack*“,
2. „*Iskratel Railway information and notification solution*“ (RINS) – sistem za informisanje putnika i osoblja ŽRS, određivanje tačne lokacije vozova na prugama ŽRS, kao i za slanje reda vožnje mašinovođama,
3. Integracija sa postojećim sistemom ozvučenja na stanicama Doboj i Banja Luka za audio informisanje putnika i osoblja ŽRS,
4. Govorna komunikacija dispečer saobraćaja – mašinovođa, informacioni displej kod mašinovođe.

Način organizacije i model implementiranog rješenja prikazan je na slici 1.



Slika 1. Šema implementacije rješenja GSM komunikacije

4.1 Modul za izradu mreže pruga i izradu reda vožnje

Osnovni cilj koji se postavlja modulu informacionog sistema za izradu elektronske mreže pruga je da se obezbijede kvalitetne informacije o elementima infrastrukture i njihovim tehničkim karakteristikama, koje su bitne za uredno i bezbijedno organizovanje saobraćaja. Podaci o infrastrukturi neophodni su za:

- izradu reda vožnje na osnovu planiranih i stvarnih parametara,
- praćenje i upravljanje saobraćajem u realnom vremenu,
- izradu perspektivnog reda vožnje za unaprijed definisan period sa mogućnošću simulacije ulaznih veličina: izgradnje dodatnih pruga, dioničkih kolosijeka, brzina, broja staničnih kolosijeka.

4.2 Modul za praćenje saobraćaja

Modul upravljanje i praćenje saobraćaja treba da omogući da se ažurira kretanje vozova bez obzira na tehničku opremljenost pruga. Informisanje o kretanju vozova treba da se omogući pomoću: telefonske dojave o kretanju vozova (klasična komunikacija stanica-operativna služba) i pomoću GPS uređaja koji treba da se ugrade na sva vučna vozila i sva samohodna vozila za održavanje infrastrukture. Ovo omogućuje da se sistem može implementirati na bilo koju prugu/pruge bez obzira na tehničku opremljenost.

Modul za praćenje saobraćaja treba da omogući sljedeće funkcionalnosti:

- Prikaz mreže pruga,
- Izrada stvarnog grafikona reda vožnje za izabranu prugu, više pruga ili dijelove pruga,
- Spisak trasa (relacija saobraćaja) voza,
- Praćenje kretanja vozova,
- Unos planiranog reda vožnje i unos svih izmjena reda vožnje koje objavi služba reda vožnje,
- Ažuriranje reda vožnje za naredni period, dan ili radnu situaciju.

4.3 Modul za mobilnu komunikaciju između voza i službe za upravljanje saobraćajem

Poseban dio sistema treba da je modul za komunikaciju između dispečera koji organizuju i vrše monitoring nad odvijanjem saobraćaja i mašinovođa koji upravljaju vučnim vozilima. Zadatak ovog modula je da omogući pouzdanu razmjenu govornih i digitalnih informacija učesnika u saobraćaju i na taj način u bitnoj mjeri doprinosi povećanju bezbjednosti, ali i redovitosti saobraćaja. Sistem obezbijeđuje govornu GSM i GPRS komunikaciju koja omogućava sljedeće tipove komunikacija:

- Govorna komunikacija dispečer – mašinovođa (sa mogućnošću snimanja razgovora),
- Prikaz realnog reda vožnje mašinovođi (korigovani red vožnje u realnom vremenu sa unesenim izmjenama npr. kašnjenja, radovi..... itd), gdje se svakom mašinovođi prikazuje samo njegov red vožnje, tj. red vožnje tog voza,
- Prikaz GPS koordinata svakog vučnog i pružnog vozila na radnom mjestu dispečera (dispečer u svakom trenutku vidi poziciju svih vučnih i pružnih vozila na prugama ŽRS koja su opremljena on-board opremom).
- Oprema koja se montira u lokomotive mora da ispunjava sljedeće komunikacijske potrebe:
- Omogući govornu (GSM) komunikaciju mašinovođa - dispečer i obrnuto,
- Omogući prikaz realnog reda vožnje mašinovođi na odgovarajućem displeju (samo red vožnje tog voza) putem GPRS komunikacije,
- Omogući slanje informacije o GPS lokaciji tog vučnog vozila.

Jedan od važnijih zahtjeva bio je i da sva oprema koja se montira na vučno i pružno vozilo ispunjava neophodne standarde koji su predviđeni za takvu opremu, među kojima je najvažniji EN 50155.

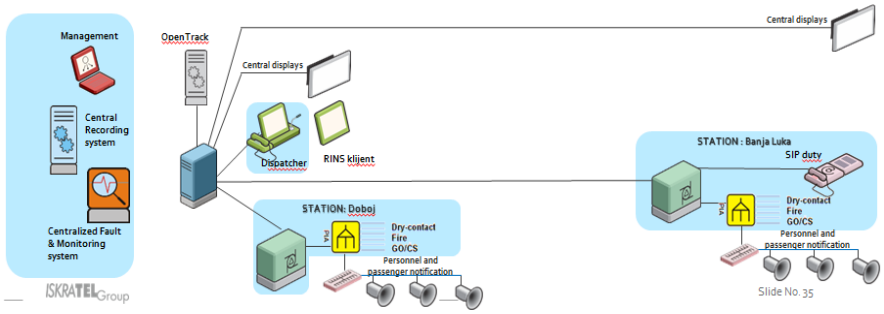
4.4 RINS – sistem za informisanje, određivanje GPS lokacije vozova i distribuciju reda vožnje

Kao osnovni sistem za pozicioniranje vozova, slanje reda vožnje mašinovođi i informisanje putnika se koristi „Iskratel – RINS“ server. Na RINS-u je obezbjeđena sljedeća integracija:

- Integracija sa programom za izradu voznih redova (vozni red se automatski prenese na RINS server);
- GPS lokacija vozova se šalje na RINS server preko GPRS veze za prenos podataka. Na osnovu realne pozicije voza, koja se utvrdi na osnovu dobijenih GPS informacija, izračunava se kašnjenje voza, informisanje putnika o kašnjenju i slanje izmjena voznog reda mašinovođi ukoliko je to potrebno,
- Integracija sa displejem u lokomotivi, koja je dio *on-board* sistema. Na displeju se postavi RINS klijent softver koji kontroliše prikaz informacije.

RINS posjeduje sljedeće funkcionalnosti:

- Obavještavanje i informisanje putnika i osoblja – integracija sa postojećim sistemom - omogućavanje audio najava, automatske ili govorne sa strane otpravnika. Mogućnost video informisanja preko displeja u stanicama Doboj i Banja Luka,
- Od sistema za izradu reda vožnje, dobijene redove vožnje koriguje u odnosu na tačne pozicije vozova (GPS) i proslijeđuje ih mašinovođama na predviđenom displeju 10“ – slanje informacija po GPRS,
- Pomoću GPS informacija, izvršava korekcije reda vožnje,
- Na mapi prikazuje vozove Željeznica Republike Srpske koji se nalaze na pruzi. Za prikaz se koristi personalni računar sa monitorom, smješten kod dispečera saobraćaja.

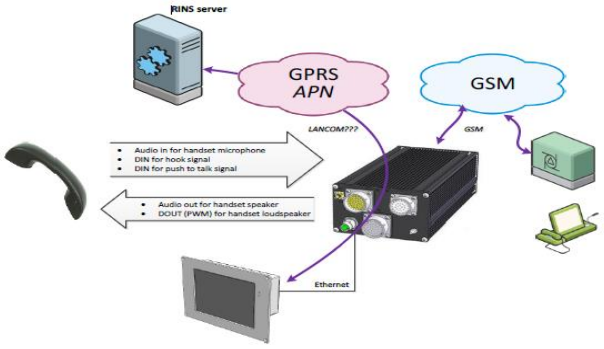


Slika 2. RINS – organizacija sistema

RINS portal je web-aplikacija koja dopušta korisniku da rukuje podacima i kontroliše video i audio objave preko centralnog web-interfejsa. Prava svakog korisnika se razlikuju prema dodeljenoj korisničkoj ulozi.

4.5 Mobilna komunikacija mašinovođa – dispečer saobraćaja

Modul za potrebe komunikacije dispečerski centar – lokomotiva i obrnuto, zasniva se na govornoj i GPRS komunikaciji putem javne GSM mreže**.** Modul za komunikaciju čine telekomunikacioni pult baziran na IP platformi, koji je instaliran u dispečerskom centru u Doboju, u okviru izgradnje novog sistema operativnih veza na pružnoj dionici Doboj – Banja Luka, IP terminalni uređaj i GPS uređaji instalirani u lokomotive i pružna vozila (30 lokomotiva, 2 dizel motorna voza i 15 pružnih vozila).



Slika 3. Komunikaciona oprema

Terminalni IP uređaji za ugradnju u lokomotive i pružna vozila, pored toga što zadovoljavaju standard EN 50155, ispunjavaju i dodatne zahtjeve:

„On-board“ oprema je u potpunosti kompatibilna sa opremom operativnih komunikacija, dispečerskim sistemom i serverskom opremom sistema za informisanje i obavještavanje.

Na lokomotive i dizel motorne vozove ugrađena je oprema koja ima mogućnost:

- govorne komunikacije,
- prikaz reda vožnje,
- informacije o GPS lokaciji,

Oprema koja je instalirana na vozila:

- Centralni komunikacioni modul – CKM (communication box),
- Uređaj za govornu komunikaciju - handset,
- Multifunkcionalna antena (GSM, GPRS, GPS)
- Displej 10“ za prikaz reda vožnje kod mašinovođe

Motorna pružna vozila su opremljena specijalnim terminalima za govornu komunikaciju.

4.5.1 Oprema instalirana na lokomotive

- **Centralni komunikacioni modul – CKM**

Predstavlja osnovni uređaj za komunikaciju. Uloga CKM-a je povezivanje svih ostalih komunikacionih uređaja u jednoj lokomotivi: antene, telefonske slušalice i displej.

U centralni komunikacioni modul se postavlja SIM (eng. Subscriber Identity Module) kartica mobilnog operatera (m:tel) putem koje se odvija sva potrebna komunikacija. Modul se priključuje na napajanje unutar lokomotive. Modul se priključuje na izvor napajanja koji postaje aktivan prilikom startovanja lokomotive, i koji se isključuje gašenjem lokomotive, bez obzira iz koje se upravljačnice upravlja lokomotivom.

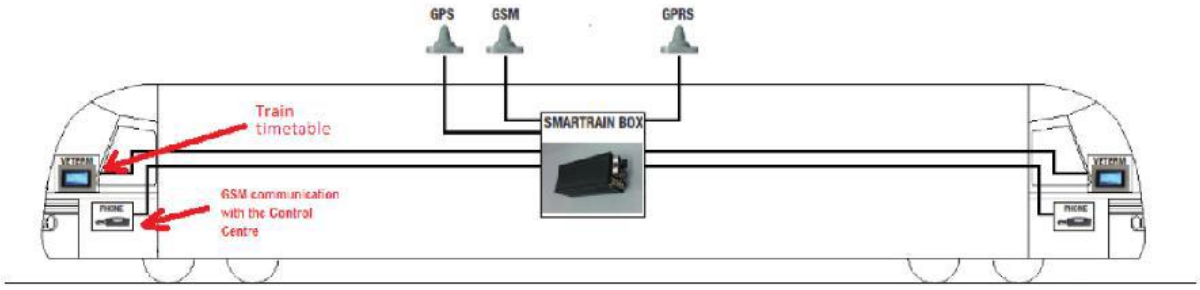
- **Uređaj za govornu komunikaciju**

Uređaj za govornu komunikaciju predstavlja slušalica preko koje mašinovođa poziva dispečera saobraćaja, ili preko koje se javlja na dolazne pozive. Poziv mašinovođe prema dispečeru saobraćaja se izvodi jednostavno dizanjem slušalice. Poziv se generiše automatski. Prijem dolaznog poziva mašinovođa vrši na isti način, podizanjem slušalice. Dolazni poziv se identificira zvonjenjem, koje se izvodi na zvučniku koji je montiran u slušalici.

Slušalica se priključuje na centralni komunikacioni modul, pomoću kabla za prenos analognih signala. Putem kabla se vrši i napajanje slušalice, kao i ugrađenog zvučnika u podlogu slušalice, koji obezbjeđuje zvonjenje.

4.5.2 Integracija opreme u lokomotivama

Upravljačnice A i B su opremljene terminalnom opremom: telefonska slušalica i displej, preko kojih mašinovođa dobija i šalje informacije. Na slici 5. je antena prikazana simbolično (tri antene). U stvarnosti, radi se o jednoj multifunkcionalnoj anteni.



Slika 4. Principijelna šema povezivanja opreme na lokomotivi

Opremljenost je u sklopu ovog projekta predviđena samo za jednu lokomotivu. Puna opremljenost predviđa montažu sljedeće opreme:

- 1 centralnog komunikacionog modula,
- 1 multifunkcionalne antene,
- 2 telefonske slušalice,
- 2 monitora.

5. POSEBNI USLOVI ZA KORIŠTENJE I POKRIVENOST PRUGA GSM SIGNALOM

U okviru Projekta PS03/14 implementirana su rješenja komunikacije dispečer saobraćaja, dispečer elektrovuče – mašinovođa, vozač pružnog vozila – otpravnik vozova.

5.1 Zatvorena VPN grupa

Implementirani sistem operativne telefonije na pružnom pravcu Doboj – Banja Luka, predstavlja konfiguraciju koja ispunjava sve neophodne uslove predviđene za upotrebu GSM komunikacije dispečer saobraćaja – mašinovođa.

Sistem operativne telefonije sastoji se od pet osnovnih elemenata: PBX-R centrala, dispečeri, terminali otpravnika vozova, sistem za snimanje razgovora i mreža za prenos podataka.

Sistem GSM komunikacije realizovan je na način da se dijelom koriste kapaciteti infrastrukture operatera (javna mreža M:tel). Od infrastrukture u vlasništvu Željeznica Republike Srpske koristi se oprema ugrađena na lokomotive (centralni komunikacioni moduli) i centrale IskraTel SI3000 sa pripadajućim GSM Gateway-ima, pri čemu su u module i Gateway-e ubačene SIM kartice M:tel-a, i koristi se M:tel-ova infrastruktura kao spojni put.

Za potrebe sistema GSM komunikacije ugovoreni su specijalni uslovi sa operaterom – poseban APN za zatvorenu VPN grupu, zabrana svih dolaznih poziva, izvan VPN grupe, prema jedinstvenim komunikacionim uređajima sa SIM karticama u lokomotivama. Prilikom definisanja korisničkih zahtjeva i izrade projektnog zadatka, u saradnji s operaterom, konstatovana je potreba da se svi mobilni brojevi, kao i dva fiksna broja koji čine VPN grupu, izoluju od ostatka javne mreže, čime pravo pozivanja ostvaruju samo brojevi unutar posebne VPN grupe (34 mobilna broja i dva fiksna broja).

5.2 Pokrivenost GSM signalom

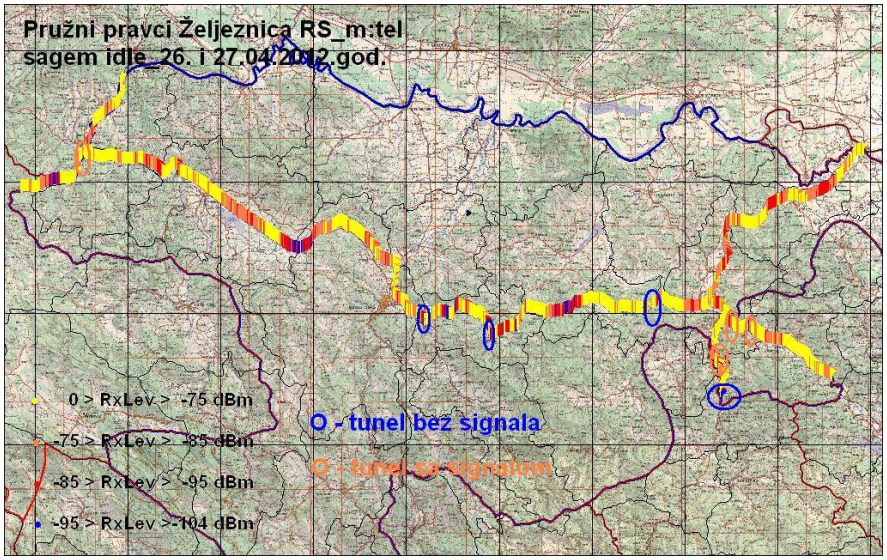
U pripremi projekta, u toku 2012. godine, zajedničkim angažovanjem Željeznica Republike Srpske i operatera (M:tel), izvršena je analiza pokrivenosti pruga GSM signalom, kako bi se utvrdilo da li postoje neophodni preduslovi za upotrebu ovakvog vida komunikacije za potrebe željezničkog saobraćaja.

Tada je ustanovljeno da je pokrivenost zadovoljavajuća, i da postoji nekoliko spornih mjesta (tunela), na kojima dolazi do nestanka signala i prekida komunikacije.

Na slici su plavim krugovima grafički prikazana ta mjesta.

Nakon što je sistem GSM komunikacije pušten u probni rad 2018. godine, i potvrđeni rezultati preliminarnih mjerenja, Željeznice Republike Srpske obratile su se kompaniji M:tel (operater) sa zahtjevom da se izvrše dodatna mjerenja, i, u skladu sa tehničkim mogućnostima, izvrši pokrivanje spornih tunela GSM signalom.

Pokrivanje tunela na prugama ŽRS je od značaja za sam tehnološki proces regulisanja saobraćaja, pri čemu sistem „Upotreba GSM komunikacije na Željeznicama RS“ treba da omogući pouzdanu razmjenu govornih i digitalnih informacija učesnika, i da na taj način doprinese većoj bezbjednosti i redovitosti željezničkog saobraćaja.



Slika 6. Pokrivenost GSM signalom na trasi pruga ŽRS

6. PROPISI

U namjeri da implementirani sistem uskladi sa važećim propisima, Željeznice Republike Srpske obratile su se Regulatornom odboru Željeznica BiH sa zahtjevom za izdavanje dozvole za njegovo korišćenje na prugama ŽRS.

Odgovor je stigao u vidu „Dozvole za korišćenje željezničkih vozila, uređaja, dijelova i opreme za željeznička vozila i uređaja, dijelova i opreme za željezničku infrastrukturu“, kojom je odobreno korišćenje proizvoda „*SI 3000 OBU – lokomotivski radio uređaj*“ na željeznicama na teritorijama Bosne i Hercegovine, pod sljedećim uslovima:

„Proizvod *„SI 3000 OBU (lokomotivski radio uređaj)“*, proizvođača „Iskratel“ Telekomunikacijski sistemi d.o.o. Kranj, Slovenija, koji se sastoji od sljedećih komponenti:

- CKM – Centralni komunikacioni modul SYS-04260
- Mikrotelefonska kombinacija ACME-1EAC
- Multifunkcionalna antena (GSM, GPRS, GPS) TRNC(G)-7-60 i
- Displej za prikaz voznih redova mašinovođi SYS-02520-00

pripada grupi kritičnih proizvoda i ispunjava osnovne zahtjeve propisane Instrukcijom za bezbjednost i interoperabilnost željezničkog sistema BiH („Službeni glasnik BiH“ broj 11/12).

Saglasno Uputstvu o postupku i načinu izdavanja dozvole za korišćenje željezničkih vozila, uređaja, dijelova i oprem za željeznička vozila i uređaja, dijelova i opreme za željezničku infrastrukturu („Službeni glasnik BiH“ broj 82/07), navedeni proizvod ispunjava uslove za izdavanje upotrebne dozvole na period od 1 godine, iz razloga što se podsistema kontrola, upravljanje i signalizacija u vozilu SI 3000 OBU (lokomotivski radio uređaj) po prvi put upotrebljavaju u ŽS BiH.“

Istovremeno, Regulatarni odbor Željeznica BiH je *„Uvjerenjem o klasifikaciji proizvoda“* potvrdio da proizvod *„SI 3000 RINS“*, proizvođača „Iskratel“ Telekomunikacijski sistemi d.o.o. Kranj, Slovenija, ne pripada grupi kritičnih proizvoda, te navedeni proizvod ne podliježe potrebi izdavanja dozvole za korišćenje na željeznicama na teritorijama Bosne i Hercegovine“.

Nakon što su pribavljene dozvole, Željeznice Republike Srpske su donijele *„Privremeno uputstvo za rukovanje telekomunikacionim uređajima u sistemu GSM veza na prugama ŽRS*“, pustile sistem u probni rad i pokrenule proceduru izmjena važećih propisa, da bi se stvorili uslovi za puštanje sistema u redovan rad.

7. ZAKLJUČAK

Željeznice Republike Srpske su implementacijom ovog Projekta željele da izađu iz ustaljenih okvira načina funkcionisanja željezničkog saobraćaja, kako u Bosni i Hercegovini tako i u regionu, i da, na neki način, pokrenu incijativu za prevazilaženje finansijskih i regulativnih prepreka za tehničko-tehnološki napredak.

Postoji želja da se pokaže jedan od načina na koji manje željezničke kompanije, sa ograničenim finansijskim sredstvima, mogu da prate i implementiraju moderna komunikaciona rješenja u okviru željezničkog saobraćaja.

Posao koji predstoji je obiman i odnosi se na pokretanje procedura za izmjenu važećih propisa, kao i na kontinuiranu edukaciju željezničkog osoblja, kako onog koje učestvuje u kreiranju saobraćaja, tako i tehničkog izvršnog osoblja koje radi na održavanju ovog i ovakvih sistema, sve u cilju unaprijeđenja funkcionisanja željezničkog saobraćaja.

8. LITERATURA

Pravilnik 401, o funkcionalnom sistemu veza na mreži pruga ŽRS, ŽRS.

Pravilnik 403, o obimu i vrstama telekomunikacionih veza, uređaja i postrojenja na prugama ŽRS, ŽRS.

Pravilnik 413, Tehnička uputstva za isporuku signalno-sigurnosne i telekomunikacione opreme na magistralnim prugama ŽRS, ŽRS.

Uputstvo 470, o vrstama i upotrebi TK uredjaja i veza, ŽRS.

Projektni zadatak za upotrebu GSM komunikacije na Željeznicama RS, 2017.g.

Projekat izvedenog stanja modernizacije telekomunikacionog sistema uvođenjem GSM komunikacije na Željeznicama RS, 2018.g.

Todorović D, Kecman N, Elaborat opravdanosti implementacije IS Optimus Plus

sa modulima za praćenje saobraćaja i mobilnim komunikacijama, ŽRS, 2013.g.

Privremeno uputstvo za rukovanje telekomunikacionim uređajima u sistemu GSM veza na prugama ŽRS dok je sistem u probnom radu, 2018.g.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

MULTI-CRITERIA FUCOM-MABAC MODEL FOR THE SELECTION OF TANK WAGON FOR TRANSPORT OF THE WHITE OIL DERIVATIVES

VIŠEKRITERIJUMSKI FUCOM-MABAC MODEL ZA IZBOR ŽELEZNIČKIH VAGON CISTERNI ZA PREVOZ BELIH DERIVATA NAFTE

Milan Milosavljević[a], Sandra Kasalica[a], Goran Tričković[a]

[a] *High Railway School of Vocational Studies, Zdravka Čelara 14, Belgrade 11000, Serbia, mimilan89@gmail.com, sandra.kasalica@gmail.com, tricko86@gmail.com*

Abstract: *The volume of transported goods by rail is directly related to the number of railway wagons that the company has in its own park. By expanding the railway park by purchasing new tank wagons, it is possible to increase the volume of transport of oil derivatives by rail. The aim of this paper is the selection of the most suitable tank wagon, which meets all technical and exploitation standards and regulations for traffic on Serbian Railways. This problem is an important multi-criteria task since the selection of the wagon tank directly affects the productivity of work and technological processes, which directly affects the time of manipulation and keeping the wagon on loading or unloading. For this reason, a model has been created consisting of six alternatives and a number of criteria, such as: tank volume, maintenance costs and availability of spare parts. The first part of the model refers to the determination of the weight coefficients of the criteria using the FUCOM method. The second part of the model is based on MABAC method which is used in the evaluation of alternatives. In the final phase of this model, stability of the obtained results was checked through the sensitivity analysis. In addition, a sensitivity analysis involving the application of the ARAS, EDAS and WASPAS methods, which confirm the previously obtained variant ranking.*

Key words: *railway tank wagon, FUCOM, MABAC*

Apstrakt*: Obim prevoza robe železnicom u direktnoj je vezi sa brojem vagona koje preduzeće ima u sopstvenom kolskom parku. Proširenjem kolskog parka nabavkom novih vagon cisterni, omogućava se povećanje obima prevoza naftnih derivata putem železnice. Cilj ovog rada je izbor najpogodnije cisterne koja zadovoljava sve tehničke i eksploatacione standarde i propise za saobraćaj na prugama Železnica Srbije. Ovaj problem je važan višekriterijumski zadatak jer izbor cisterne direktno utiče na produktivnost rada i tehnološke procese čime se direktno utiče na vreme manipulacije i zadržavanje vagona na utovaru ili istovaru. Iz tog razloga kreiran je model koji se sastoji od šest alternativa i određenog broja kriterijuma, kao što su: kapacitet suda, troškovi održavanja i dostupnosti rezervnih delova. Prvi deo modela odnosi se na određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma primenom FUCOM metode. Drugi deo modela zasniva se na korišćenju MABAC metode za određivanje najpogodnije alternative. Poslednja faza modela obuhvata proveru stabilnosti dobijenih rezultata kroz analizu osetljivosti. Pored toga, analiza osetljivosti uključuje primenu još nekih višekriterijumskih metoda poput ARAS, EDAS i WASPAS metode čime se potvrđuje prethodno dobijeno rangiranje alternativa.*

Ključne riječi: *železničke cisterne, FUCOM, MABAC*

1. UVOD

Izbor odgovarajuće cisterne ima direktan uticaj na poslovanje i ostvareni obim prevoza neke kompanije. Pored toga cisterna mora da zadovolji sve postavljene standarde i kriterijume koje nije lako definisati i odrediti njihovu značajnost. Da bi došli do optimalne odluke, kod ovako složenih problema nije moguće ispitivati jedan kriterijum već se zbog kompleksnosti moraju sagledati svi kriterijumi, primenom nekih metoda višekriterijumske analize.

Cilj rada je izbor vagona cisterne za prevoz belih derivata nafte primenom FUCOM-MABAC modela. Određivanje značajnosti težinskih koeficijenata kriterijuma jedan je od najtežih problema koji se može javiti u

modelima višekriterijumske analize. Uzimajući u obzir činjenicu da težina kriterijuma značajno može uticati na ishod procesa donošenja odluka, posebna pažnja mora se posvetiti izboru metode. U ovom radu za određivanje težinskih koeficijenata korišćena je FUCOM metoda, zbog njene široke primene i dobrih rezultata. Postoji veliki broj radova u kojima je korišćena ova metoda poput izbora proizvođača PVC stolarije (Nunić, 2014), izbora viljuškara (Fazlollahtabar i dr., 2019) i izbora najpogodnijeg prevoznog sredstva (Mujkanović i dr., 2019).

MABAC metoda korišćena je za konačno rangiranje alternativa na osnovu definisanih kriterijuma. Ova metoda korišćena je za određivanje najpogodije drumske cisterne (Milosavljević i dr., 2018), izbor pretovarnih sredstava u logističkim centrima (Pamučar i dr., 2015). Posebna pažnja u radu posvećena je ispitivanju stabilnosti dobijenih na promene značajnosti kriterijuma kao i poređenje dobijenih rezultata sa rezultatima drugih metoda poput ARAS, COPRAS, EDAS i WASPAS metode.

2. METODE

U ovom poglavlju biće prikazan detaljan opis FUCOM metode koja je korišćena za određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma i MABAC metode koja je korišćena za izbor najpogodnije cisterne za prevoz belih derivata nafte.

2.1 FUCOM metoda

Full Consistency Method je metoda za određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma (Pamučar i dr., 2018). U stvarnom životu, uporedne vrednosti $a_{ij}=w_i/w_j$ (gde a_{ij} pokazuje relativnu preferenciju kriterijuma i prema kriterijumu j) ne zasnivaju se na tačnim merenjima, već na subjektivnim procenama. FUCOM smanjuje mogućnost grešaka u poređenju na najmanju moguću meru zbog malog broja poređenja (n-1) i definisanih ograničenja pri izračunavanju optimalnih vrednosti kriterijuma. FUCOM pruža mogućnost validacije modela izračunavanjem vrednosti greške za dobijene vektore težine određivanjem DFC. U nastavku predstavljeni su koraci metode (Pamučar i dr., 2018):

Korak 1. Prvi korak predstavlja rangiranje kriterijuma na osnovu definisanih kriterijuma. Rangiranje se vrši na osnovu značajnosti kriterijuma, odnosno počinje se od onog kriterijuma za koji se očekuje da ima najveći uticaj, tj. najveću vrednost težinskog koeficijenta pa do kriterijuma sa najmanjim uticajem. Tako se dobijaju kriterijumi rangirani prema očekivanim vrednostima težinskih koeficijenata:

$$Cj(1) > Cj(2) > \ldots > Cj(k) \qquad (1)$$

gde k predstavlja rang posmatranog kriterijuma. Ako postoji ocena o postojanju dva ili više kriterijuma sa istim značajem, znak jednakosti se stavlja umesto „>“ između ovih kriterijuma u izrazu (1).

Korak 2. U drugom koraku se vrši poređenje rangiranih kriterijuma i određuje se komparativni prioritet kriterijuma ($\varphi k/(k+1)$, k = 1, 2, ..., n, gde k predstavlja rang kriterijuma). Komparativni prioritet ocenjenih kriterijuma ($\varphi k/(k+1)$) je prednost ranga kriterijuma Cj (k) u poređenju sa rangom kriterijuma Cj (k+1). Tako se dobijaju vektori komparativnih prioriteta ocenjenih kriterijuma, kao u izrazu (2):

$$\Phi = \left(\varphi_{1/2}, \varphi_{2/3}, \ldots, \varphi_{k/(k+1)}\right) \qquad (2)$$

gde $\varphi k/(k+1)$ predstavlja značaj (prioritet) ranga kriterijuma Cj (k) u poređenju sa rangom kriterijuma Cj (k+1). Komparativni prioritet kriterijuma definisan je na jedan od dva načina definisana u (Pamučar i dr., 2018).

Korak 3. U trećem koraku izračunavaju se konačne vrednosti težinskih koeficijenata ocenjenih kriterijuma $(w_1, w_2, ..., w_n)^T$. Konačne vrednosti težinskih koeficijenata treba da zadovolje dva uslova:

- odnos težinskih koeficijenata jednak je komparativnom prioritetu između posmatranih kriterijuma ($\varphi k/(k+1)$) definisanih u koraku 2; tj. mora biti ispunjen sledeći uslov:

$$\frac{\omega_k}{\omega_{k+1}} = \varphi_{\frac{k}{k+1}} \qquad (3)$$

- Pored uslova (3), konačne vrednosti težinskih koeficijenata treba da zadovolje uslov matematičke tranzitivnosti; tj. da $\varphi k/(k+1) \otimes \varphi(k+1)/(k+2) = \varphi k/(k+2)$. Kako je $\varphi_{k/(k+1)} = \frac{\omega_k}{\omega_{k+1}}$ i $\varphi_{(k+1)/(k+2)} = \frac{\omega_{k+1}}{\omega_{k+2}}$, onda je $\frac{\omega_k}{\omega_{k+1}} \otimes \frac{\omega_{k+1}}{\omega_{k+2}} = \frac{\omega_k}{\omega_{k+2}}$. Tako se dobija još jedan uslov da se zadovolje konačne vrednosti težinskih koeficijenata ocenjenih kriterijuma, i to:

$$\frac{\omega_k}{\omega_{k+2}} = \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} \qquad (4)$$

Na osnovu definisanih podešavanja, konačan model za određivanje konačnih vrednosti težinskih koeficijenata definisanih kriterijuma može se definisati.

$$\begin{gathered} min\chi \\ \left|\frac{\omega_k}{\omega_{k+1}} - \varphi_{k/(k+1)}\right| \leq \chi \\ \left|\frac{\omega_k}{\omega_{k+2}} - \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)}\right| \leq \chi \\ \sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1\,;\, \omega_j \geq 0, \forall j \end{gathered} \qquad (5)$$

Rešavanjem modela (5) generišu se konačne vrednosti težinskih koeficijenata ocenjenih kriterijuma (w_1, w_2, ..., w_n)^T i stepena DFC (χ).

2.2 MABAC metoda

Multi-Attributive Border Approximation area Comparison metoda je metoda novijeg datuma, koja je prvi put predstavljena 2015. godine. Osnovna postavka metode MABAC ogleda se u definisanju udaljenosti kriterijumske funkcije svake posmatrane alternative od granične aproksimativne oblasti (Pamučar i Ćirović, 2015). U narednom delu prikazan je algoritam sprovođenja metode MABAC, odnosno njena matematička formulacija, koja se sastoji iz 6 koraka (Božanić i Pamučar, 2016):

Korak 1. Formiranje početne matrice odlučivanja *X*. U ovom koraku vrši se evaluacija m alternativa po n kriterijuma. Alternative su prikazane vektorima A_i, gde je x_{ij} vrednost *i-te* alternative po *j-tom* kriterijumu (i=1, 2, …, m; j=1, 2, …, n)

Korak 2. Normalizacija elemenata početne matrice *X*.

Korak 3. Izračunavanje elemenata otežane matrice *V*.

Korak 4. Određivanje matrice graničnih aproksimativnih oblasti *(G)*. Granična aproksimativna oblast za svaki kriterijum određuje se prema izrazu:

$$g_i = \left(\prod_{j=1}^{m} v_{ij}\right)^{1/m} \qquad (6)$$

gde v_{ij} predstavljaju elemente otežane matrice *V*, a *m* predstavlja ukupan broj alternativa.

Korak 5. Proračun elemenata matrice udaljenosti alternativa od granične aproksimativne oblasti *Q*. Udaljenost alternativa od granične aproksimativne oblasti određuje se kao razlika elemenata otežane matrice *V* i vrednosti graničnih aproksimativnih oblasti *G*.

Korak 6. Rangiranje alternativa. Proračun vrednosti kriterijumskih funkcija po alternativama dobija se kao suma rastojanja alternativa od graničnih aproksimativnih oblasti q_i. Sabiranjem elemenata matrice *Q* po redovima dobijaju se konačne vrednosti kriterijumskih funkcija alternativa (7):

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} q_{ij}\,, j = 1,2,\dots,n, i = 1,2,\dots m \qquad (7)$$

gde *n* predstavlja broj kriterijuma, *m* predstavlja broj alternativa.

3. IZBOR ŽELEZNIČKIH VAGON CISTERNI ZA PREVOZ BELIH DERIVATA NAFTE

Optimalan izbor vagona cisterne za prevoz belih derivata nafte, zavisi najviše od preciznog određivanja i izbora odgovarajućih kriterijuma i njihove procene. Nakon definisanja kriterijuma, drugi podjednako značajan zadatak, je određivanje važnosti svakog od kriterijuma prilikom donošenja odluke. Cilj rada je određivanje najpogodnijeg vagona cisterne za prevoz belih derivata nafte. Ovi derivati prevoze se železničkim vagonima serije Z - cisternama. Pod pojmom „beli derivati nafte“ podrazumevaju se: dizel gorivo (UN 30/1202), benzin (UN 33/1203), gorivo za mlazne motore (UN 30/1863), METIL-terc-BUTILETAR (UN 33/2398) i ostali derivati nafte koji zahtevaju kod suda "L4BH“.

Železnički vagoni serije Z moraju da ispoštuju sve neophodne tehničke podatke u skladu sa standardom UIC 573 za projektovanje i izgradnju vagon cisterni (UIC 573, 2008), kao i propisima RID i standardima EN 12561 od 1 do 8 (SRPS EN 12561, 2012; RID, 2015). Materijali koji se koriste za izgradnju cisterni moraju da

odgovaraju propisima RID, UIC i nacionalnim propisima Republike Srbije. Osnovni zahtev koji cisterne moraju da zadovolje je da imaju rezervoar (sud) sa klasifikacionim kodom „L4BH“. Noseća struktura vagona sastoji se od donjeg postolja, kotla i veze kotla sa donjim postoljem.

3.1 Kriterijumi

U ovom radu predstavljeno je ukupno šest kriterijuma koje su autori izdvojili kao najznačajnije prilikom nabavke novih cisterni.

- **C_1 - cena (€)**. Ovaj kriterijum je najčešće jedan od prioritetnijih kriterijuma kada se radi o nabavci novih vozila, bez obzira na neke tehničke parametre koji mogu uticati mnogo više na poslovanje u budućnosti. Kriterijum je minimizacionog tipa i predstavljen je okvirnim cenama vagona cisterni na tržištu, različitih proizvođača. Veliki broj cisterni se ne nalaze u vlasništvu određenih kompanija već se iznajmljuju po određenim cenama po danu.
- **C_2 - kapacitet suda (m^3)**. Kriterijum je maksimizacionog tipa i iskazuje se kroz količinu utovarenih naftnih derivata po jednom vagonu.
- **C_3 - sopstvena masa kola (t).** Drugi tehnički kriterijum pored kapaciteta suda od koga zavisi masa natovarenog vagona. Sopstvena masa kola direktno utiče na utovarnu masu, odnosno na kapacitet suda. Veća sopstvena masa kola jednaka je manjoj utovarnoj masi i manjoj količini natovarenih belih derivata nafte. Kriterijum je minimizacionog tipa.
- **C_4 - radna temperatura (opisna ocena).** Kriterijum koji je prikazan kroz dve vrednosti, miminalnu i maksimalnu radnu temperaturu pri kojoj se cisterna može koristiti. Kriterijum je maksimizacionog tipa, čime se potvrđuje da je cisterna bolja ukoliko se može koristiti u različitim vremenskim uslovima i otpornija je na visoke i niske temperature. Prikazan je kroz minimalnu i maksimalnu radnu temperaturu, koja je kasnije pretvorena u brojne vrednosti putem Likertove skale (Tabela 1).
- **C_5 - dužina preko odbojnika (m).** Kriterijum je posmatran sa dva aspekta, kako dužina vagona utiče na ukupnu dužinu voza i na stabilnost tovara. Ovo je važno iz razloga što broj kola u vozu direktno utiče na obim rada dok stabilnost kola indirektno utiče na bezbednosti saobraćaja. Kriterijum je minimizacionog tipa.
- **C_6 - uslovi održavanja (opisna ocena).** Opisni kriterijum definisan Likertovom skalom, obuhvata dve celine: tehničku garanciju vagona i uslove održavanja. Uslov koji se postavlja prilikom nabavke novih cisterni je da garantni rok iznosi minimum 24 meseca od puštanja u saobraćaj za normalne uslove eksploatacije. Garantni rok počinje da teče od datuma primopredaje vagona cisterni između naručioca i isporučioca. Uslovi održavanja se sastoje od troškova održavanja vagona, načina održavanja i dostupnosti rezervnih delova za svakog proizvođača vagona. Kriterijum je maksimizacionog tipa.

Likertova skala za određivanje ocena pojednih kriterijuma prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1. Likertova skala

Lingvistička vrednost	Brojna vrednost
Veoma dobra (VD)	9
Dobra (D)	7
Srednja (S)	5
Loša (L)	3
Veoma loša (VL)	1

Pored definisanih kriterijuma postoji veliki broj parametara i tehno-eksploatacionih karakteristika vagona koji bi se mogli uzeti u razmatranje. Maksimalna brzina kretanja vagona kod svih tipova vagona iznosi 100 km/h pa ona nije uzimana u razmatranje kao kriterijum. Takođe maksimalno opterećenje po osovini kod svih vagona iznosi 22,5t pa ni ovaj kriterijum nema nikakav uticaj na konačnu ocenu. Jednostavnost manipulacije je kriterijum koji obuhvata jednostavnost upotrebe cisterni prilikom utovara, postavljanje na utovarni kolosek, brzinu punjenja cisterni pri određenoj tehnologiji rada, vrstu opreme kao i mogućnost istovremenog punjenja više cisterni. Takođe, ovaj kriterijum obuhvata i podatak da li se cisterna puni kroz malnoh kotla po principu “bottom loading”. Ovaj kriterijum nije uziman u razmatranje jer postoji velika sličnost kod svih alternativa zbog definisanih standarda koje vagoni moraju da ispune.

Takođe za neke od kriteijuma koji bi mogli biti značajni prilikom donošenja odluke nije bilo moguće doći do podataka pa nisu uzeti u razmatranje. Neki od tih kriterijuma su: ekološki kriterijum koji obuhvata uticaj i procenu rizika koji vagon ima na životnu sredinu, nivo buke koju vagoni proizvode i uticaj na okruženje, minimalna debljina suda, visina do priključka za pražnjenje vagona cisterne.

3.2 Alternative

Alternative predstavljaju železnički vagoni - cisterne serije Z koje se koriste za prevoz tečnih tereta, gasova i materija koji pri višim temperaturama prelaze u tečno stanje (mazut, bitumen). Pojedini vagoni su opremljeni grejačima radi lakšeg istovara, dok svaki od ovih vagona ima svoju namenu, odnosno obeleženi su za koju vrstu robe su namenjeni. Na ove vagone postavlja se tabla opasnosti narandžaste boje na kojoj je označena vrsta robe koja se prevozi, kao i listice opasnosti. Podserije vagona imaju sledeće značenje: a - četvoroosovinska kola, c - istovar pod pritiskom, n - granica tovarenja je veća od 60 t, e - sa uređajima za zagrevanje, s - brzina do 100 km/h.

U radu su posmatrane cisterne čiji se kapacitet suda nalazi u intervalu 75-90 m^3 i čija masa natovarenog vagona iznosi 90 t. Drugi parametar je uslovio da se u razmatranje uzima i vagon cisterna proizvođača Đuro Đaković iako je njen kapacitet suda 45 m^3. Za potrebe ovog rada razmatrane su sledeće vrste železničkih vagona cisterni:

- A_1 - Vagon serije Zacens proizvođača Feldbinder Nemačka,
- A_2 - Vagon serije Zans proizvođača Tatravagonka Slovačka,
- A_3 - Vagon serije Zacens proizvođača Tatravagonka Slovačka,
- A_4 - Vagon serije Zacns proizvođača GreenBrier Ruminija,
- A_5 - Vagon serije Zacns proizvođača Legios Loco Češka Republika,
- A_6 - Vagon serije Zancs proizvođača Đuro Đaković Hrvatska.

3.3 Određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma primenom FUCOM metode

Težinski koeficijenti kriterijuma proračunati su na primenom FUCOM metode, dok su značajnosti kriterijuma definisani u početnom koraku metode dobijeni na osnovu razgovora sa ekspertima iz oblasti železničkog saobraćaja i zaposlenih u Naftnoj Industriji Srbije.

Korak 1. Rangiranje kriterijuma na osnovu značajnosti kriterijuma

$$C_2 > C_3 > C_1 > C_6 > C_5 > C_4 \qquad (8)$$

Iz koraka 1 može se videti da najveći značaj imaju kapacitet suda i sopstvena masa kola, pa tek onda cena vagona, dok je najmanje značajan kriterijum radne temperature.

Korak 2. U ovom koraku vrši se poređenje kriterijuma u odnosu na prvorangirani kriterijum C_2. Poređenje se zasniva na skali [1-6]. Značajnost kriterijuma predstavljen je u tabeli 1.

Tabela 1. Značajnost kriterijuma

Kriterijum	C_2	C_3	C_1	C_6	C_5	C_4
$\omega C_{j(k)}$	1	1,5	2,5	3,6	4,7	5,6

Na osnovu definisanih značajnosti kriterijuma u odnosu na najznačajniji kriterijum, izračunati su komparativni prioriteti kriterijuma.

$$\varphi_{2/3} = \frac{1,5}{1} = 1,5,\ \varphi_{3/1} = \frac{2,5}{1,5} = 1,67,\ \varphi_{1/6} = \frac{3,6}{2,5} = 1,44,$$

$$\varphi_{6/5} = \frac{4,7}{3,6} = 1,31,\ \varphi_{5/4} = \frac{5,6}{4,7} = 1,19$$

Korak 3. Izračunavanje konačnih vrednosti težinskih koeficijenata ocenjenih kriterijuma. Da bi dobili konačne vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma, moraju biti zadovoljena dva uslova:

- konačne vrednosti težinskih koeficijenata moraju da zadovolje uslov iz jednačine (3).

  $$\frac{\omega_2}{\omega_3} = 1,5,\ \frac{\omega_3}{\omega_1} = 1,67,\ \frac{\omega_1}{\omega_6} = 1,44,\ \frac{\omega_6}{\omega_5} = 1,31,\ \frac{\omega_5}{\omega_4} = 1,19$$

- pored uslova (3), konačne vrednosti težinskih koeficijenata treba da zadovolje uslov matematičke tranzitivnosti (4).

  $$\frac{\omega_2}{\omega_1} = 1,5\text{x}1,67 = 2,5,\ \frac{\omega_3}{\omega_6} = 1,67\text{x}1,44 = 2,4,$$

  $$\frac{\omega_1}{\omega_5} = 1,44\text{x}1,31 = 1,88,\ \frac{\omega_6}{\omega_4} = 1,31\text{x}1,19 = 1,56$$

Korišćenjem jednačine (5) možemo definisati konačan model za određivanje vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma.

$$min\chi$$

$$\left|\frac{\omega_2}{\omega_3}-1{,}5\right|\le\chi,\ \left|\frac{\omega_3}{\omega_1}-1{,}67\right|\le\chi,\ \left|\frac{\omega_1}{\omega_6}-1{,}44\right|\le\chi,\ \left|\frac{\omega_6}{\omega_5}-1{,}31\right|\le\chi,\ \left|\frac{\omega_5}{\omega_4}-1{,}19\right|\le\chi,$$

$$\left|\frac{\omega_2}{\omega_1}-2{,}5\right|\le\chi,\ \left|\frac{\omega_3}{\omega_6}-2{,}4\right|\le\chi,\ \left|\frac{\omega_1}{\omega_5}-1{,}88\right|\le\chi,\ \left|\frac{\omega_6}{4}-1{,}56\right|\le\chi,$$

$$\sum_{j=1}^{6}\omega_j=1\,;\omega_j\ge 0,\forall j$$

Rešavanjem modela dobijaju se konačne vrednosti težinskih koeficijenata prikazanih u tabeli 2 (0,1462; 0,3655; 0,2437; 0,0653; 0,0777; 0,1016)^T i vrednost DFC-a koji iznosi χ=0,000065. Model je rešavan primenom softvera Lingo 18.0.

Tabela 2. Vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma

Kriterijum	C_2	C_3	C_1	C_6	C_5	C_4
ω_j	0,3655	0,2437	0,1462	0,1016	0,0777	0,0653

3.4 Izbor najpogodnije vagon cisterne primenom MABAC metode

Model izbora najpogodnije vagon cisterne za prevoz belih derivata nafte rešavan je primenom MABAC metode. Početna tabela modela sastoji se od šest alternativa i šest kriterijuma koji su opisani u prethodnim poglavljima. Vrednosti kriterijuma za posmatrane alternative iskazani su Likertovom skalom i poznatim vrednostima i predstavljeni su u tabeli 3.

Tabela 3. Vrednosti kriterijuma za posmatrane alternative

Alternative	C_1 (€)	C_2 (m^3)	C_3 (t)	C_4	C_5 (m)	C_6
A_1	87500	75	23,7	7	16140	3
A_2	83000	88	21,4	3	15520	7
A_3	80000	80	26,1	3	16700	7
A_4	78000	87	21,4	7	15130	3
A_5	74000	88	20,8	9	15000	5
A_6	90000	45	19,5	5	12800	9

Praćenjem koraka MABAC metode objašnjenih u poglavlju 2.2 urađen je model višekriterijumske analize. U radu neće biti detaljno opisani rezultati po koracima već će samo biti predstavljen korak 4, određivanje matrice graničnih aproksimativnih oblasti *(G)*, u kojoj se najviše ogleda specifičnost ove metode. Rezultati modela biće predstavljeni u narednom poglavlju. Matrica granične aproksimativne oblasti predstavljena je tabelom 4.

Tabela 4. Matrica graničnih aproksimativnih oblasti

G	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
	0,2126	0,6223	0,3802	0,0912	0,1047	0,1419

4. REZULTATI MODELA

Na osnovu prethodno definisanih ulaznih parametara kriterijuma i određivanja težinskih koeficijenata, dobijeni su rezultati MABAC metode. Rešavanjem modela kao najpogodnija alternativa dobijena je alternativa A_5 - vagon cisterne serije Zacns proizvođača Legios Loco. Alternativa A_5 je najpogodnija po kriterijumima: kapaciteta suda, sopstvena masa i cena, a uzimajući u obzir i značajnost kriterijuma (tri najznačajnija kriterijuma), ovakvi rezultati su mogli biti očekivani. Dobijeni rezultati mogu da se predstave i na sledeći način (Tabela 5).

Tabela 5. Potpuni poredak alternativa kod MABAC metode

Alternativa	Si	Rang
1	-0,1316	6
2	0,1415	3
3	-0,0962	4
4	0,1622	2
5	0,2876	1
6	-0,1080	5

4.1 Analiza osetljivosti

Dobijanje konačnog rešenja primenom neke metode višekriterijumske analize nije dovoljan pokazatelj da je ta alternativa najpogodnija. Pored toga potrebno je ispitati kako se dobijeno rešenje menja u zavisnosti od promene težinskih koeficijenata kriterjuma odnosno izvršiti analizu osetljivosti dobijenih rezultata i prikazati njihovu stabilnost. Promene u konačnim rangovima alternativa pri različitim scenarijima korišćenjem MABAC metode prikazane su tabelom 6.

Tabela 6. Rangiranje alternativa za različite scenarije

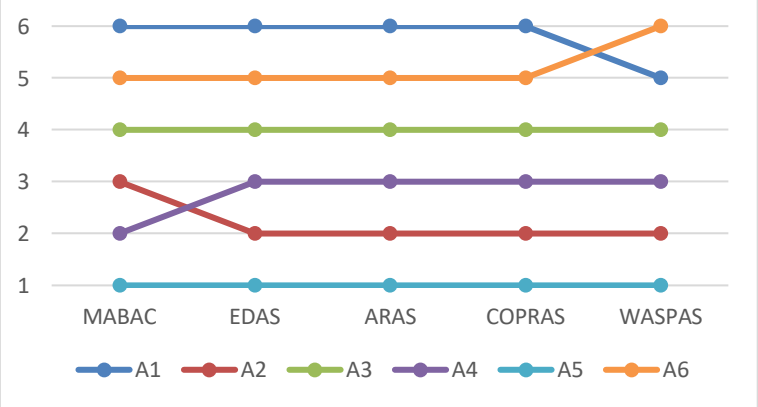
Alternative	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
A_1	6	6	5	5	3	5	6	6
A_2	3	3	3	4	5	4	3	4
A_3	4	4	4	6	6	6	4	5
A_4	2	2	2	3	2	3	5	2
A_5	1	1	1	1	1	2	2	1
A_6	5	5	6	2	4	1	1	3

Ukupan broj scenarija je 7 (S_1-S_7). Ovi scenariji prikazuju promenu rangova alternativa u slučajevima kada jedan kriterijum ima značajno veću važnost u odnosu na ostale (na pr. S_1 - kriterijum C_1 ima vrednost 0,5 a svi ostali imaju vrednost 0,1). Scenario S_7 znači da svi kriteriumi imaju jednaku vrednost koja iznosi 0,1667 a scenarijom S_0 predstavljeni su rezultati FUCOM-MABAC modela.

Kao što se može videti iz tabele 6 postoji relativno dobra stabilnost dobijenog rešenja na promene težinskih koeficijenata. Alternativa A_5 je na prvom mestu u 6 od 8 slučajeva (75%) dok je u ostala dva slučaja na drugom mestu. Alternativa A_1 je najčešće na poslednjem ili predposlednjem mestu (88%), dok su ostale alternative u većoj meri osetljive na promene vrednosti težinskih koeficijenata.

4.2 Poređenje između metoda

Pored ispitivanja stabilnosti rešenja na promene vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma, stabilnost se može proveriti i primenom drugih metoda na posmatrani problem. U tu svrhu korišćene su metode: ARAS (Zavadskas i Turskis, 2010), EDAS (Ghorabaee i dr., 2015), WASPAS (Zavadskas i dr., 2012), i COPRAS (Zavadskas i dr., 2018), dok je poređenje prikazano na slici 1.



Slika 1. Poređenje alternativa po metodama

Kao što se može videti sa grafika stabilnost rešenja pri zadatim parametrima je u potpunosti zadovoljena. Kod svih metoda alternativa A_5 nalazi se na prvom mestu, alternativa A_3 na četvrtom, dok je A_1 na poslednjem mestu, osim kod WASPAS metode gde je na petom mestu.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom radu predstavljeni su rezultati istraživanja kojim se pokazuje praktična primenjivost višekriterijumskih metoda u donošenju svakodnevnih odluka. FUCOM-MABAC model se prikazao kao jako efikasan za određivanje najpogodnije alternative prilikom nabavke novih vagona cisterni. Kao što vidimo iz rezultata, najbolja alternativa je A5 - cisterna proizvođača Legios Loco. Analizom osetljivosti pokazalo se da ovo rešenje ima stabilnost pri promeni težina kriterijuma. Upoređivanjem rezultata MABAC i drugih MCDM metoda predstavljena je validacija modela. Konačno, nakon validacije modela, slobodno se može reći da peta alternativa zaista predstavlja najpovoljnije rešenje, jer su svi bitni kriterijumi koji su gore navedeni u velikoj meri ispunjeni.

Buduća nadogradnja ovog modela ogleda se u detaljnijoj analizi ulaznih parametara i uključivanju većeg broja eksperata u evaluaciju posmatranih kriterijuma. Takođe, u budućem istraživanju FUCOM metoda bi mogla biti povezana sa drugim MCDM metodama kao i uključivanje teorije grubih ili nejasnih brojeva.

6. LITERATURA

Božanić, D., Pamučar, D., & Karović, S. (2016). Use of the fuzzy AHP - MABAC hybrid model in ranking potential locations for preparing laying-up positions. Vojnotehnički glasnik, 64(3), 705-729.

Ghorabaee, M. K., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-Criteria Inventory Classification Using a New Method of Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS). Informatica, 26(3), 435-451.

Fazlollahtabar, H., Smailbašić, A., & Stević, Ž. (2019). FUCOM method in group decision-making: Selection of forklift in a warehouse. Decision Making: Applications in Management and Engineering, 2(1), 49-65.

Pravilnik o međunarodnom prevozu opasnih materija železnicom (RID) (2015). Konvencija o međunarodnim železničkim prevozima (COTIF), Službeni glasnik Republike Srbije.

Milosavljević, M., Kasalica, S., & Matić, M. (2018). The selection of optimal transport vehicle using multi criteria decision making methods. International Conference on Management, Engineering and Environment (ICMNEE 2018), 52-66.

Mujkanović, A., Rahmanović, A., Nunić, Z., Stević, Ž., & Sremac, S. (2019). Selection of transportation mean using integrated FUCOM-ARAS model. 12th International Conference of Iranian Operations Research Society, 1-5.

Nunić, Z. (2018). Evaluation and selection of Manufacturer PVC carpentry using FUCOM-MABAC model. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, 1(1),13-28.

Pamučar, D., Ćirović, G. (2015). The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). Expert systems with applications, 42(6), 3016-3028.

Pamučar, D., Stević, Ž., & Sremac, S. (2018). A new model for determining weight coefficients of criteria in mcdm models: Full consistency method (fucom). Symmetry, 10(9), 1-22.

SRPS EN 12561 (2012). Primene na železnici - Vadon cisterne - Deo 1. Identifikacione pločice vagon-cisterni za prevoz opasne robe, Službeni glasnik Republike Srbije.

UIC code 573 (2008). Technical conditions for the construction of tank wagons. International Union of Railways, 1-24.

Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Turskis, Z., & Tamošaitien, J. (2008). Selection of the effective dwelling house walls by applying attributes values determined at intervals. Journal of Civil Engineering and Management, vol. 14, 85-93.

Zavadskas, E. K., Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. Technological and economic development of economy, 16 (2), 159-172.

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., & Zakarevicius, A. (2012). Optimization of weighted aggregated sum product assessment. Electronics and electrical engineering, 6 (122), 3-6.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

PARAMETER ESTIMATION OF PAIRS IN LINESIDE RAILWAY CABLE FOR SHDSL APPLICATIONS

Jevtić Sanja[a], Jevtić Dragan[b], Bursać Marko[a], Ilić Ana[c]

[a] *High Railway School of Vocational Studies, Zdravka Čelara 14, Belgrade 11000, Serbia, jevtic.sanja@gmail.com, markobursac1987@gmail.com*

[b] *Affiliation Infrastrucure of Serbian Railways, Nemanjina 6, Belgrade 11000, Serbia, jevtic.dragan@gmail.com*

[c] *Institute of Transportation, Nemanjina 6, Belgrade 11000, Serbia, ilica@sicip.co.rs*

Apstract: *Aim of this paper is to define certain parameters of nonstandard copper cables used for SHDSL link. As much as the railway environment is burdened by overhead contact line it is also aided by the quality of cables and their protection. By testing the pairs and their parameters for given rates on SHDSL links, the aim is to derive parameters of transmission over these pairs of nonstandard length, diameters, and isolation. In the era of optical cables, existing railway cables would survive and gain in significance for future connection of end elements in the field to its belonging subnetworks, especially in cases where remote power supply of elements should be provided.*

Key words: *lineside railway cables, SHDSL*

1. INTRODUCTION

SHDSL modems are present on Serbian railways for over a decade. Their robust design and ability to work in not partivulary conditioned enviromnments gave them a special advantage. These modems in combination with proprietary railway cables (lineside railway copper cables) provided a certain backbone for specific railway applications with not consuming spreams. These cables are of noncharacteristic diameters (higher than the diameters used by operators). Their primary uses were to be the low frequency (voice – base band) applications – mostly railway party lines. Thus these wire diameters were not covered with the Recommendation ITU-T G.991.2 (ITU-T 991.2, 2003). The aim of this paper is to evaluate, in the term of parameters, the possibilities of cables. Since the modems in use are old type (mostly) only TC-PAM 16 will be included in further discussions.

If a (ITU-T 991.2, 2003) is considered a following figure could be drawn. Fig 1. depicts length (reach) of line for various payloads and types of loops, and test frequencies as well (test frequency is chosen to be the typical mid band frequency in the spectrum). The use of cables by these modems are tested using a set of frequencies – 18, 30, 56, 100, 150, 240, 300, 420 and 550kHz. As is expected the higher the payload the lower is the insertion loss tolerated in real applications.

According to recommendation mentioned the loop that resembles the most, the type of loop used in railway application is loop #5. But to be precise this is the loop with the highest diameter of the pairs discussed in recommendation (PE 0.8mm). The cables used on railway lines in Serbia are with air paper insulation (AP) and with diameters of 0.9 mm and 1.2mm.

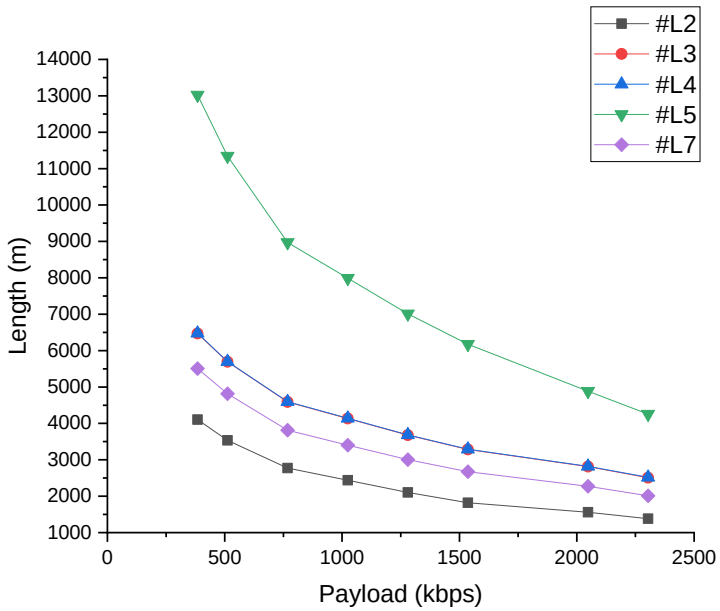


Figure 1. Payload vs length of span, for various loop types (noise model B, C and D). Points 384-1536 kbps @159kHz and 2048 kbps and 2304 kbps @200kHz (symetrical).

Previous work done on the estimation of these cables is depicted in (Jevtić et al, 2018) and is related to this paper. To further enhance the knowledge of these cables in SHDSL applications a characteristic impedance should be discussed as well as attenuation - α as a part of transmission constant γ (equations 1-5). In following equations Zo is impedance measured with no load (short circuit) and Z_∞ is a impedance with the open circuit. R', G', C' and L' are resistance, admittance, capacitance and inductivity of the cable per km. As it is clearly shown impedance depends on frequencies used in transmission process.

$$Z = \sqrt{Z_0 Z_\infty} \tag{1}$$

$$|Z| = \sqrt[4]{\frac{R'^2+\omega^2 L'^2}{G'^2+\omega^2 C'^2}} \text{ or } |Z| = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \text{ for higher } \omega \tag{2}$$

$$\underline{\gamma} = \sqrt{(R'+j\omega L')(G'+j\omega C')} = \alpha + j\beta \tag{3}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\cdot(RG-\omega^2 LC) + \frac{1}{2}\cdot\sqrt{(R^2+\omega^2 L^2)(G^2+\omega^2 C^2)}} \tag{4}$$

$$\beta = \omega\sqrt{L'\cdot C'} \tag{5}$$

Mentioned equations are derived from a well known cable model, based on primary parameters of the cable (R', G', C' and L' per km). In order to further estimate these parameters for cable with AP insulation and with characteristic diameters following formalism (equations 6-11) for symmetrical pairs is included in this estimation including a pairs diameter and distance among the conductors according to (Damjanović and Krstić, 1985).

$$R' = Ro\left[k_1(x) + \frac{G(x)}{1+\left(\frac{d}{a}\right)^2\cdot H(x)}\left(\frac{d}{a}\right)^2\right] [\Omega/km], \tag{6}$$

$$Ro = R_{20}(1+\alpha(t-20°)) \tag{7}$$

In previous equations R_0 is a resistance at direct current, α is a temperature coefficient per °C (for Cu 0.00393 1/°C), d is a diameter of the conductor and a is a distance between conductors; k1(x), G(x), H(x) are given in tables (Damjanović and Krstić, 1985) for a variable x (7).

$$x = 7.09\sqrt{\frac{\mu_r f}{10^4 Ro}} \tag{8}$$

μr –relative magnetic permeability of the material (for Cu $4\pi 10^{-7}$ H/m), and f is a working frequency.

Capacity is determined from (9)

$$C' = 0.0161 \frac{\varepsilon_r}{\log\left(\frac{a}{r}-1\right)\cdot\lambda} \cdot 10^{-6}[F/km]$$

Where ε_r is relative dielectric constant of the insulator (AP; 1.1-1.5), λ – coefficitient dealing with the existance of other conductors in the cable (in most cases it is 1.25), a- distance among conductors, r – radius of the conductor. (9)

Admitance for a symmetrical pair is described with (9)

$$G' = (G_0' + \omega C' tg(\delta))\ [S/km] \quad (10)$$

and tg(δ) is a loss angle of insulation material (AP; ~113x10^{-4} @100kHz and ~160x10^{-4} @250kHz as in (Obradović, 1995)), ω - circular frequency and C' is a capacitance per km. Since Go is admittance for direct current it could be disregarded.

Inductance of the cable is a consequence of the inner and outer fields. It could be estimated as (10), where $k_2(x)$ is a value given in (Damjanović and Krstić, 1985) for a variable x while other variables mentioned in (19) have already been named.

$$L' = \left[0.92 \log\left(\frac{a}{r}\right) + 0.1 \cdot k_2(x) \cdot \mu_r\right] \cdot 10^{-3}[H/km] \quad (11)$$

2. METHODS

Figure 1 showed what a potential transmission possibilities are for a specific loop with various diameters. Cables mentioned in these loops are with PE insulators vs cables used in railway network that use air paper insulation of pairs. Using recommendation data (ITU-T 991.2, 2003) and a set of equation mentioned the aim is to calculate certain values further describing the possibilities of the cable.

For the first approximation, values presented in Table 1 were used (FKS-ŽS-001, 2013) and (Damjanović and Krstić, 1985).

Table 1. Values of cable parameters.

Diameter of the wire	1.2 (mm)	0.9 (mm)
Resistance at 20°C (Ω/km)	31.2	55.2
Capacity @800Hz (nF/km)	26.5	34
Zc @120kHz (Ω)	174	-
Attenuation (min) (dB/km)		
@120kHz	1.91	-
@250kHz	2.78	-
d/a	~0.4	
ε_r (air paper)	1.5	
λ	1.25	
tg(δ) x 10^{-4}		
@100kHz	113	
@250kHz	160	

Using these and other mentioned data parameter x (8) is estimated to be ~0.017 for 1.2mm diameter and ~0.013 for 0.9 mm diameter at working frequency 150kHz. Values in (Damjanović and Krstić, 1985) for this are approximately $k_1(x)$~1, $k_2(x)$~1, G(x)~$x^4/64$ and H(x)~0,0417. This will enable further estimation of mentioned values.

Since some of the data is not presented in references for 0.9 diameter the starting point from now on in the term of diameters will be 1.2mm @150kHz.

Modems used (Watson 5) calculate the SQ (noise margin) by substracting the calculated SNR1signal to noise (this one is calculated by transceiver by analysing the error correction bits – trellis bits in the line code) and SNR0 (signal to noise ration that gives a bit error rate of 10 $^{-7}$in the presence of average white Gaussian noise; for TC-Pam 16 theoretical value is 27.7dB). The link attenuation is calculated by the modem under assumption of PE 0.4mm at 150kHz or 200kHz (Watson 5, 2006). Having this in mind a comparation will be made between the data from field and data from the Recommendation (ITU-T 991,2, 2003).

Usig data from modems in use (their signal quality and attenuation) an estimation will be made of the payload/length of the railway cables (STKA). The estimation will be done using fitting of data with exponential curves. First an estimation of data from recommendation will be used to best set a function for fitting.

3. RESULTS

Following the formalisms and data given previously some parameters of the cable pairs were calculated (table 2).

Table 2. Calculated values

Diameters (mm)	1.2	0.9
Zc (Ω)	141.56	
α (at 150kHz)	0.09433442	0.146524991

The attenuation itself in the dB is to be calculated from (12)

$$a = 20 \log\left(\frac{U_0}{U_1}\right) = 20\ log\ (\frac{U_0}{U_0 \cdot e^{\alpha \cdot L}}) = const * \alpha * \text{L} \qquad (12)$$

U_1 is the voltage at the distance L from the beginning of the line, U_0 is a voltage at the beginning.

The figure 2 shows linear fit for Y (electrical length in dB@150kHz@135Ω) vs estimated length of span in meters for the loop#5.

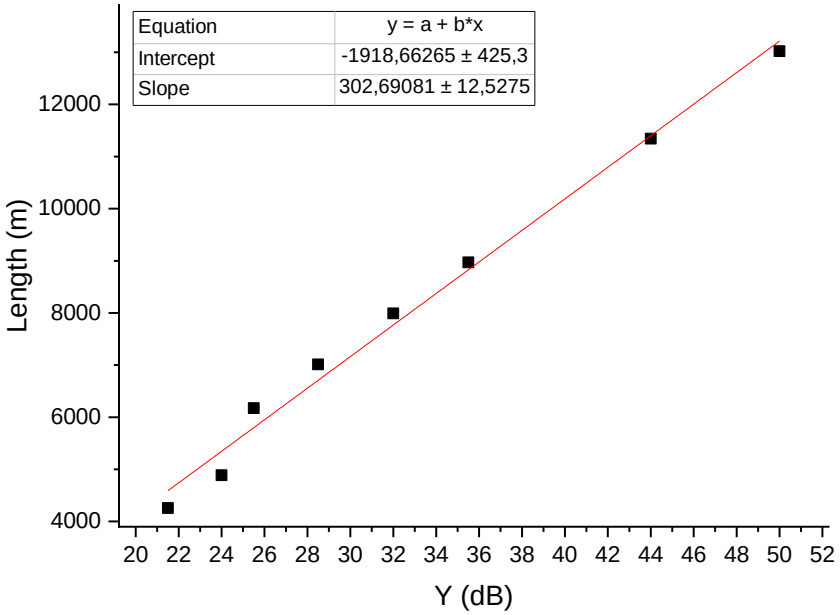


Figure 2. Values of length vs Y for the loop#5 (ITU-T 991,2, 2003) represented with dots and a linear fit of the dependence (red line).

Figure 3 depicts the exp dependence of bit rate and electrical length with characteristic fiting parameters (13).

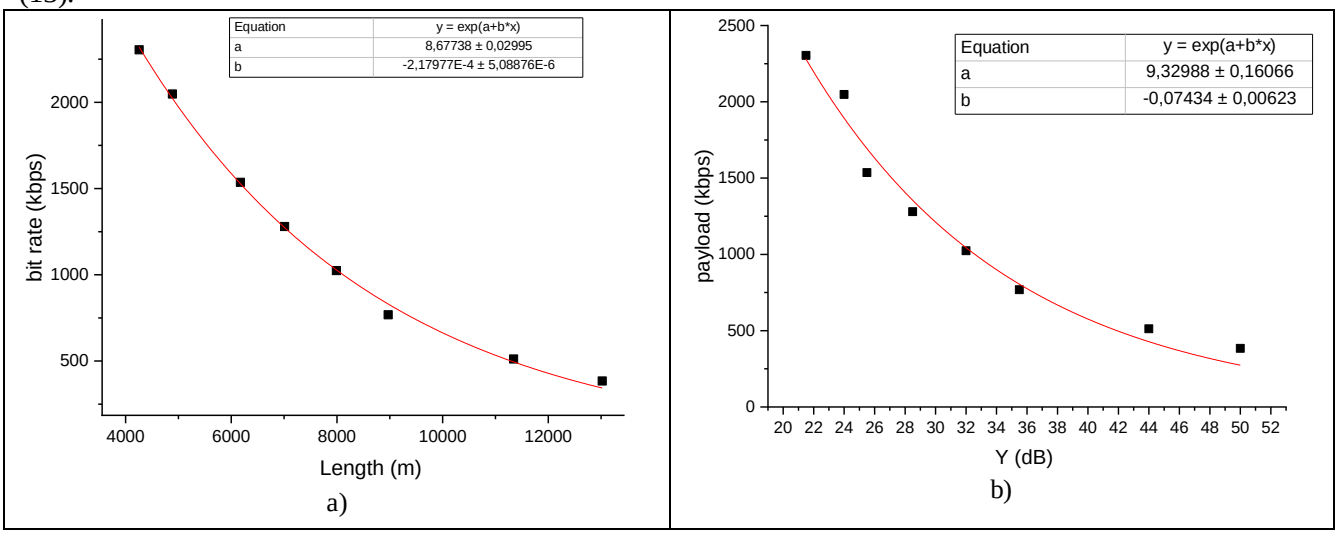


Figure 3. Exponential dependence of bit rate and length (a) and electrical length(b) with characteristic fiting parameters (ITU-T 991,2, 2003).

This dependence will be used to estimate the parameters in railway STKA cable pairs.

$$y = e^{(a+b\cdot x+c*x^2)}, \quad (13)$$

where c=0 in the previous graph.

For the following graph (figure 4) only the spans with very low SQ were chosen because this parameter estimated by the modem gives the limit situation for the specific pair attenuation – payload. In these cases, length of spans is known. Since the attenuation is not the accurate value but estimation of the modem it is better to use the length achieved to compare the real spans with the loop from recommendations.

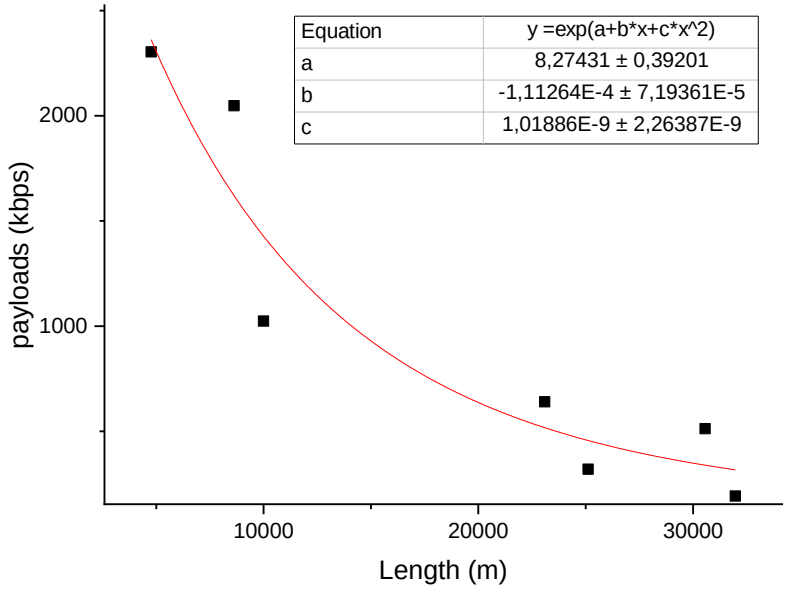


Figure 4. Exponential dependence of bit rate and length with characteristic fiting parameters (ITU-T 991,2, 2003).

The longest spans are currently split but for the purpose of evaluation the possibility of the STKA pairs old data is used. All this data is given for the diameters 1,2mm.

4. DISCUSSION

According to cable's data sheet (FKS-ŽS-001, 2013) attenuation of pairs 1.2mm @120kHz is 1.91dB/km and @250kHz it is 2.78dB/km. Since pairs 0.9mm (actually quads) are for low frequency applications there were no measurements for attenuation at mentioned frequencies. Data for the spans was chosen on the usability limit of the cable spans. Since this was chosen according to the various noise levels (different railway lines and noise sources) it would be of significance to measure noise on cable spans.

Calculated values following the equations and approximations did not give accurate attenuation so a different approximation was pursued – estimation based on attenuation calculated by the modem.

In order to get a full description of cable spans a much more detailed set of measurements on the cables should be done. First a characteristic impedance should be measured for all spans for a 1,2 and 0,9mm diameters. Second step are measurement of variables in accordance with the masks defined for SHDSL, insertion loss and return loss and noise levels (in the frequency range of interest).

5. CONCLUSION

The parameters achieved, through fitting have a wide range so a further estimation is needed to make the estimation more accurate. The basic dependence (exponential and for some curves linear) is as it was expected. Comparing this with some of the measurement done during maintenance a fair correspondence is noticed.

Further measurements should be done to make the payload- length curve more accurate. It would be benefitial to include different noise levels in the estimation so a family of curves could be made.

6. REFERENCES

Damjanović V. and Krstić R., (1985). Telekomunikacioni vodovi i prenos, Zavod za novinsko-izdavačku delatnost i propagandnu delatnost JŽ, Beograd.

FKS-ŽS-001, manufacturer's cable sheet, Holding Kablovi ad, FKS Jagodina, 2013.

ITU-T Recommendation G.991.2, Single-pair high-speed digital subscriber line (SHDSL) transceivers, International Telecommunication Union, 12/2003.

Jevtić, S., Jevtić, D., Srećković, M. & Ilić, A. (2018). Transmission Possibilities in Railway Data Network Today, Proceedings of Scienticif-Expert Conference on Railways RAILCON '18, October 11-12, 2018, Niš, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, 101-104, ISBN 978-86-6055-105-6, COBISS.SR-ID 268308492.

Obradović, R. (1995). Telekomunikacioni vodovi i prenos, Zavod za udžbenike I nastavna sredstva, Beograd.

Watson 5 Ethernet, (2006), Operating manual, doc. version 2.0-01, Schmid Telecom AG, Switzerland.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

MODEL OF E - EDUCATION AND INFORMATION ON THE CASE OF RAILWAY TARIFFS

MODEL E - OBRAZOVANJA I INFORMISANJA NA PRIMERU ŽELEZNIČKIH TARIFA

Zoran Pavlović[a], Zoran Bundalo[b]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences, Jove Ilića 154, Belgrade 11000, Serbia, zoran.g.pavlovic@gmail.com*

[b] *The school of railway applied studies Belgrade, Zdravka Čelara 14, Belgrade 11000, Serbia cheminot2@gmail.com*

Abstract: *All railway trensport organizations and higher education institutions can be considered as a service to users of services, real and potential students, which applies the latest information and communication technology (ICT) to provide efficient and quality services, information and data needed new knowledge via the Internet. The client expects to find on the Internet services to meet their needs and on the other rail operators have their own reasons for the increase in all segments of the quality of service. Institutions of higher education to students provide new models for understanding the everyday communication needs of users and better mastering the curriculum over the Internet. The paper specifically describes the use of railway and examines tariff, as a basis for transport in railway transport organizations which is of special interest for the customer as well as for students. The ultimate goal is to model the ICT architecture model railway tariff, which is based on the analysis of the dynamic complexity of the interaction of five components representing contemporary paradigm of business processes (technology, organizational processes, environment, human resources, and service / product).*

Key words: *Rail transport organization, modeling of architecture, service quality, railway tariff*

Apstrakt*: Sve železničke trensportne organizacije kao i visokoškolske institucije mogu se posmatrati kao servis korisnika usluga, realnih i potencijalnih studenata, gde se primenjuje najnovija informaciono komunikaciona tehnologija (IKT) za pružanje efikasnih i kvalitetnih usluga, informacija i podataka, potrebnih novih saznanja putem Interneta. Korisnik usluge očekuje da putem Interneta pronađe servise kako bi zadovoljio svoje potrebe a sa druge strane železnički operateri imaju svoje razloge za povećanje svih segmenata kvaliteta usluge. Visokoškolske institucije studenatima pružaju nove modele komunikacija za sagledavanje svakodnevnih potreba korisnika kao i kvalitetnije savladavanje nastavnog plana i programa putem Interneta. U radu konkretno se opisuje i sagledava primena železničkih tarifa, kao osnova prevoza u železničkim transportnim organizacijama koja je od posebnog interesovanja za korisnika usluge kao i za studente. Krajni cilj je modelovanje arhitekture IKT modela železničkih tarifa, koja se zasniva na analizi dinamičke kompleksnosti interakcija pet komponenti koje predstavljaju savremenu paradigmu poslovnih procesa (tehnologija, organizacioni procesi, okolina, ljudski resursi i usluga/proizvod).*

Ključne riječi: *Železnička transportna organizacija, modeliranje arhitekture, kvalitet usluge, železničke tarife*

1. INTRODUCTION

Basically work includes the development of architecture and infrastructure of innovative ICT model railway tariffs based on the platform of advanced Internet technologies in the transport organization for rail transport, as well as the development of educational modules for learning studenata.U article describes the process of designing the ICT infrastructure that can be defined as a platform for developing and running applications. The transport organizations ICT infrastructure has the task to support the implementation of electronic processes with the cooperation of integrated Internet services, while at the educational institutions of ICT infrastructure allows for the realization of the teaching process in the module rail tariffs and contactless exchange of e-mails between students and faculty.

The educational process in the near future depends on the rapid progress and development of ICT. One of the important parameters of the learning as the learning process part where the planned lecture without contact between the student and teacher by means of specific techniques which include special Internet exchange "message" mixer (B. Radenković, 2015). The main component of the system of electronic education involves learning management system (R. Austin, 2013) (LMS) to provide quality education in studying the program. Learning Management Systems are primarily software solution for the implementation of electronic education and have the task to provide a set of tools necessary for the implementation and management of the education process that takes place between the student - teacher (Šuh & Petrović, 2016).

The main objective of this paper is that the educational process in the case of railway tariffs represent real opportunities to increase knowledge and motivation of students and facilitate the preparation and implementation of teaching teachers as opposed to traditional ways of learning. In addition and in transportation organizations for rail transport as part of regular education can be employed using ICT to present a plan to train without coming to the police station.

2. MATERIALS AND METHODS

Today in the implementation of the various models and the use of technology for data management applied in Learning Management Systems (LMS) that enables educational institutions to provide students with a customized education. Data from these systems can be evaluated in order to convert the collected data into useful information to obtain education tailored to the needs of each student. This approach aims to improve the effectiveness and efficiency of education by recognizing patterns in student performance. Analysis techniques of selection data corresponding to the LMS, especially with regard to electronic processes that apply to the e-learning platform Moodle (Villegas-Ch & Luján-Mora, 2017).

Currently, research shows that the use of the virtual campus as a learning management system (LMS) can increase the sense of community and improve the performance of students, while the LMS's become a major component of the ways in which traditional universities lectures communicate online with their students. Since the university is oriented to the study, we used data for informing, guiding views LMS and the strategic development. Authors (Andone, Ternauciuc, & Vasiu, 2017) in the work of analyzing the use of the virtual campus based on Moodle by traditional universities and the way in which the application of various Web 2.0 technology as an open educational tools affect the interaction between students and teachers.

The design of analog and digital electronic circuits is an integral part of the curriculum in electrical engineering. Software tools that enable the design, simulation, measurement and analysis of circuits and PCB (Printed Circuit Board) design, called EDA (Electronic Design Automation). Authors (Alajbeg & Sokele, 2019) the present work is the introduction of EDA software in the first semester of vocational studies in electrical engineering at the University of Applied Sciences in Zagreb in the course Personal computers in electrical engineering. Examples of laboratory exercises related to the diagrams of the electrical circuitry, the use of library components, work in a standard laboratory setting (power function generator, voltmeters, ammeters, oscilloscopes etc.), Analysis of the circuits in the DC and the AC mode, and in the time and frequency domain are described. The focus is on the optimal implementation of EDA tools NI Multisim and its integration with existing learning management system Moodle as a platform for practice learning and assessment skills.

Content Management Systems and Learning (CMSs / LMSs) exist in abundance, providing the software platform to support web-based application for easy usage. In the educational context, the exploitation of these platforms offers integrated solutions for the distribution of courses, management students and interaction between stakeholders. Authors (Krouska, Troussas, & Virvou, 2017) in the work evaluated the use of representative LMS / CMS platform to support the social e-learning in higher education, in terms of technical

and educational perspective. In this regard, the prototypes were developed using LMS platforms: Schoologi, Home and aTutor i CMS: Drupal, Mambo and Wordpress, and a comparative analysis was performed. One of the main conclusions is that these platforms facilitate the development environment for e-learning with social features through the user control panel, and a variety of services oriented towards education.

Study authors (Bere, Deng, & Tay, 2018) examines the impact of e-learning by using LMS and performance of teaching and learning in higher education. Adopts the experimental control group design a test after test using a survey of participants in the experiment. Statistical analysis was performed on data collected from 137 students at South African universities through the pre-test and post-test. The results reveal that e-learning using LMS efficient than traditional methods of teaching in terms of performance improvement of teaching and learning in higher education. These findings are useful to higher education institutions, especially in developing countries in their decision to adopt this digital technology to improve performance in teaching and learning.

Basically distance learning, teaching and monitoring from anywhere and at any time of the day based on multimedia content and Internet technologies is called e-learning (B. Radenković, 2015) (Branović-Balović, Vasiljević, Vesković, Mladenović, & Janković, 2013).

Based on the above we see real opportunities for the application of innovative ICT model railway tariffs in higher education institutions as well as training of employees in railway transport organizations.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Usability of ICT leads to new paradigms that can be applied in higher education institutions for contactless electronic education. For a long time in foreign higher education institutions applied the so-called distance education for the realization of the teaching process through the use of ICT and software applications.

Infrastructure innovative model provides a starting point for e-learning where the functionality provided by services that are used both for teachers and for students. Basic principles include innovative infrastructure (M. Pueblas, 2010):

- service that allows a common infrastructure,
- data services, which include the activities of lecturers and students in the process of implementation of the curriculum and
- Integration of new services where a high-quality network communication between teachers and students.

In higher education academic network applications for various applications do not require large financial investments because they already have a variety of hardware and software resources (R. Austin, 2013). Previous research practice demonstrates the possibility of applying different technologies and services in the electronic education (M. Despotović-Zrakić, 2013).

Application of new technologies presents new challenges for higher education institutions as well as the task to improve the quality of the teaching process. Based on the foregoing there is a need for the implementation of the software defined network (SDN).

3.1 Overview of communication dynamics parameters

Of innovative ICT model railway tariffs in the education of students and staff is necessary to analyze traditional and scalable model. This analysis involves a holistic approach to the review of the communication parameters in the dynamics which can be seen as well as a lack of opportunity for the application of innovative models via the internet technology for the electronic education in the case of railway rates (Table 1). Parameters at a communication dynamics comprises: an area where communication takes place between the parties, the time which is available to the participants, relations that occur in the processes of interaction which are among the participants in the process, and environment for the implementation of instruction (Banjanin M, 2011) (Banjanin, 1999).

Table 1. Comparative overview of model communication dynamics parameter

Model / Situational Parameter	The traditional model	Scalable model	An innovative ICT model
Space	Classroom or study cabinet	Review notifications and results	Virtual space for education
Time	Limited time provided by schedule	24 hours over seven days	24 hours over seven days for education
The roles	Student with need / lecturer presenting classes	Informing and going to an educational institution	Information, learning, contactless communication
Relations	Student sa predavačem F-F	Verbalna komunikacija	Bezkontaktna komunikacija između studenta i predavača
Interactions	Student with lecturer	Student with server in educational institution	Student / Lecturer with e-learning service
The environment	Physical access of the student to the premises of the educational institution	Network and service information	Virtual environment for realization of e-learning process

3.2 Modeling the infrastructure of the ICT model of e-learning

Infrastructure innovative ICT model includes: services for electronic education, Cloud Infrastructure, SDN infrastructure, physical infrastructure and infrastructure management for electronic education (Figure 1). Services for e-learning include: infrastructure services and e-education services, which include services for learning management, communication services and services to support teaching. Cloud infrastructure includes: infrastructure as a service, platform as a service, software as a service and virtualization. SDN infrastructure includes: virtual switches, SDN controllers and network as a service.

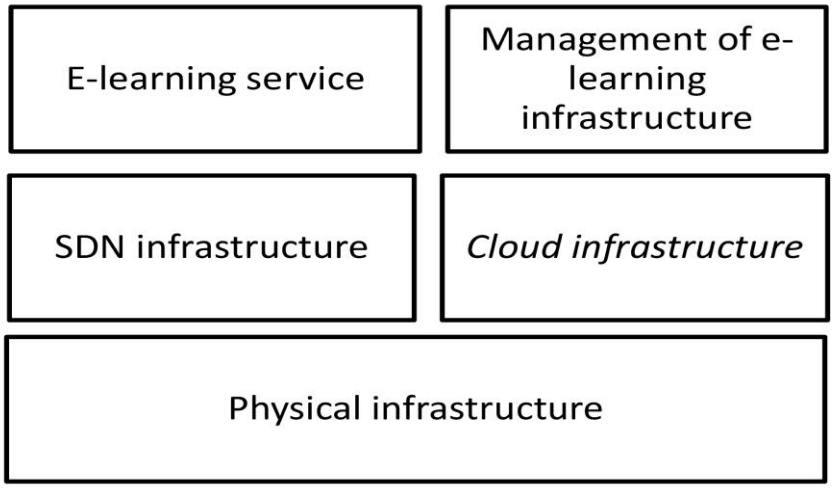


Figure 1. Infrastructure of ICT model of e-education

Physical infrastructure includes: passive equipment, routers, switches and servers. Infrastructure management includes: user interface, control infrastructure, the safety of participants, performance monitoring infrastructure.

3.3 Modeling ICT architecture for e-learning models

Interaction is achieved by the client is enabled by connecting to the Internet via communication links Internet service provider (Internet Service Providers-ISP). Internet platform is a system of interconnected logical address space based on the Internet Protocol (IP) that enables communications using Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP / IP). TCP protocol allows data exchange between applications when purchasing tickets. HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) provides a secure server ID. User services via the Internet and the mobile phone or computer sends a request to the HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) protocol that contains a URL (Uniform Resource Locator) address to the Web server, where it activates the application server (Kurose & Ross., 2013).

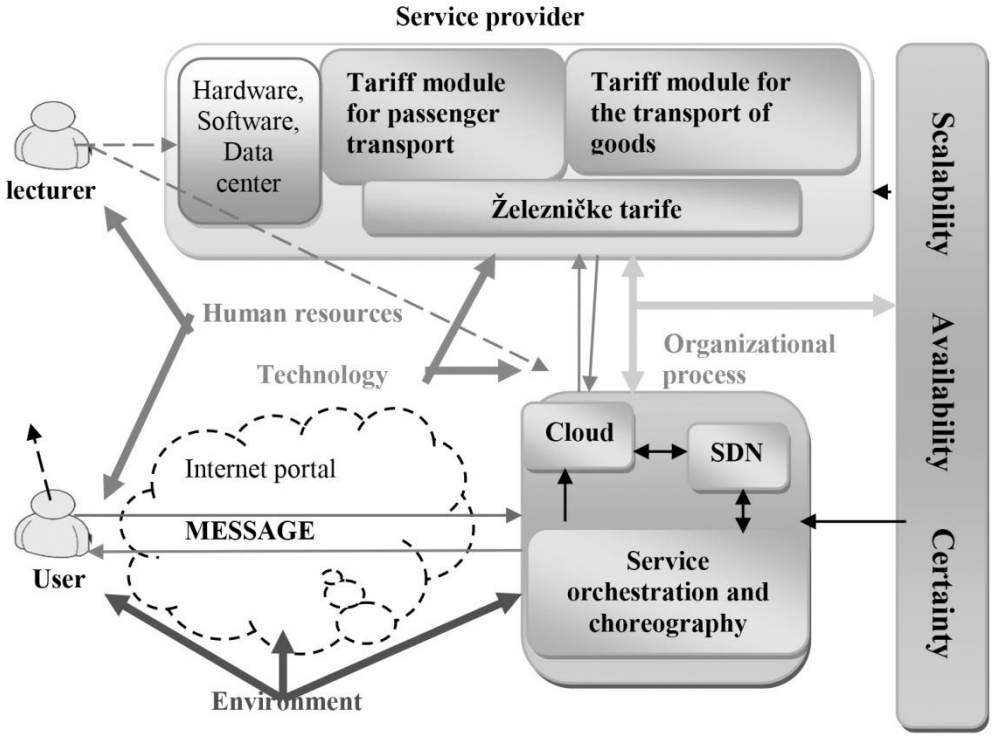


Figure 2. Architecture of the ICT model of e-learning

4. CONCLUSION

The paper presents one of the possibilities of electronic education of both students and employees in the educational module of railway tariffs.

The use of advanced internet technologies is becoming more prevalent on a daily basis. Research shows the willingness of high-level students to develop and apply innovative e-learning models in higher education institutions. In addition to this, employees of the transport organizations for the carriage of passengers and goods by rail, for example railway fares, can acquire new knowledge to perform business tasks without going to the premises of the employer.

5. REFERENCES

Alajbeg, T., & Sokele, M. (2019). Implementation of Electronic Design Automation software tool in the learning process. 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). Opatija, Croatia: IEEE.

Andone, D., Ternauciuc, A., & Vasiu, R. (2017). Using Open Education Tools for a Higher Education Virtual Campus. 2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). Timisoara, Romania: IEEE.

B. Radenković, M. D.-Z. (2015). Elektronsko poslovanje. Beograd: FON.

Banjanin M. (2011). Kompleksnost podataka i različiti prostori u ontološkim modelima. Banjaluka, BH: Filozofski fakultet Pale, Spomenica akademika Veselina Perića, str. 447-464, Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Odjeljenje prirodno – matematičkih i tehničkih nauka.

Banjanin, M. (1999). Efektivna poslovna komunikacija. Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.

Bere, A., Deng, H., & Tay, R. (2018). Investigating the Impact of eLearning Using LMS on the Performance of Teaching and Learning in Higher Education. 2018 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e). Langkawi Island, Malaysia: IEEE.

Branović-Balović, I., Vasiljević, M., Vesković, S., Mladenović, S., & Janković, S. (2013). 3D virtualna učionica za obuku železničkog osoblja. IV međunarodnisimpozijum Novi horizontisaobraćajaikomunikacija, Univerzitet u istočnomSarajevu, SaobraćajnifakultetDoboj,, (pp. 224-229). Doboj, Bosna i Hercegovina, Republika Srpska.

Krouska, A., Troussas, C., & Virvou, M. (2017). Comparing LMS and CMS platforms supporting social e-learning in higher education. 2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA). Larnaca, Cyprus: IEEE.

Kurose, .. J., & Ross., K. (2013). Umrežavanje računara, Od vrha do dna, 6 izdanje. Beograd: CET Computer Equipment and Trade.

M. Despotović-Zrakić, K. S. (2013). "Scaffolding Environment for e-Learning through Cloud Computing,". Educational Technology & Society, vol. 16, no. 3, , 301-314.

M. Pueblas, B. C. (2010). Cisco Service Ready Architecture for Schools Design Guide. Cisco Systems, .

R. Austin, M. S. (2013). "Situated Computing and Virtual Learning Environments: e-Learning and the Benefits to the Students Learning,". 2013 Seventh International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS),, (pp. 523-528).

Šuh, J., & Petrović, J. (2016). Primena koncepta blended učenja u korporativnom okruženju telekomunikacione kompanije. Zbornik radova XXI Naučno-stručni skup Informacione tehnologije 2016,, (pp. 14-17).

Villegas-Ch, W., & Luján-Mora, S. (2017). Analysis of data mining techniques applied to LMS for personalized education. 2017 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE). Santos, Brazil: IEEE.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

IMPROVEMENT OF WORKING TECHNOLOGY IN SODA FACTORY LUKAVAC FOR INCREASING THE PARTICIPATION OF RAILWAY TRANSPORT

UNAPREĐENJE TEHNOLOGIJE RADA U FABRICI SODE LUKAVAC ZA POVEĆANJE UČEŠĆA TRANSPORTA ŽELJEZNICOM

Selmir Delić[a], Aldin Glumčević[a], Hidajet Đulović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, selmir_delic@hotmail.com, glumac.aldin@gmail.com, hidajet.dj@gmail.com*

Abstract: *The soda factory in Lukavac, with a production of about 500.000 tonnes of soda a year, today makes minimal use of rail transport in shipping, although most of the production is exported. In order to exploit the great potential for rail transport, it is necessary to investigate today's deficiencies in the operation of the private siding and the Lukavac station. The paper examines the flows of raw materials and soda as well as the characteristics of existing technology of work in the delivery of raw materials and the shipment of finished products. Based on the results of the analysis, a proposal was made for measures to increase the efficiency of the technological process of work in order to increase the shipment of soda and other products by rail to the markets.*

Key words: *private siding, technology, railway freight transport, last mile*

Apstrakt*: Fabrika sode u Lukavcu sa proizvodnjom od oko 500.000 tona sode godišnje danas minimalno koristi železnički prevoz u otpremi iako se najveći dio proizvodnje izvozi. Da bi se iskoristio veliki potencijal za železnički prevoz potrebno je istražiti današnje nedostatke u radu industrijskog kolosijeka i stanice Lukavac. U radu se istražuju tokovi sirovina i sode, kao i karakteristike postojeće tehnologije rada u dopremi sirovina i otpremi gotovih proizvoda. Na osnovu rezultata analize dat je prijedlog mjera za povećanje efikasnosti tehnološkog procesa rada u cilju povećanja otpreme sode i drugih proizvoda željeznicom na tržišta*

Ključne riječi: *industrijski kolosijek, tehnologija, železnički transport robe, posljednji kilometar.*

1. UVOD

Postoji mnogo razloga zašto je železnički transport u Bosni i Hercegovini izgubio »transportnu utakmicu« sa drugim vidovima transporta, pa čak i kod velikih industrijskih proizvođača kao što je Fabrika sode u Lukvcu koji imaju velike tokove robe i odlične pretpostavke za korišćenje železničkog transporta. Ti razlozi su locirani prvenstveno u utovarno-istovarnim stanicama, a zatim i u ranžirnim stanicama, nemogućnosti prevoza »od vrata do vrata, slaboj zainteresovanosti zaposlenih na železnici za optimizaciju procesa transporta itd.

Fabrika sode Lukavac (u daljem tekstu SSL – Sisecam soda Lukavac), kao jedina koja se bavi proizvodnjom sode u bivšoj Jugoslaviji, ima vrlo malo učešće železničkog transporta u ukupnom obimu prevoza za ovu kompaniju. Nezadovoljavajući nivo učešća železnice se prije svega odnosi na dopremu energenata (uglja i antracita) za potrebe SSL, koje se vrši isključivo drumskim transportom. Takođe, i u otpremi gotovih proizvoda to učešće železnice je malo (oko 25%) iako se najveći dio proizvodnje izvozi tj. plasira na udaljena tržišta.

Uzroci za nisko učešće železnice u prevozu za SSL su višestruki ali u ovom radu se analizira samo tehnologija i tehnološki proces rada u utovarno-istovarnoj stanici tj. na industrijskom kolosijeku SSL i priključnoj stanici Lukavac. Cilj rada je ustanoviti mjere za unapređenje tehnologije rada i kapaciteta u ovom dijelu transportnog procesa koje će dovesti do povećanja učešća železnice u prevozu sa SSL.

2. TEHNOLOGIJA I OBIM ŽELJEZNIČKOG TRANSPORTA NA INDUSTRIJSKOM KOLOSIJEKU SSL

2.1 Kapaciteti SSL

U pogledu vršenja saobraćajne službe stanica Lukavac reguliše saobraćaj manevarskih sastava između SSL i željezničke stanice Lukavac, SSL – Fabrika koksa Lukavac (GIKIL) i SSL – Fabrika cementa Lukavac. (Poslovni red industrijske stanice SSL, I dio, 2016).

U stanici se vrši masovan istovar kolskih pošiljaka tovarenih sirovinama za proizvodnju sode (ugalj, antracit, amonijak, mazut, lužina i druge vrste robe) za potrebe SSL i utovar sode i drugih proizvoda SSL. Za vršenje cjelokupnog robnog saobraćaja Industrijska stanica SSL raspolaže sa 8 kolosijeka uz dva dodatna (spojna) kolosijeka. Kolosijeci su podijeljeni u dvije grupe i to:

- prijemno-otpremna grupa kolosijeka i
- manipulaciona grupa kolosijeka.

Industrijska stanica SSL raspolaže sa sljedećim tehničkim postrojenjima:

- utovarne rampe, nalaze se na 5. i 6. kolosijeku;
- pružna dizalica (kran), nalazi se na 1 spojnom kolosijeku i
- kolska vaga, nalazi se na 7 kolosijeku.

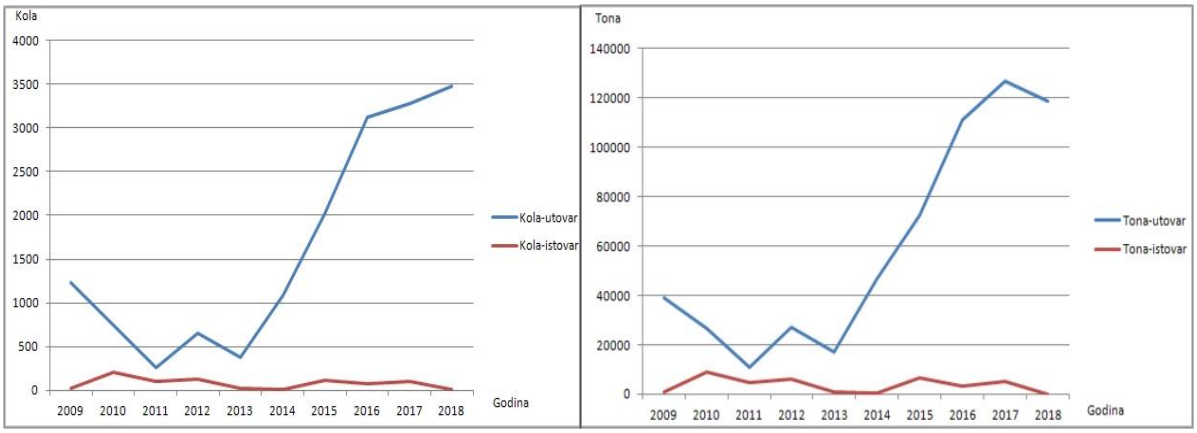
2.2 Obim rada SSL

U Tabeli 1. je prikazan obim rada fabrike SSL za period od posljednjih 10 godina (2009÷2018) u vidu utovarenih/istovarenih kola odnosno tona.

Tabela 1. Pregled utovara i istovara fabrike SSL

Godina	Utovar		Istovar	
	Kola	Tona	Kola	Tona
2009	1.234	38.915	28	822
2010	749	26.786	211	9.038
2011	254	11.124	101	4.621
2012	659	27.231	128	6.153
2013	379	16.907	30	1.066
2014	1.085	46.476	17	608
2015	2.012	72.626	119	6.456
2016	3.115	110.825	77	3.493
2017	3.284	126.932	102	5.309
2018	3.480	118.555	5	147

Pregled utovara i istovara fabrike SSL za posljednjih 10 godina prikazan je i Grafikonom 1. prema broju utovarenih-istovarenih kola i tona.



Grafikon 1. Kretanje utovara-istovara u SSL

2.3 Organizacija rada SSL

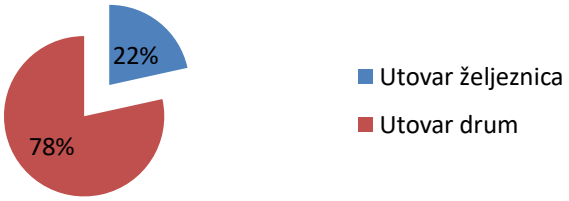
Organizaciju željezničkog prijevoza u SSL obavlja Radna jedinica željeznički saobraćaj. Ova radna jedinica sastoji se od:

- saobraćajno-transportne službe i
- služba vuče vozova.

Radni park lokomotiva sastoji se od jedne lokomotive za manevru i to serije 797.8 CZ LOKO. Željezničko osoblje vrši rad u dvije smjene po 8 časova, i to prva smjena od 07^{00} – 15^{00} h i druga smjena od 15^{00} – 23^{00} h.

3. MOGUĆNOSTI ŽELJEZNIČKOG TRANSPORTA U DOPREMI I OTPREMI PROIZVODA SSL

SSL ima kapacitet proizvodnje od 550.000 t/godišnje. U 2018. godini željeznicom je prevezeno oko 118.555 t sode, dok je drumskim transportom (kamionima) prevezeno oko 431.455 t sode (Grafikon 2.).



Grafikon 2. Prikaz odnosa utovara sode u željeznička kola i kamione iz 2018. godine

Očigledno je da postoje velike rezerve u unapređenju procesa i povećanju učešća željeznice u ukupnom prevozu za SSL. Tome u prilog idu transportna politika EU (Bijela knjiga: »Mapa puta za jedinstven europski transportni prostor – do konkurentnijeg i štedljivijeg transportnog sistema«, 2011) koja favorizuje željeznicu na pravcima velikih tokova kao i ozbiljne namjere BiH u procesu priključenja EU. Uzimajući u obzir transportnu politiku EU to bi značilo da bi se značajne količine uglja i antracita prevozile željezničkim transportom i da bi se moralo naći optimalno rješenje u cilju što kraćeg zadržavanja robe i kola na istovarnim operacijama.

Obzirom da se veoma često probijaju navedeni vremenski rokovi za utovar sode u željeznička kola, željeznička stanica Lukavac u zavisnosti od procjene očuvanja poslovne saradnje može tražiti da se na ime probijenih unaprijed definisanih vremenskih rokova za utovar plati odgovarajuća naknada tzv. kolska dangubnina. Postoji nekoliko ključnih razloga zašto se roba na utovaru zadržava duže vremena od predviđenog. To su sljedeći razlozi:

- Radni park lokomotiva - SSL ima samo jednu manevarsku lokomotivu u svom radnom parku izuzetno male vučne snage i ona je namijenjena za laku manevru. Kada se kaže laka manevra preciznije rečeno misli se na to da lokomotiva iz radnog parka SSL može da manevriše samo sa manevarskim sastavima mase do 400 t (manevarski sastav od 5 tovarenih kola). Da bi se formirao maršrutni voz od minimalno 20 kola manevarska lokomotiva iz SSL mora izvući 4 manevarska sastava od 5 kola.
- Dužina utovarne rampe - Na 5. kolosijeku u SSL se vrši utovar sode u željeznička kola. Moguće je vršiti istovremeno utovar u troja kola jer obzirom na malu dužinu utovarne rampe samo troja kola mogu se smjestiti na utovarni kolosijek kako bi se sa odgovarajućom mehanizacijom obavio proces utovara.
- Radno vrijeme korisnika prijevoza SSL, nedostatak radne snage - Radno vrijeme korisnika prevoza, tj. SSL i način sinhronizacije rada željezničke stanice Lukavac i SSL značajno utiče na zadržavanje kola na utovaru. SSL raspolaže sa nedovoljnim brojem željezničkog osoblja, prvenstveno u pogledu broja mašinovođa i manevrista, koje je raspoređeno za rad u dvije smjene. Prva smjena obavlja svoje radne obaveze u periodu od 07^{00} h ÷ 15^{00} h a druga smjena od 15^{00} h ÷ 23^{00} h.
- Nedostatak savremene kolske vage - SSL raspolaže sa kolskom vagom koja se nalazi na sedmom kolosijeku. Ona u mnogome usporava proces otpreme kola, iz razloga što je riječ o mehanizmu koji zahtijeva pojedinačno vaganje kola gdje ista moraju biti u stanju mirovanja.

4. PRIJEDLOG MJERA ZA POVEĆANJE UČEŠĆA ŽELJEZNICE U DOPREMI I OTPREMI PROIZVODA SSL

4.1 Instaliranje istovarnih postrojenja za rastresite terete

Svi energenti za proizvodnju električne energije (ugalj) kao i antracit koji je potreban za rad krečnih peći se dobavljaju uz pomoć drumskog transporta. Osnovni razlog za to je nedostatak postrojenja za istovar željezničkih kola.

Vrijeme utovara i istovara željezničkih kola bitno utiče na sam kapacitet transporta. Vrijeme potrebno za istovar željezničkih kola zavisi od njihove konstrukcije odnosno načina pražnjenja i opreme na istovarnom mjestu. Za prevoz tereta kao što je ugalj i antracit koristila bi se kola serije Eas-z. To su četveroosovinska otvorena kola namijenjena za prijevoz rastresitog i komadnog tereta koji nije potrebno zaštiti od atmosferskih uticaja. Kola su pogodna za prevoz tereta koji imaju veliku specifičnu zapreminu jer imaju visoke stranice koje oblikuju velik tovarni prostor. Visina ovih stranica iznosi od 80 do 180 cm. Kola serije Eas-z su opremljena sa bočnim vratima namijenjenih za istovar tereta pomoću prevrtanja kola.

Obzirom da je kod kola serije Eas-z sanduk kruto spojen za okvir odnosno vozno postolje istovar se najbrže realizuje upotrebom kružnog vipera. Prilikom pražnjenja uz pomoć kružnog vipera kola se moraju zakrenuti za minimum 140°. Kružni viper se sastoji od dva čelična prstena, koji su međusobno kruto spojeni. Oni se oslanjaju na dva para valjaka, od kojih jedan par slobodno sjedi na svojoj osovini, a drugi služi za pogon i spojen je preko reduktora s motorom. Unutar prstenova učvršćene su šine na kojima stoje kola, kao i ugaona željeza pri vrhu, koja drže kola prilikom okretanja vipera. Ciklus jednog pražnjenja u viperu obično iznosi 15 do 20 s. Za povećanje kapaciteta pražnjenja koriste se viperi za istovremeno pražnjenje više kola ili cijelog voza. (www.rudar.rgn.hr, 20.08.2019.god.)

4.2 Investicija u povećanje broja manevarskih lokomotiva, mogućnosti za povećanje dužine utovarne rampe

Problemi vezani za otpremu sode se prvenstveno odnose na to da SSL u svom radnom parku ima samo jednu manevarsku lokomotivu koja je namijenjena za laku manevru, odnosno manevrisanje sa manevarskim sastavima do 400 t. S obzirom na postojeću dužinu utovarne rampe i to da se utovar može vršiti u samo troja kola istovremeno potrebno je razmotriti mogućnosti i eventualna ograničenja za povećanjenjene dužine kako bi se smanjio broj manevarskih radnji a samim tim ujedno olakšao i ubrzao proces otpreme kola.

Kako bi se skratilo vrijeme manevrisanja, odnosno izvlačenja manevarskih sastava i formiranja voza neophodno je investirati u nabavku nove manevarske lokomotive. Kao jedno od mogućih rješenja ovog problema jeste lokomotiva serije 732. Ova manevarska lokomotiva je serija dizel-hidrauličnih lokomotiva Hrvatskih željeznica koja je namijenjena za lako manevrisanje i rad na industrijskim kolosijecima.

4.3 Uvođenje treće smjene u organizaciju SSL, povećanje broja izvršnog osoblja

Neprekidnost, paralelnost i protočnost tehnoloških operacija u značajnom procentu zavisi i od radnog vremena korisnika prijevoza (SSL) kao i od samog broja zaposlenih. Rad u SSL se organizuje u dvije smjene (1. smjena od 07^{00} h do 15^{00} h i 2. smjena od 15^{00} h do 23^{00} h) gdje su već prisutni problemi nedostatka izvršnog osoblja. Vrijeme čekanja na izvršenje tehnoloških operacija, kao i neprekidnost te protočnost tehnoloških operacija značajno bi se poboljšali uvođenjem 3. smjene i to od 23^{00} h do 07^{00} h. Potreba za povećanjem izvršnog osoblja je neminovna i iz razloga što SSL nastoji da poveća kapacitet proizvodnje a sa trenutnim brojem zaposlenih to sigurno neće moći realizovati. Što se tiče željezničkog dijela, najveći nedostatak se ogleda u nedovoljnom broju manevrista i mašinovođa.

4.4 Ugradnja postrojenja za vaganje željezničkih kola

U SSL-u postoji kolska vaga koja se nalazi na sedmom kolosijeku ali sam proces uz pomoć kojeg se vrši vaganje kola značajno produžava vrijeme otpreme kola. Naime, riječ je o sistemu statičkog vaganja kola te je potrebno da se vaganje svakih kola vrši pojedinačno. Jedan od načina za značajno smanjenje vremena otpreme kola jeste to da se na 3. kolosijeku prijemne grupe kolosijeka (obzirom da se od njega odvaja prvi spojni kolosijek namijenjen za istovar uglja i da se na njemu ne nalaze nikakva postrojenja, oprema ili uređaji) postavi savremena kolska vaga. Predstavnici švicarske firme Hastema rukovodiocima i inženjerima naših željeznica su

još u maju 2015.god. predstavili najnoviji sistem dinamičkog vaganja teretnih i putničkih kola, a uz to i savremeni sistem provjere ispravnosti kola.

Samo 8 sati je potrebno da se na pruzi ugradi jedna ovakva kolska vaga koja je u stanju da izvaga svaka kola u pokretu i istovremeno provjeri ispravnost osovinskih sklopova teretnih kola. Švicarci najnovije kolske vage isporučuju uz garanciju od dvije godine i mogućnosti greške u vaganju od samo 0,5 %. Da je trenutno riječ o tehnički savršenom postupku provjere težine kola ali i ispravnosti osovinskih sklopova govori i podatak da Švicarske željeznice (SBB) imaju ugrađenih 50 ovakvih vaga, dok su dvadesetak kupile i Italijanske željeznice (Trenitalia). Švicarska firma koja je predstavila ovu savremenu kolsku vagu već osvaja tržište Kine, Indije i drugih zemalja. Ugradnjom pomenutih vaga olakšano i ubrzano je vaganje kola, tako da je za samo dvije minute moguće precizno izvagati 20 željezničkih kola. Cijena jedne vage sa ugradnjom je oko 100.000 eura (www.zrs-rs.com, 24.08.2019.godine).

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu izneseni su ključni problemi SSL, a zatim su i predložena moguća rješenja istih problema. Svi problemi koji su navedeni tiču se tehnologije rada željezničkog sektora te značajno utiču na vremena dopreme sirovina potrebnih za rad SSL i otpreme gotovih proizvoda SSL. S toga da bi se skratila vremena koja se odnose na tehnološki procesa rada SSL, a samim tim i da bi se usavršio odnos SSL – željeznička stanica Lukavac potrebno je uraditi sljedeće:

- investirati u nabavku kružnog vipera koji će se u bliskoj budućnosti sigurno kvalitetno iskoristiti jer će biti veoma teško uspjeti održati nabavku svih energenata za potrebe SSL (ugalj i antracit) uz pomoć kamiona, a naročito još ukoliko dođe do povećanja planiranog obima proizvodnje u SSL;
- nabaviti novu manevarsku lokomotivu koja će imati gotovo duplo veću vučnu snagu od postojeće i koja će moći vršiti manevrisanje sa većim brojem kola te na taj način značajno skratiti vrijeme potrebno za manevrisanje odnosno prije svega vrijeme potrebno za dostavu kola na kolosijeke željezničke stanice Lukavac (prijedlog manevarska lokomotiva serije 732 koja je proizvod tvornice Đuro Đaković i koju koriste Hrvatske željeznice a koja je namijenjena za rad na industrijskim kolosijecima i za laku manevru);
- razmotriti mogućnosti i ograničenja kao i opravdanost za povećanjee dužine utovarne rampe jer se sa postojećom dužinom može vršiti utovar u samo 3 kola istovremeno;
- uvesti 3. smjenu koja će raditi od 2300 do 0700 i na taj način smanjiti vrijeme čekanja kola na otpremu i smanjiti mogućnosti za eventualno prekoračenje dopuštenog vremena za utovar i plaćanja kolske dangubnine (uvođenje potrebe 3. smjene je neminovno iz razloga planiranog povećanja kapaciteta proizvodnje i postojećeg nedostatka izvršnog osoblja);
- nabaviti savremenu kolsku vagu koja će moći vršiti vaganje kola »u kretanju« (prijedlog kolska vaga Švicarske firme Hastema koja za svega 2 minute može izvagati 20 kola a istovremeno i provjeriti ispravnost osovinskih sklopova i čija cijena sa ugradnjom iznosi cca 100.000 eura).

6. LITERATURA

Bijela knjiga (2011): »Mapa puta za jedinstven europski transportni prostor – do konkurentnijeg i štedljivijeg transportnog sistema«.

Poslovni red industrijske stanice SSL, I dio (2016).

www.zrs-rs.com (24.08.2019.god.).

www.rudar.rgn.hr (20.08.2019.god.).

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

MAAS IN EU RESEARCH PROJECTS OF IMPORTANCE FOR THE DEVELOPMENT OF RAILWAY

MAAS У ИСТРАЖИВАЧКИМ ПРОЈЕКТИМА ЕУ ЗНАЧАЈНИМ ЗА РАЗВОЈ ЖЕЛЕЗНИЦЕ

Teodora Milenković[a], Aleksandar Filipović[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, tea.milenkovic95@gmail.com, aleksandarfilipovic48@gmail.com*

Abstract: *Although mobility is when people or goods change place in an area, mobility as a service represents transport service according to the requirements of the users regarding the quality of the transport service wanted by them. The final goal of this concept is to reduce the use of individual vechiles and equaly share participation in the transport process between all modes of transport. That is the chance for railway to increase its share in the transport market. This paper will describe the concept of MaaS through the presentation of research projects supported by EU funds, as well as the potential chances for participation of the railway in it.*

Key words: *MaaS, mobility, railway*

Апстракт: *Иако мобилност у основи представља покретљивост људи и робе на неком подручју, мобилност као врста услуге која се пружа подразумева тако формирану превозну услугу да су задовољени сви захтеви корисника у погледу квалитета превозне услуге која им се пружа. Циљ овог концепта је смањити употребу индивидуалних возила и равномерно поделити учешће у процесу превоза између свих видова транспорта. Управо овде лежи шанса железнице у повећању њеног удела на транспортном тржишту. У раду је описан концепт MaaS кроз приказ истраживања и пројеката подржаних од стране фондова ЕУ, као и потенцијалне шансе за имплементацију истих на железници.*

Кључне речи: *MaaS, мобилност, железница*

1. УВОД

Мобилност као појам се у различитим областима различито дефинише, али је свакако шири од просторне покретљивости становништва (миграција), на шта се углавном помисли када се изговори. Рецимо, мобилност може представљати могућност промене професија унутар једне делатности или између различитих делатности (*Унутрашња радна мобилност, 2018*), могућност остваривања дела студијског програма на неком страном универзитету (*Портал Мобилности Студената, 2019*), могућност слободне промене места (*Cambridge Dictionary, 2019*), али и стање у коме се неки систем налази и као такав може да се помера у простору или времену (*Merriam-Webster, 2019*). Мобилност је појам који означава покретљивост становништва – људи између појединих географских подручја, сектора, делатности, али и између појединих занимања, образовних, доходовних и других група становништва. Под појмом мобилности у транспортном смислу подразумева се број путовања одређене карактеристичне групе људи на одређеној територији у јединици времена (*Тица, 2017*).

Мобилност као услуга (MaaS) је интеграција различитих облика транспортних услуга у јединствену услугу мобилности која је доступна на захтев. Циљ MaaS је да обезбеди алтернативу коришћењу приватног аутомобила која би могла бити прикладнија и одрживија, али и да помогне у смањењу загушења и ограничења у транспортном капацитету (*MaaS Aliance, 2019*). Мобилност као услуга је комбинација јавних и приватних транспортних услуга у датом регионалном окружењу које пружа оптималне опције које су усмерене на људе, како би се омогућило плаћање од почетка до краја кроз јединствену наплату, а које има за циљ постизање кључних циљева јавне вредности (*Kubic, 2017*).

2. ДИГИТАЛИЗАЦИЈА КАО ПРЕТПОСТАВКА ЗА ПРИМЕНУ MAAS

Академски гледано, дигитализација има тројаке последице на MaaS концепт (*Audouin, 2017*):

- дигитализација не дозвољава постојећим транспортним организацијама да прикупљају и размењују информације на начин на који су то чиниле раније;
- дигитализација подржава формирање нових решења за размену података и коришћење ИТ решења што свакако нарушава постојеће системе транспортних предузећа;
- дигитализација подразумева повлачење свих постојећих података које користе транспортне организације у једну јединствену базу која ће бити доступна свима што се не слаже са размишљањима баш свих потенцијалних учесника MaaS концепта, али је то свакако нешто са чим морају да се суоче.

Кључно питање које проистиче из свих ових последица увођења дигитализације у MaaS концепт јесте да ли су железнички оператери спремни да се суоче са свим овим проблемима. С обзиром на генералну затвореност железничких система и постојање већински монополистичких железничких компанија, неопходно је за почетак да се поради на гледишту железничких оператера јер уколико се то промени, према тврдњама стручњака то може да постане огромна предност железнице уколико се MaaS концепт успешно имплементира (*Audouin, 2017*).

Дигитализација подједнако подржава и транспорт робе и транспорт путника, чак се сматра да је много значајнија у транспорту робе. Уколико би се појачао талас дигитализације у транспорту робе, железница би имала знатно веће шансе у конкуренцији са друмским транспортом с обзиром на чињеницу да се тренутно 25% свих камиона који превозе робу враћа празно. Међутим, железнички оператери се још увек позивају на заштиту података која је и даље могућа чак и ако се све дигитализује. Док то не буде схваћено од стране свих учесника у делу MaaS концепта који се односи на железницу, шансе да железница буде део овог концепта су и даље мале (*Kenny, 2017*).

Још једна од великих препрека на путу ка остварењу MaaS концепта према речима стручњака јесте регулатива. Наиме, код овог концепта, неопходно је допустити кориснику да комбинује различите услуге које MaaS концепт пружа на начин који њему одговара. То у основи није баш увек могуће јер комбиновање различитих видова превоза и широке палете њихових услуга са собом носи одређена ограничења, пре свега у погледу регулативе зато што не функционишу сви транспортни системи на исти начин. Стога се често може чути да „регулатива убија MaaS" што је у основи једна потпуно оправдана изјава с обзиром на постојање изузетно великог броја правила у свим видовима транспорта. Као једно од решења овог проблема, стручњаци наводе формирање одређених мрежа на територијама које су покривене MaaS концептом како би се на неки начин ограничила постојећа правила, па се потом приступило усклађивању правила из различитих области. То је са једне стране добро решење јер ће се усклађивање на неки начин одрадити, али је са друге стране проблематично ако корисници концепта пожеле да изађу из оквира једне мреже јер тада неће бити усклађена правила две суседне територије, што нас опет враћа на сам почетак приче. Ту долазимо до појма интероперабилности који подразумева да су системи међусобно комплементарни пошто већ не могу да буду компатибилни. То значи да ће се различити системи међусобно допуњавати и разумети иако када се погледају одвојено немају директне везе. На тај начин ће корисници MaaS концепта са две различите територије моћи да остваре захтевану услугу, а интероперабилност још једном доказује зашто је то једна од најважнијих идеја савремених транспортних истраживања (*Santoro, 2017*).

Дигитализација је процес који се дешава и који ће се дешавати у будућности без обзира на то да ли ће транспортни системи изабрати да усвоје MaaS концепт или не. Избор би свакако требао да буде усвајање процеса дигитализације у оквиру транспортних система јер ће се на тај начин повећати њихов квалитет, продуктивност и ефикасност. У овом процесу усвајања, главно питање је да ли су транспортни системи спремни да се суоче са новим концептима које дигитализација доноси са собом. Поново се као главни проблем намеће заштита података и доступност података како учесницима у транспортном процесу, тако и корисницима транспортних услуга. Ово је посебно важно питање јер је мобилност шири појам од транспорта што значи да је поред транспортних система неопходно учешће још много других актера за остварење овог концепта. Највећи проблем железнице као учесника у овом концепту јесте чињеница да су железнички оператери најчешће учесници у овом процесу на националном нивоу, док је дигитализација један глобалан процес који треба да обухвати све учеснике у овом концепту. Тако се опет долази до проблема неслагања прописа различитих оператера и неоходности успостављања интероперабилних веза између њих (*Camanzi, 2017*).

Два основна изазова транспортних оператера су економија дељења и дерегулација транспортног тржишта. Економија дељења је појава дељења трошкова неке услуге између физичких или правних лица у циљу оптималног коришћења капацитета и то најчешће путем интернета. Стога овај процес мора бити подржан постојањем одговарајућих платформи на којима ће се корисници услуга проналазити и договарати. Најбољи пример који осликава овај феномен јесте тзв. *BlaBla Car* апликација захваљујући којој се на интернету проналазе људи који желе да путују у исто време на исто место, затим проналазе ауто и деле трошкове тог путовања. Ова апликација постоји већ неколико година и развијена је широм Европе. Апликација *BlaBla Car* је на неки начин зачетник концепта MaaS у погледу комуникације људи и одређивања целокупне руте путовања са једног места. Међутим, опет се јавља проблем са дељењем података и приватношћу истих, на шта свакако треба обратити пажњу (*Sobrino, 2017*).

Мноштво података који се појављују као последица дигитализације, неопходно је систематизовати и доделити одговорајућим учесницима у процесу успостављања MaaS концепта. То се постиже на тај начин што се информације филтрирају према одређеним правилима како би свако добио тачно ону информацију која се на њега односи и која је за њега значајна. Како информација има много, тако ће и тзв. сетова информација које се деле бити такође много што је веома тешко за манипулацију и прослеђивање. Стога је свим државама које су заинтересоване за увођење MaaS концепта остављено на разматрање на који начин ће извршити селекцију података, с тим што постоје неки заједнички оквири који се односе на све заинтересоване државе и који се морају поштовати приликом распоређивања (*Arnold, 2017*).

Општи закључак до кога се долази на основу свих ових чињеница јесте да је процес дигитализације неопходан предуслов за успостављање MaaS концепта. Приликом успостављања дигитализације у циљу остваривања овог концепта мора се водити рачуна пре свега о корисницима MaaS концепта и то у погледу једноставности употребе пратећих апликација које припадају самом концепту, затим заштити података и начину њиховог дељења, али и регулативи која мора бити комплементарна између учесника концепта како се не би догодило да баш она „убије" концепт који има толико потенцијала да као глобална идеја промени постојеће функционисање транспортних система на најбољи могући начин.

3. СПРОВЕДЕНА ИСТРАЖИВАЊА

Како је MaaS релативно нов концепт на коме се интензивно ради тек последњих неколико година, број конференција и форума који се одржавају у последње време значајно расте. На њима се износе примери, идеје, као и предлози из бројних области примене MaaS. Основна питања која се постављају у железничкој јавности и стручној пракси у вези MaaS су:

- Које су последице процеса дигитализације како би се спровео MaaS концепт?
- Који је утицај MaaS концепта на железницу и њену регулативу?
- Које стратегије треба да усвоје и спроведу железнички оператери како би спровели MaaS концепт?
- На који начин решити проблем дељења података у једном великом систему какав треба да буде MaaS? (*Finger, Bert, Kupfer, Bouchard, 2017*)

Примери зачетака примене MaaS концепта на железници јесу TSI TAF[15], TSI TAP[16] и многобројни пројекти програма Shift2Rail који су предмет овог рада.

3.1 Пројекти Shift2Rail-а за имплементацију MaaS концепта на железници

Shift2Rail је прва европска иницијатива чији је циљ почетак истраживања и увођења иновација у железнички транспорт кроз убрзање интеграције нових и напредних технологија у транспорт. Овај програм промовише повећање конкурентности железнице и нове промене које су транспорту у Европи неопходне. Програм функционише под окриљем актуелног фонда *Horizon 2020*. Главни циљеви овог програма јесу двоструко увећање капацитета железнице у Европи и повећање поузданости и безбедности за 50% уз смањење трошкова (*Shift2Rail, 2019*).

[15]Technical Specification for Interoperability relating to Telematics Applications for Freight Services
[16]Technical Specification for Interoperability relating to Telematics Applications for Passenger Services

Рад овог програма се може раздвојити на пет основних делова тзв. иновативних програма (Innovation Programmes – Ips) који обухватају различите структурне (техничке) и функционалне (процесне) подсистеме железничког система, а то су: задовољење дугорочних потреба и социјално-економских истраживања, одрживи материјали и процеси, систем интеграције, сигурности и интероперабилности, енергија и одрживи развој и људски ресурси (*Shift2Rail, 2019*).

Када се говори о MaaS концепту, најзначајнији је *IP4* програм коме припадају сви пројекти који се односе на поменути концепт. Наиме, *IP4* истраживачи граде дигитални екосистем у којем ће сви јавни и приватни превозници у Европи моћи да понуде своје услуге. Једна апликација би понудила све могуће опције за путовање, са јасно приказаним ценама и дужином путовања, тако да путници могу без напора резервисати свој жељени транспортни ланац. MaaS је концепт мобилности који мора бити вођен дигитализацијом - корак напред не само за путнике, већ и за логистику. Од суштинског значаја за саму примену MaaS концепта је да се осигура да су довољни подаци доступни од свих релевантних актера у железничком сектору, како би се на прави начин искористиле предности ових иновативних ИТ услуга, које су кључне за успостављање потпуно функционалне јединствене мреже железница у Европи и јединствени европски транспортни систем. У оквиру *IP4*, морају се анализирати решења и из других релевантних сектора која су свакако решења најбољих пракси прилагођена железничком сектору, као и сви повезани стандарди. Исто тако, *IP4* би се требао ослањати на резултате индустријских иницијатива или смерница као што је модел комплетне услуге за железницу, као и пројекте које финансира Европска заједница (*Shift2Rail, 2019*).

3.2 Истраживачке и иновативне активности у оквиру IP4 програма

Рад у *IP4* је организован тако да се остваре циљеви три области истраживања и иновација наведених у *Shift2Rail* плану, а то су: технички оквир, аликације за кориснике услуга и мултимодалне услуге путовања (*Shift2Rail, 2019*).

Технички оквир има за циљ да олакша мултимодално путовање у веома разноликом окружењу и са много различитих начина транспорта. Интегрисана платформа за резервисање транспортних рута има за циљ да пружи свеобухватну апликацију за куповину која комбинује све видове превоза, све операторе и све географске локације и пружа листу доступних понуда које су неопходне за резервацију и куповину карата. *IP4* приступ ће промовисати интеграцију података удружених путничких оператера и хармонизовање услуга као што је стручно планирање путовања. Иако је *IP4* организован кроз шест технолошких демонстраната са јасним и непреклапајућим циљевима, сви улазни подаци ће допринети специфичном *IP4* интегрисаном техничком демонстратору који ће деловати као кључни фактор развоја других технолошких демонстраната и који ће осигурати да системски приступ интегрише различите резултате технолошких демонстраната (*Shift2Rail, 2019*).

3.3 Пројекти у оквиру IP4 програма

С обзиром на све описане циљеве овог програма, може се рећи да су ови пројекти веома значајни за будући развој транспортних система, нарочито због тога што је један од њихових главних циљева постизање комплетне дигитализације свих система како би савремени транспортни ланци беспрекорно функционисали. Један од сегмената на који се ови пројекти односе је свакако и MaaS концепт. У оквиру овог рада дат је преглед 6 пројеката овог програма који имају директан или индиректан утицај на MaaS концепт. То су пројекти *COHESIVE, CONNECTIVE, My-Trac, MaaSive, Shift2MaaS и SPRINT*.Основни подаци о овим пројектима су дати у табели 1.

Табела 1. Приказ пројеката програма IP4 Shift2Rail-а

Редни број	Назив пројекта	Носилац пројекта	Вредност пројекта	Трајање пројекта
1.	COHESIVE	Португалија	4.039.491,45 евра	1.9.2017.-30.6.2022.
2.	CONNECTIVE	Шпанија	7.906.243,00 евра	1.9.2017.-30.6.2022.
3.	MaaSive	Велика Британија	11.692.236,26 евра	1.11.2018.-28.2.2021.
4.	My-Trac	Шпанија	3.494.476,25 евра	1.9.2017.-31.8.2020.
5.	Shift2MaaS	Белгија	1.499.906,25 евра	1.12.2018.-31.12.2020.
6.	SPRINT	Белгија	1.999.500,00 евра	1.12.2018.-31.12.2020.

3.3.1 COHESIVE

Пројекат COHESIVE има за циљ да прогресивно интегрише и демонстрира различите технолошке иновације развијене у другим *IP4* пројектима како би се створила интероперабилна околина у којој ће се даље развијати транспортни системи. (*Shift2Rail, 2019*). Сврха овог пројекта је заправо да се у окружењу које је мултимодално односно даје корисницима много избора између различитих видова транспорта створи једно јединствено окружење у коме ће се формирати савремени транспортни ланац који ће омогућити корисницима већу мобилност и пружити им превозну услугу према њиховим захтевима у односу на квалитет (*Mira, 2017*). Оно на чему је овај пројекат у основи базиран јесте 3I идеја која подразумева остварење три савремена концепта, а то су интероперабилност, интерконективност и интермодалност. Када ова три концепта буду постигнута, биће створена идеална подлога за остварење MaaS концепта који ће задовољити захтеве корисника на најбољи могући начин (*Heath, 2018*).

3.3.2 CONNECTIVE

Овај пројекат има за циљ да буде технички ослонац *S2R*-овог *IP4* програма који се бави пружањем савремених ИТ решења неопходних за формирање атрактивне транспортне услуге на железници која подразумева пружање услуге у складу са захтевима корисника у погледу квалитета превозне услуге, а то је свакако MaaS концепт према раније датим дефиницијама овог појма (*Shift2Rail, 2019)*. Овај пројекат је први у низу чији је циљ био да на већ постављеним темељима изврши интеграцију постојећих превозних услуга у једну складну целину у односу на захтеве тржишта. Кључна реч у овом пројекту је интероперабилност јер је неопходно да сви системи унутар формираног техничког оквира буду комплементарни како би могли да функционишу заједно као једна целина (*INDRA, 2018*). Овај пројекат има два основна приступа, а то су приступ који одређује који су подаци важни за које учеснике у процесу транспорта и приступ који подразумева распоређивање постојећих података на одређене сегменте транспортних ланаца. Први начин је успешно примењен у оквиру овог пројекта, док је други разматран само информативно као део једног другог раније спроведеног истраживања. (*Thales, 2018*).

3.3.3 MaaSive

Овај пројекат наставља и надопуњује рад који је обављен у оквиру претходних пројеката у области куповине карата, праћења путовања, резервације и издавања карата. Овај пројекат не само да унапређује постојеће *IP4* пројекте и повећава њихову функционалност, већ такође успоставља чврсту основу за даљи развој MaaS концепта. Циљеви овог пројекта јесу да се побољша функционалност постојећих модела и да се усклади њихов рад са новим моделима који ће се тек развијати, али и да се направи један интегрисани приступ који би увео MaaS концепт у постојеће системе на најефикаснији начин, у складу са захтевима свих учесника у овом коцепту. (*Shift2Rail, 2019*).

3.3.4 My-Trac

Овај пројекат има за циљ да понуди иновативну апликацију која би омогућила путницима једноставно коришћење, а транспортним оператерима једноставно сакупљање и анализу података о токовима путника и њиховим одабирима рута и начина превоза. Технологије које представља пројекат *My-Trac* се издвајају од осталих због три главна разлога. Прво, овај пројекат карактерише максимално укључивање корисника превоза у целокупан процес. Друго, апликације које су саставни део овог

пројекта захтевају укључивање великог броја стручњака из различитих области. И коначно, примена технологија представљених у овом пројекту омогућава веома једноставно прилагођавање различитих актера на транспортном тржишту у једну интегрисану целину (*Shift2Rail, 2019*).

3.3.4 Shift2MaaS

Главни циљ овог пројекта је да подржи прихватање различитих технологија које промовишу остали пројекти из *IP4* програма и превазиђе техничке препреке за усвајање нових интегрисаних платформи за мобилност, док је његов крајњи циљ да допринесе успостављању свих смерница изложених у Белој књизи из 2011. године. Главне смернице су уклањање препрека ка стварању интероперабилне мреже железница на територији целе Европе, затим подршка свих иновација које су повезане са тим циљем, али и подршка развоју јавних и масовних превоза, као што је железница да би они постали део једног модерног концепта као што је MaaS (*Shift2Rail, 2019*).

3.3.5 SPRINT

Циљ овог пројекта је побољшати перформансе постојећих транспортних система и дефинисати оквире интероперабилности како би ти системи могли да функционишу заједно у новим савременим транспортним моделима. Поред тога, неопходно је поједноставити све неопходне кораке потребне за интеграцију нових услуга и то кроз аутоматизацију свих операција чије је извршење неопходно како би се формирао јединствени транспортни модел (*Shift2Rail, 2019*).

4. ЗАКЉУЧАК

MaaS концепт је актуелна тема о којој се тренутно доста говори и као таква представља будућност савремених транспортних система. Железница у једном оваквом концепту има велике шансе да постане један од водећих видова превоза те стога не чуди чињеница да је само за припрему подлоге за имплементацију овог концепта на железници до сада уложено преко 30 милиона евра кроз 6 пројекта обрађених у овом раду. То само показује колики је не само економски, већ и друштвени значај ових пројеката и самог MaaS концепта јер је он заправо идеја будућности.

Коначном применом MaaS концепта, савремени транспортни системи ће се на најбољи могући начин прилагодити захтевима модерног друштва тако што ће бити конципирани као услуга која је у потпуности у складу са захтевима корисника у погледу квалитета превозне услуге. Поред тога, MaaS концепт је на основу свега изреченог еколошки прихватљив, ефикасан и исплатив начин превоза, што је за урбане средине од посебног значаја, нарочито ако се зна да ће се у наредном периоду становништво још више урбанизовати, а то са собом носи извесне последице које се само применом оваквих решења могу избећи.

5. ЛИТЕРАТУРА

Arnold, L. (2017). Data Sharing among mobility operators: legal obligations, voluntary cooperation and external disruptions. SBB

Audoin, M. (2017). What are consequences of digitalization on mobility services. Management of Network Industries

Biznis i finansije, Unutrašnja mobilnost radne snage i deficitarna zanimanja: Zaposlenje kao relativna kategorija, decembar/januar 2018/2019, preuzeto sa portala https://bif.rs/2019/01/unutrasnja-mobilnost-radne-snage-deficitarna-zanimanja-zaposlenje-kao-relativna-kategorija/

Camanzi, A. (2017). What is the impact of new mobility services on the rail sector and its regulation. Italian Transport Regulation Authority

Cambridge Dictionary, 2019, https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/mobility

Cubic, (2017), preuzeto sa portala https://www.cubic.com/news-events/news/cubic-highlight-one-account-and-mobility-service-enhancing-customer-experience

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Portal mobilnosti studenata, 2019, preuzeto sa portala http://mobility.ftn.uns.ac.rs/ dana 17. 9. 2019. godine

Ferrovie dello Stato Italiane, Mobility as a service and interoperability: new regulatory framework requirements

Finger, M. Bert, N. Kupfer, D. Bouchard, K. (2017). Which role for railway undertakings in the mobility of the future. Florence 14th Rail Forum

Heath S. (2018). COHESIVE – Report on major needs to address. Shift2Rail

INDRA. (2018). CONNECTIVE – Interoperability Framework Components. Shift2Rail

Kenny, S. (2017). What are consequences of digitalization on logistics. Transport and enviroment

MaaS Alliance, 2019, https://maas-alliance.eu/

Merriam - Webster, 2019, preuzeto sa portala https://www.merriam-webster.com/dictionary/mobility dana 17. 9. 2019. godine

Mira J. (2017). COHESIVE – Technical Principles Description. Shift2Rail

Mira J. (2018). COHESIVE – Configuration Management Plan. Shift2Rail

Saobraćajni fakultet, Beograd, Mobilnost u sistemu javnog gradskog transporta putnika, Slaven M. Tica, 2017.

SBB, Data Sharing among mobility operators: legal obligations, voluntary cooperation and external disruptions, Luca Arnold, 2017.

Shift2Rail, 2019, https://shift2rail.org/

Sobrino Ruiz, M. (2017). What is the impact of new mobility services on the rail sector and its regulation. Spanish Competition and Market Authority

Thales. (2018). CONNECTIVE – Data management analisys. Shift2Rail

Tica, S. (2017). Mobilnost u sistemu javnog gradskog transporta putnika. Beograd (Srbija): Saobraćajni fakultet

Transport and enviromen, What are consequences of digitalization on logistics, Samuel Kenny, 2017.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

BIG DATA IN EU FUNDS RESEARCH PROJECTS WHICH SUPPORTING RAILWAY DEVELOPMENT

BIG DATA У ИСТРАЖИВАЧКИМ ПРОЈЕКТИМА ЕУ ФОНДОВА КОЈИ ПОДРЖАВАЈУ РАЗВОЈ ЖЕЛЕЗНИЦЕ

Aleksandar Filipović[a], Teodora Milenković[a], Branislav Bošković[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, aleksandarfilipovic48@gmail.com, tea.milenkovic95@gmail.com, b.boskovic@sf.bg.ac.rs*

Apstract: *The Big Data concept emerged as part of the fourth industrial revolution as a result of the development of modern computers, highly affordable data storage devices and increased data collection potential. The main goal of deploying Big Data technologies is the ability to collect and manage large amounts of data in real time. Within this paper, the concept of Big Data technologies was presented through a presentation of 8 research projects supported by European Union funds. Particular emphasis was placed on the application of Big Data technologies in the transportation of goods by rail. The analysis of the selected projects gives a clearer picture of the current and future application of Big Data technologies on the rail, and especially in the segment of freight transport by rail.*

Key words: *Big Data, Industry 4.0, railway*

Апстракт: *Концепт Big Data настао је у оквиру индустријске револуције 4.0 као последица развоја савремених рачунара, веома приступачних уређаја за складиштење података и повећаног потенцијала за прикупљање различитих података. Основни циљ примене Big Data технологија је могућност прикупљања и управљања великом количином података у реалном времену. У оквиру овог рада представљен је концепт Big Data технологија кроз приказ 8 истраживачких пројеката који су подржани од стране фондова Европске Уније. Посебан акценат стављен је на примену Big Data технологија у транспорту робе железницом. Анализом одабраних пројеката добијена је јаснија слика о тренутној, али и будућој примени Big Data технологија на железници, а посебно у сегменту транспорта робе железницом.*

Кључне речи: *Big Data, Четврта индустријска револуција, железница*

1. УВОД

Дефинисати појам *Big Data* није нимало лак задатак. У литератури се може наћи више различитих дефиниција, али се све темеље да томе да је то способност да се великом брзином обрађује велика количину података иако ти подаци долазе из различитих извора (European Union Agency for Railways, 2016, страна 8).

Појам *Big Data* се често користи када се говори о великој количини података која превазилази могућности најчешће коришћеног софтвера дизајнираног за складиштење, обраду и управљање подацима. *Big Data* представља еволуцију техника аналитике у прошлости и последицу повећане рачунарске моћи, драматичног смањења цена уређаја за складиштење и повећаног потенцијала за прикупљање података. (European Union Agency for Railways, страна 7).

Најједноставније речено *Big Data* представља комбинацију потребног хардвера и софтвера који је способан да великом брзином обради структуриране и неструктуриране податке који могу бити у облику система, модела или алгоритма. *Big Data* треба да буде у стању да претвори податке у корисне информације како би се побољшао сам систем и то пружањем правовремених информација крајњим корисиницима (European Union Agency for Railways, 2016, страна 8). У оквиру овог рада прво су дате основне информације о порталу *Shift2Rail* и платформи *CORDIS* (Поглавље 2). Затим су представљени

пројекти у оквиру ових портала (Поглавље 3) чији је циљ да се истражи будућа примена *Big Data* технологија у оквиру железнице и дата анализа истих пројеката.

2. ПРОГРАМИ И ОРГАНИЗАЦИЈА ФИНАСИРАЊА ПРОЈЕКАТА ЕУ

Будућност примене *Big Data* технологија на железници се најбоље може сагледати кроз анализу појединих пројеката дефинисаних управо за развој ове технологије. У овом раду анализирани су пројекти са платформе *CORDIS* и портала *Shift2Rail.*

У оквиру овог поглавља представљене су основне информације о платформи *CORDIS* и порталу *Shift2Rail* које се односе на примарне циљеве оба портала, податке до којих се може доћи коришћењем ових портала као и области које покривају.

Након тога представљени су пројекти који се односе на будућу примену *Big Data* технологија на железници и ти пројекти су одабрани са циљем да се покрије што више области у оквиру железничког сектора.

2.1 CORDIS

CORDIS представља скраћеницу од *The Community Research and Development Information Service* или у преводу Информативна служба за истраживање и развој у заједници. *CORDIS* представља примарни извор резултата пројеката који су финансирани из програма ЕУ за истраживање и иновације (од FP1 до Horizon 2020) (*CORDIS*, 2019).

Мисија *CORDIS*-а је да представи резултате истраживања различитим стручњацима како би унапредили своја знања, створили иновативне производе и услуге и подстакли раст широм Европе (*CORDIS* 2019).

CORDIS садржи различите податке о пројектима које поседује Европска комисија, као што су листови о пројектима, учесници, публикације, извештаји, линкови и друго (*CORDIS*, 2019).

Како би олакшао проналажење релевантних резултата за поједине кориснике *CORDIS* производи сопствени спектар публикација и чланака. Издања за штампање су на енглеском језику, док су веб верзије доступне на немачком, италијанском, пољском и шпанском (*CORDIS*, 2019).

Ова платформа садржи научне радове, пројекте, публикације, итд. из различитих области. Неке од тих области су транспорт и мобилност, здравље, душтво, безбедност, енергија, дигитална економија и многе друге (*CORDIS*, 2019).

2.2 Shift2Rail

Shift2Rail је прва европска иницијатива чији је циљ почетак истраживања и увођења иновација у сам железнички транспорт кроз убрзање интеграције нових и напредних технологија у сам транспорт. Овај програм промовише повећање конкурентности железнице и нове промене које су железничком транспорту у Европи неопходне. Програм функционише под окриљем актуелног фонда Horizon 2020.

Главни циљ овог програма јесте двоструко увећање капацитета железнице у Европи и повећање поузданости и безбедности за 50% уз смањење трошкова. (www.shif2rail.org, 2019).

Пријаве за добијање новчаних средстава из овог програма се одвијају према правилима фонда Horizon 2020 и за њих може да се пријави било која држава. Након завршених пријава, независна комисија бира оне пројекте који ће се финансирати. Пријаве се могу извршити преко интернет платформе програма. На њој се налази списак потребне документације, као и начин на који се заинтересоване стране могу пријавити (www.shif2rail.org, 2019).

У оквиру Shift2Rai-а постоји пет иновативних програма и то су:

- IP1: увођење нових поузданих возова, укључујући и возове великих брзина и великог капацитета;
- IP2: програм се односи на развој напредних система за надзор, праћење и контролу кретања возова;
- IP3: програм за развој повољних и одрживих елемената инфраструктуре;

- IP4: увођење информационо-комуникационих технологија на железницу у складу са свакодневним променама које се дешавају у IT сектору;
- IP5: увођење промена у транспорт са циљем успостављања одрживог и атрактивног железничког транспорта (www.shif2rail.org, 2019).

Shift2Rail окупља различите заинтересоване стране из железничког сектора, као што су произвођачи железничке опреме, менаџери инфраструктуре, железничка предузећа, истраживачки центри и универзитети са циљем да успоставе сарадњу, да координирају иновације и размењују стручна знања (www.shif2rail.org, 2019).

3. ПРОЈЕКТИ КОЈИ ПОДРЖАВАЈУ ПРИМЕНУ BIG DATA ТЕХНОЛОГИЈА

У оквиру истраживања анализирано је 8 пројеката (Табела 1) који подржавају примену *Big Data* технологија. У табели су дати основни подаци о пројектима: примарни циљеви пројекта, цена пројекта, портал где је пројекат представљен, као и број пројеката који имају заједнички циљ. Одабрани пројекти су анализирани са циљем да се утврде сви подсистеми железнице у којима се користи и у којима ће се користити *Big Data* технологија.

Табела 1. Пројекти који подржавају примену Big Data технологија

Пројекат	Циљ пројекта	Цена (ЕУР)	Портал	Број пројеката
ASSETS4RAIL	Развој софтвера за праћење стања инфраструктуре	4 710 161, 25	S2R	2
GOSAFERAIL		1 298 750, 00	S2R	
IN2SMART	Развој система за прикупљање података о стању теретних кола у циљу оптимизације процеса	16 405 562,56	S2R	2
FR8HUB		9 900 990,00	CORDIS	
INOWWAG	Развој софтвера за праћење теретних кола	1 500 562,50	S2R	2
OptiYard		1 499 900,00	S2R	
SAFTInspect	Развој уређаја и софтвера за прикупљање података о стању скретница	1 419 312, 50	CORDIS	1
IN2DREAMS	Развој ИТ решења за прикупљање података за ефиксано управљање железничком имовином и потрошњом енергије	2 195 715,00	S2R	1

1) ASSETS4RAIL (Measuring, monitoring and data handling for railway assets; bridges, tunnels, tracks and safety systems - Мерење, праћење и управљање подацима везаним за стање железничке инфраструктуре; мостови, тунели, колосеци и сигурносни системи).

Општи циљ овог пројекта је да допринесе развоју IP3 програма у оквиру *Shif2Rail*-а, а то је постизање трошковно ефикасне и поуздане железничке инфраструктуре. Пројекат има за циљ да допринесе изради платформе за прикупљање и представљање података о мерењу и праћењу стања инфраструктуре који долазе из различитих извора. Подаци о стању железничке инфраструктуре прикупљају се помоћу одређених сензора постављених на возила, мостове, колосеке и у тунелима. На основу прикупљених података управљачи инфраструктуре добијају јасну слику о тренутном стању на основу које могу да утичу на будућа улагања и унапређење тренутног стања инфраструктуре (Assets4Rail, 2019).

2) GOSAFERAIL (Global Safety Management Framework for RAIL Operations- Глобални оквир за управљање безбедношћу у оквиру железничких операција)

У оквиру овог пројекта јављају се истраживачке активности које су организоване у три техничка радна пакета од којих је сваки фокусиран на кључну тему неопходну за потпуни опис динамике проблема (*Shift2Rail*, 2019).

Радни пакет под редним бројем један, фокусиран је на глобалну методологију процене ризика, која ће користити постојеће праћење и оперативне податке о тренутном стању инфраструкутре у циљу откривање различитих предмета на пругама (Go Safe Rail, 2019).

Други радни пакет, фокусиран је на паметно планирање и мобилност железничких операција на основу прикупљених података о кретању жлезничкох кола (Go Safe Rail, 2019).

Главни циљ трећег радног пакета је развити алат за подршку одлучивању који ће помоћи управљачима инфраструктуре и превозницима планирање средстава и операција на железничкој мрежи на интегрисан начин (Go Safe Rail, 2019).

3) IN2DREAMS (INtelligent solutions 2ward the Development of Railway Energy and Asset Management Systems in Europe - Интелигентна решења другог реда. Развој система за управљање енергијом и железничком имовином)

Развој овог пројекта иде у две фазе то су:

Фаза 1: Управљање подацима везаним за енергију

Фаза 2: Управљање подацима везаним за имовину

Циљ овог пројекта је развој јединствене комуникационе платформе за прикупљање података везаних за потрошњу енергије као и за стање железничке имовине које се процењује помоћу одређених сензора. Прикупљањем ових података долази се до увида у тренутно стање и предузимају се одређени кораци у смеру унапређења стања железничке имовине и смањења потрошње енергије (In 2 Dreams, 2019).

4) IN2SMART (Intelligent Innovative Smart Maintenance of Assets by integRated Technologies - Интелигентно, иновативно, паметно одржавање средстава путем интегрисаних технологија)

Циљ пројекта је развој платформе за прикупљање, мониторинг, обраду и складиштење података о стању железничке имовине. Подаци се прикупљају помоћу одређених уређаја који се постављају на железничка возила или на елементе инфраструктуре. На основу анализе прикупљених података могу се доносити одлуке о будућим улагањима и развоју стратегије одржавања железничке имовине (In 2 Smart, 2019).

5) SAFTInspect (Ultrasonic inspection solution for railway crossing points - Решења за ултразвучно испитивање железничких прелазних тачака)

Скретнице су повргнуте оштећењима која настају кретањем возова и то може проузроковати различите поремећаје у одвијању саобраћаја. Железнички сектор укључује компаније које у тачно прописаном периоду морају прегледати скретнице. Пројекат SAFTInspect је једино решење које гарантује потпуну инспекцију скретница и такође пратити стање кроз време помоћу базе података (*Big Data*) (*CORDIS*, 2019). Подаци о стању скретница који се прикупљају помоћу специјализованог уређаја и складиште се у базу података. Ти подаци су неопходни при предузимању будућих корака у одржавању скретница као и санирању оштећења. (Saft Inspect, 2019).

6) FR8HUB (Real time information applications and energy efficient solutions for rail freight - Информације у реалном времену и енергетски ефикасна решења за транспорт робе железницом)

Циљ овог пројекта је унапређење транспора робе железницом кроз развој софтвера за прикупљање различитих података. То су подаци о стању и положају теретних кола у циљу отпимизације процеса у ранжирним станицама као и на отвореној мрежи. Такође овако креирана база података омогући ће бољу комуникацију између менаџера инфраструктуре и превозника (*CORDIS* 2019).

7) INNOWAG (INNOvative monitoring and predictive maintenance solutions on lightweight WAGon - Иновације при праћењу и планирању одржавања теретних кола)

Пројекат одређује како ефикасно интегрисати иновативне технологије за праћење стања терета и нових теретних кола високих перформанси, подржан ефикасним технологијама праћења стања и предиктивним моделима одржавања одрживог и атрактивног европског железничког транспорта (*Shift2Rail 2019*). Праћење стања терета и теретних кола врши се кроз развој аутономног сензорског система са сопственим напајањем (*Shift2Rail 2019*).

8) OptiYard (OptiYard-Optymised Real time Yard and Network Management- Оптимизација времена проведеног у станицама и на мрежи)

Овај пројекат има за циљ развој софтвера за симулацију будућег кретања теретних кола у ранжирним станицама на основу прикупљених података о тренутном кретању кола (OptiYard, 2019). Такође циљ пројекта је и унапређење комуникације између управљача инфраструктуре и железничких предузећа, у циљу оптимизације процеса у ранжирним станицама (OptiYard, 2019).

4. ЗАКЉУЧАК

У научно-истраживачким пројектима финансираним из фондова ЕУ све је присутнија тема примене *Big Data*. *Big Data* има веома широку примену у саобраћају, а посебно у транспорту робе железницом. Анализом пројеката са платформе *CORDIS* и портала *Shift2Rail* може се закључити да *Big Data* налази примену у свим подсистемима железнице: код одржавања инфраструктуре, одржавања и праћења теретних кола, оптимизација процеса у ранжирним станицама, ефикаснијег управљања потрошњом енергије итд. Имплементација *Big Data, као* и других технологија, имају за циљ повећање конкурентности железничког транспорта и атрактивности железничке услуге у складу са захтевима корисника.

5. ЛИТЕРАТУРА

Assets4Rail, (2019). http://www.assets4rail.eu, datum pristupa sajtu 12.08.2019.

CORDIS, (2019). https://cordis.europa.eu, datum pristupa sajtu 13.08.2019.

D'Agostino, A., Abillit, J., Caar, C. (2016). European Union Agency for Railways, Big data in railways, strana 7-25, datum pristupa sajtu 10.08.2019.

Go Safe Rail (2019), http://www.gosaferail.eu, datum pristupa sajtu 14.08.2019.

In 2 Dreams (2019) http://www.in2dreams.eu, datum pristupa sajtu 14.08.2019.

OptiYard (2019), https://optiyard.eu, datum pristupa sajtu 17.08.2019.

Saft Inspect (2019), http://docs.saftinspect.eu, datum pristupa sajtu 17.08.2019.

Shift 2 Rail (2019), https://shift2rail.org, datum pristupa sajtu 22.08.2019.

Shift 2 Rail (2019), https://shift2rail.org/research-development/, datum pristupa sajtu 22.08.2019.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

STUDENT'S AND YOUNG PEOPLE'S INTEREST IN BEING A TRAIN DRIVER

ZAINTERESOVANOST UČENIKA I MLADIH ZA ZANIMANJE MAŠINOVOĐA

Nemanja Stevanović[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, nemanjastevanovic.nexi93@gmail.com*

Apstract: *Bearing in mind that in the next 5-10 years a great natural outflow of train drivers is expected, as well as the expected increase in rail work and the need for train drivers, the question arises as to whether the existing education system will be able to respond to the expected market demands. If this can not be achieved then one of the solutions could be the establishment of training centers for train drivers, which represent a modern way of training for this type of occupation. The subject of this paper is the assessment of the interest of students of secondary railway technical schools of the educational profile train driver for a job in that field immediately after the completion of high school. The results of this research should show the numerical status of high school students who have chosen this kind of occupation, the reasons why students enrolled in the secondary rail school and the percentage of students who are interested in dealing with the job of a train driver in the future. For this purpose, the survey used pupils of all grades of the education profile of train drivers at the secondary railway school in Belgrade. In the end, a discussion was held about the expectations in the future about meeting the market demands for train drivers based on the survey results.*

Key words: *training center, survey, train driver*

Apstrakt: *Imajući u vidu da se u narednih 5-10 godina u Srbiji očekuje veliki prirodni odliv mašinovođa, kao i očekivano povećanje rada na železnici i potreba za mašinovođama, postavlja se pitanje da li će postojeći sistem školovanja moći da odgovori na očekivane zahteve tržišta. Ukoliko to nije moguće postići onda jedno od rešenja može biti osnivanje trening centara za mašinovođe, koji predstavljaju savremeni način osposobljavanja za ovu vrstu zanimanja. Predmet ovog rada je ocena zainteresovanosti učenika srednjih železničkih tehničkih škola obrazovnog profila tehničar vuče u Srbiji za posao u struci odmah nakon završetka srednje škole. Istraživanje je izvršeno u cilju utvrđivanja broja srednjoškolaca koji su se opredelili za ovu vrstu zanimanja, razloge zbog kojih su učenici upisali srednju železničku školu i procenat učenika koji su zainteresovani da se bave poslom mašinovođe nakon završetka srednje škole. Za metod istraživanja je odabrana anketa. Anketirani su učenici svih razreda obrazovnog profila tehničar vuče u srednjoj železničkoj školi u Beogradu. Na osnovu rezultata ankete data je diskusija i zaključci u pogledu zadovoljenja zahteva tržišta za mašinovođama u Srbiji.*

Ključne reči: *trening centar, anketa, mašinovođa.*

1. UVOD

U odnosu na Evropu, regrutacija mašinovođa u Srbiji se odvija kroz tradicionalni sistem školovanja za mašinovođe - pohađanje srednjih stručnih škola za železnička zanimanja. Sa druge strane, u Evropi su razvijeni tržišni mehanizmi regrutovanja mašinovođa koji se odvija kroz skraćene kurseve svršenih srednjoškolaca ili tzv. trening centre. Ovaj sistem je regulisan i kroz zakonodavstvo EU (Direktiva 2007/59/EZ, Uredba Komisije 36/2010, Odluka Komisije 2011/765/EU).

U železničkim preduzećima u Srbiji starosna struktura mašinovođa je takva da će se u narednih 5÷10 godina desiti veliki prirodni odliv mašinovođa. Istovremeno, sa značajnim ulaganjima u železnički sektor Srbije očekuje se povećanje obima rada i potreba za mašinovođama. Postavlja se pitanje da li će postojeći sistem školovanja i zainteresovanost mladih moći da odgovore na očekivane zahteve tržišta. Ukoliko to nije moguće

onda jedno od rešenja može biti osnivanje trening centara za mašinovođe. U cilju donošenja odluke o osnivanju trening centara, prethodno je potrebno ispitati da li će postojeći sistem školovanja moći da zadovolji potrebe na tržištu železničkih radnika.

Odgovor na ova pitanja, pored istraživanja tražnje za mašinovođama i kapaciteta škola, zahteva i sagledavanje zainteresovanosti učenika obrazovnog profila tehničar vuče u srednjim školama (koji već pohađaju škole za mašinovođu) za obavljanje ove delatnosti nakon završetka školovanja. Primenjeni metod ocene ove zainteresovanosti je anketa.

2. TRENUTNI SISTEM ŠKOLOVANJA MAŠINOVOĐA

Današnji sistem školovanja za mašinovođe predviđa pohađanje srednje stručne škole obrazovnog profila tehničar vuče. Školovanje za ovu vrstu železničkog zanimanja traje četiri godine prema planu i programu koje je odobrilo nadležno ministarstvo prosvete i koje predviđa sticanje teorijskih i praktičnih veština za obavljanje svojih dužnosti za posao mašinovođe (Stevanović, 2017).

Osnivač prve srednje železničke škole u Srbiji je bio ŽTP Beograd. Posledično, ova škola je prevashodno služila za obrazovanje železničkih radnika i službenika na železnici prema potrebama ključnih zanimanja ovog monopolski organizovanog sistema. Stoga, u školi je među upisanima bilo najviše dece već zaposlenih radnika na železnici nastavljajući tako porodičnu tradiciju što je bilo karakteristično za pojedine javne sisteme. Vremenom se ova stuktura učenika u srednjoj železničkoj školi menjala.

Danas, u Republici Srbiji postoje četiri srednje škole koje u svom sastavu imaju obrazovni profil tehničar vuče:

1) Železnička tehnička škola, Beograd;
2) Mašinska škola, Niš;
3) Saobraćajna škola „Pinki“, Novi Sad;
4) Tehnička škola „Ivan Sarić“, Subotica.

Broj raspoloživih mesta za obrazovni profil tehničar vuče po navedenim školama, kao i broj upisanih đaka u prethodne tri školske godine je predstavljen u tabeli 1. Može se uočiti da se popunjenost kapaciteta u srednjim stručnim školama za zanimanje mašinovođe u poslednje tri godine kreće od 83% (2018/2019) do 67% (2019/2020). Očigledan je opadajući trend.

Treba napomenuti da Tehnička škola „Ivan Sarić“ iz Subotice, koja inače upisuje nove polaznike na ovaj obrazovni profil svake druge godine, školske 2018/2019. godine nije osnovala obrazovni profil tehničar vuče zbog nedovoljnog broja prijavljenih kandidata.

Tabela 1: Broj predviđenih mesta i broj upisanih učenika na obrazovni profil tehničar vuče u srednjim stručnim školama u Srbiji za školsku 2017/18, 2018/19 i 2019/2020. godinu

Godina upisa	2017/2018		2018/2019		2019/2020	
Naziv škole/ kvota	Raspoloživ broj mesta	Broj upisanih	Raspoloživ broj mesta	Broj upisanih	Raspoloživ broj mesta	Broj upisanih
Železnička tehnička škola - Beograd	30	27	30	25	30	30
Mašinska škola - Niš	/	/	30	16	/	/
Tehnička škola „Ivan Sarić“ - Subotica	30	15	/	/	/	/
Saobraćajna škola „Pinki“ - Novi Sad	30	30	30	30	30	10

(Izvor podataka: http://www.upis.mpn.gov.rs/Cir/Pocetna, pristupljeno 15.08.2019)

Sa druge strane, Tabela 2 pokazuje da se procenat onih koji završe u odnosu na upisanost kreće od 53% do 83%. U prethodnih pet godina od ukupno 180 upisanih učenika, 123 je završilo srednju školu, što predstavlja 68%. Razlozi mogu biti različiti, kao što su promena životne orjentacije i upis druge srednje škole, ispis iz srednje škole zbog loših ocena ili možda gubitak zdravstvene grupe. Delimične odgovore na razloge za ovakve statističke pokazatelje je pokazala i anketa.

Tabela 2: Broj upisanih učenika i broj učenika koji su završili za tehničara vuče u Železničkoj tehničoj školi u Beogradu u periodu 2009-2013. godine

Školska godina	Upisano	Završilo	Završilo (%)
2009/2010	30	25	83,33%
2010/2011	60	34	53,12%
2011/2012	30	22	73,33%
2012/2013	30	23	76,66%
2013/2014	30	19	63,33%
Ukupno	**180**	**123**	**68,33%**

(Izvor podataka: http://www.ztskola.edu.rs/strane/singl.php?strana=8, pristupljeno 15.08.2019.)

3. ANKETA – CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja su saznanja o percepciji i mišljenju učenika srednje Železničke tehničke škole o budućem zanimanju, tj. profesionalnoj orijentaciji. Ciljnu grupu čine učenici svih razreda obrazovnog profila tehničar vuče.

U radu su definisana tri zadatka i tri hipoteze.

Zadatak 1: Utvrditi oblik motivisanosti za rad u struci i uticaj nekih socio-demografskih promenljivih (mesto prebivališta i razred) na nivo i vrstu motivacije za budući poziv.

Zadatak 2: Ustanoviti nivo kompetentnosti za obavljanje poslova iz struke.

Zadatak 3: Ispitati kakvi su planovi za budućnost – dalje stručno usavršavanje ispitanika.

Hipoteza 1: Pretpostavlja se da postoje razlike u vrsti motivisanosti za rad u struci u odnosu na to da li je inicijalno postojao uticaj okruženja na donešenu odluku, kao i uticaj socio-demografskih promenljivih.

Hipoteza 2: Pretpostavlja se da ispitanici različito samoprocenjuju svoju kompetentnost za rad u struci, u odnosu na razred, mišljenje o odnosu teorijske i praktične nastave i trenutnih metoda rada u školi.

Hipoteza 3: Pretpostavlja se da postoje razlike u planovima ispitanika u pogledu profesionalne orijentisanosti u odnosu na razred i interesovanja ispitanika.

Forma ankete sa uzorkom i obradom podataka

- **Instrument**

Anketiranje je izvršeno u junu 2018. godine. Anketni upitnik se sastojao od 18 pitanja (zatvorenog i kombinovanog tipa) na koje su učenici davali odgovore dopunjavanjem ili zaokruživanjem jednog od ponuđenih odgovora. Dodatno, većina pitanja su konstruisana tako da se njihovi odgovori mogu kombinovano posmatrati i diskutovati u cilju donošenja nekog zaključka.

Anketu u pogledu strukture čine tri celine, i to:

1) socio-demografske karakteristike učenika;
2) opredeljenja učenika;
3) kvalitet dosadašnjeg načina obuke za mašinovođe.

- **Statistička obrada podataka**

Nakon obavljenog anketiranja na osnovu odgovora učenika izvršena je obrada podataka u statističkom softveru IBM SPSS verzija 25. Kvalitativni podaci dobijeni primenom instrumenata izraženi u frekvencama prikazani su tabelarno i tekstualno. Za ispitvanje razlika u mišljenju učenika prema profesionalnoj orijentaciji u odnosu na neke socio-demografske varijable, primenjen je $\chi 2$ test, a veličina efekta izražena je koeficijentom kontigencije *C*.

- **Osnovne karakteristike uzorka**

Osnovni statistički skup u kojem je istraživanje sprovedeno čine učenici srednje tehničke škole, tj. „Železničke tehničke škole“ (N = 68). Uzorak nije ujednačen prema polu, u školu su većinom upisani ispitanici muškog pola (n = 65), dok je pripadnica ženskog pola bilo znatno manje (n = 3).

Anketirani učenici koji pohađaju nastavu u ovoj školi, dolaze iz različitih krajeva Srbije: iz Vojvodine 6 ispitanika (8,82%), Centralne Srbije, odakle je najveći broj ispitanika, 47 (69,12%), Zapadne Srbije 8 ispitanika (11,76) i iz Južne Srbije 7 ispitanika (10,29%). Uzorkom je obuhvaćeno 25 (36,76%) učenika prve godine, 16 (23,53%) druge, 13 (19,12%) treće i 14 (20,59%) četvrte godine srednje škole.

4. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Na osnovu primenjenog $\chi 2$ testa, posmatrani su odgovori učenika, zajedno sa njihovim frekvencijama („f“-frekvencija, tj. broj učenika), kao i veličina efekta (veza između pitanja) koja je izražena koeficijentom kontigencije *C*. Vrednost $\chi 2$ testa dobijena u softweru IBM SPSS upoređivana je sa graničnim vrednostima $\chi 2$, za pragove značajnosti 0,05 i 0,1 i na osnovu toga je donesen zaključak da li među ukrštenim pitanjima postoje statistički značajne razlike u opredeljenju (odgovorima) učenika.

Ispitivane su tri dimenzije profesionalne orijentacije učenika: motivisanost, samoefikasnost i dalje stručno usavršavanje. Primer pitanja koje se odnosi na motivisanost učenika glasi: *Da li je Vaš izbor bio da upišete smer tehničar vuče ili ste to upisali po preporuci Vama bliskih osoba?* Primer pitanja koje se odnosi na kompetentnost za rad u struci glasi: *U kojoj meri se osećate osposobljenim za posao mašinovođe?* Poslednja dimenzija koja je ispitana se odnosi na planove o nastavku edukacije na fakultetu, a primer pitanja iz upitnika glasi: *Da li planirate da nastavite školovanje na fakultetu ili visokoj školi?*

4.1 Motivisanost za rad u struci

Na osnovu pitanja i odgovora koje se odnosi na motivisanost učenika za rad u struci: „Ukoliko bi Vam se ukazala mogućnost da odmah nakon završetka srednje škole dobijete posao mašinovođe u nekom od preduzeća bilo državno ili privatno, da li biste to prihvatili?“ uočeno je da bi učenici prve godine srednje stručne škole, njih 17, češće prihvatili posao u struci u odnosu na učenike završnog razreda srednje stručne škole, njih 11. Međutim, takvi rezultati nisu statistički značajni iz razloga što godine provedene u školi dovode do promene životne orijentacije, te se ne može sa sigurnošću tvrditi da će učenici prve godine, nakon tri godine provedene u školi, imati isti stav prema poslu u struci.

Kombinacijom više pitanja dobijeni su sledeći rezultati:

- ukrštanjem pitanja koja se odnose na unutrašnju i spoljašnju motivaciju učenika, dobijeni su rezultati da od celokupnog uzorka čak 52 ispitanika koja su unutrašnje motivisana za obavljanje poslova mašinovođe istovremeno su zadovoljni visinom zarade, te bi prihvatili posao, dok svega 4 ispitanika nije zainteresovano za ovaj poziv shodno visini mesečnog prihoda;
- ukrštanjem pitanja koja se odnose na unutrašnju motivaciju i da li se neko u porodici bavi/bavio poslom na železnici dobijeni su rezultati da ispitanici čiji se član porodice bavi ovim poslom, najčešće (f = 31) žele da se bave ovim pozivom, što je negde oko polovine uzorka 45,59%.

Tabela 3: Odnos unutrašnje i spoljašnje motivacije prema budućem zanimanju

Spoljašnja motiv. / Unutrašnja motiv.	Da	Ne	
	f	f	∑
Da	52	4	56
Ne	3	9	12
∑	55	13	68

- $\chi^2 = 29{,}428$ $df = 1$ $p = 0{,}000$ $C = 0{,}55$

Prema rezultatima prikazanim u Tabeli 4, 54 ispitanika koji su samostalno doneli odluku o smeru koji žele da pohađaju zadovoljno je donesenom odlukom. Koeficijent kontigencije (C = 0,595) dokazuje značajnost te veze.

Tabela 4: Zadovoljstvo odabirom smera u odnosu na način donesene odluke

Odluka / Smer	Samostalno	Preporuka	
	f	F	∑
Da	54	2	56
Ne	3	9	12
∑	57	11	68

$\chi^2 = 37{,}184$ $df = 1$ $p = 0{,}000$ $C = 0{,}595$ Granična vrednost χ^2=6,635

Na osnovu prikazanih rezultata može se reći da ispitanici čiji se član porodice bavi, ili bavio poslom na železnici, najčešće žele da se bave poslom na železnici što je negde oko polovine uzorka 45,59%. Direktan faktor uticaja trećeg lica je sveden na minumum, imajući u vidu da je oko 80% učenika samovoljno izabralo željenu školu i željeni obrazovni profil.

Prikazani rezultati sugerišu na delimično prihvatanje postavljene hipoteze.

4.2 Osećaj kompetentnosti za obavljanje poslova iz struke

U pogledu osposobljenosti za posao u struci odmah nakon završetka srednje škole 88% učenika percepira sebe dobro osposobljenim, ali isto tako smatraju da neophodno unaprediti praktičnu nastavu i povećati fond njenih časova. I u ovom slučaju se može delimično prihvatiti postavljena hipoteza.

Tabela 5. (Ne)zadovoljstvo metodama rada u osposobljavanju za budući poziv

Promena metoda rada	*f*	%
Da	40	58,8
Ne	28	41,2
∑	68	100,00

4.3 Planovi za budućnost – dalje stručno usavršavanje

Većina učenika iz uzorka ne namerava da nastavi školovanje, tačnije njih 41 (60,3%). Učenici koji su motivisani za studije, upitani su na kom fakultetu će nastaviti da se obrazuju. Najčešći odgovor učenika je bio Viša železnička škola, 27 učenika se izjasnilo za nastavak stručnog usavršavanja u struci, dok je 7 učenika izabralo neki od fakulteta koji nisu u vezi sa trenutnim obrazovanjem.

Tabela 6. Mišljenje učenika o nastavku školovanja

Mišljenje o studijama	*f*	%
Da	27	39,7
Ne	41	60,3
∑	68	100,00

Učenici su takođe pitani da li planiraju odlazak u inostranstvo, na osnovu njihovih odgovora zaključeno je da su mišljenja ispitanika o napuštanju zemlje prilično ujednačena, tj. nešto više od polovine uzorka namerava da ode u inostranstvo nakon završetka srednje škole. Učenici su upitani o razlozima napuštanja rodnog mesta, a odgovori koji su dobijeni su bili donekle očekivani: 20 ispitanika (57,14%) želi da ode u potrazi za boljim uslovima života, 9 (25,71%) ima rođaka u inostranstvu, i 6 (17,14%) je ostalo (sport, bolje vrednovanje diplome i sl.). I u ovom slučaju se postavljena hipoteza delimično prihvata.

5. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima ankete, učenici su u najvećoj meri samovoljno birali srednju školu i obrazovni profil. Pokazalo se da je faktor tradicije u porodici i dalje značajan i da ima veliki, indirektan, uticaj na opredeljenje učenika. Učenici koji dolaze iz „železničke porodice“ su brojno dominantniji među učenicima koji su se izjasnili da bi prihvatili posao u struci odmah nakon srednje škole. Suprotno tome, učenici koji ne žele da se odazovu ovom pozivu uglavnom planiraju nastavak školovanja ili odlazak u inostranstvo.

Na osnovu ankete iz Železničke škole u Beogradu godišnje izađe 20 osposobljenih mašinovođa spremnih da se posvete poslu u struci. Uzimajući ovaj podatak, uz određeni rizik, kao merodavan u proceni broja mašinovođa koji će završiti i biti spreman da radi posao mašinovođe i za narednih pet godina, samo ova škola će osposobiti oko 100 mašinovođa.

Mašinska škola iz Niša upisuje učenike na obrazovni profil tehničar vuče svake druge godine. Poslednja upisna godina bila je 2018/2019. kada je upisano svega 16 učenika od 30 raspoloživih mesta. Ukoliko rezultate ankete iz Beograda primenimo i na ovu školu onda bi svake druge godine imali 11 osposobljenih i zainteresovanih učenika za obavljanje posla mašinovođe. Na ovaj način posmatrano, za period od pet godina ova škola bi osposobila oko 30 mašinovođa spremnih da rade taj posao.

Saobraćajna škola "Pinki" iz Novog Sada upisuje 30 novih učenika na obrazovni profil tehničar vuče. Primenjujući i ovde rezultate ankete iz Železničke škole u Beogradu, iz ove škole bi godišnje izlazilo 20-ak školovanih mašinovođa spremnih da taj posao i rade. Uzimajući ovaj podatak, uz određeni rizik kao i kod ostalih škola, za narednih pet godina iz ove škole bi izašlo oko 100 mašinovođa.

Sumiranjem dobijenih rezultata o perspektivnom broju mašinovođa izašlim iz srednjih škola u Srbiji, uz zadržavanje nivoa zainteresovanosti iz poslednje godine upisa učenika i za rad prema sprovedenoj anketi, postojeći sistem školovanja bi u narednih pet godina izbacio iz školskih klupa približno oko 230 mašinovođa zainteresovanih za rad odmah nakon srednje škole. S obzirom da se samo prema podacima Srbija voza a.d. i Srbija Karga a.d. očekuje da u narednih pet godina preko 300 mašinovođa ode u penziju, to je već sada izvesno da će prema sadašnjim podacima i sprovedenoj anketi biti značajan nedostatak mašinovođa na tržištu radne snage. Zaključak, dakle, upućuje na potrebu osnivanja trening centara za mašinovođe.

Sve tri postavljene hipoteze u ovom radu mogu se prihvatiti sa određenim rizikom. Razlog za to leži u činjenici da na mišljenje, u vremenu globalizacije i prevelike količine informacija, postoje značajni drugi motivi koji nisu obuhvaćeni ovim istraživanjem. U literaturi ti faktori su poznati kao egzogeni faktori i vrlo teško ih je sve obuhvatiti. A takođe postoje i oni koji su specifični za samo pojedine nacije, podneblja i struke. Za pouzdanije zaključke o očekivanom perspektivnom broju mašinovođa iz srednjih škola zainteresovanih za ovaj posao, potrebno je uspostaviti trendove kako u pogledu zainteresovanosti za upis, tako i u pogledu zainteresovanosti za rad, koji su ovde uzeti na nivou poslednje (anketirane) godine (2018/19). Prema društvenim kretanjima poslednjih godina to se objektivno ne može očekivati. Naprotiv.

ZAHVALNICA

Rad, odnosno anketa, predstavljaju deo istraživanja izvršenih u sklopu izrade master rada na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu pod naslovom „Istraživanje potreba za osnivanjem trening centara za obuku mašinovođa u Republici Srbiji" pod mentorstvom prof. dr Branislava Boškovića.

6. LITERATURA

Bakovljev M. (1999), Osnovi metodologije pedagoških istraživanja, Beograd, Naučna knjiga.

Bazić M., Bazić A. (2017), Anketiranje kao tehnika ispitivanja i njena primena u istraživanju komunikacijskih procesa, Univerzitet Džon Nezbit, Beograd.

Commission decision of 22 November 2011 on criteria for the recognition of training centres involved ih the training of train drivers, on criteria for the recognition of examiners of train drivers and on criteria for the organisation of examinations in accordance with Directive 2007/59/EC of the European Parliament and of the Countil, Official Journal L 314/36, 29.11.2011. Dostupno na: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011D0765&from=HR.

Directive 2007/59/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the certification of train drivers operating locomotives and trains on the railway system in the Community, Official Journal L 315/51, 3.12.2007. Dostupno na: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:315:0051:0078:en:PDF.

Fink A. (2003), How to Ask Survey Questions 2nd edition, Thousand Oask, SAGE Publications, London, New Delhi.

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja: "Podaci od broju predviđenih mesta i broju upisanih učenika na obrazovni profil tehničar vuče u srednjim stručnim školama u Srbiji za školsku 2017/18, 2018/19 i 2019/2020. godinu". Dostupno na: http://www.upis.mpn.gov.rs/Cir/Pocetna. Datum pristupa [15. avgust 2019.].

Pravilnik o upisu učenika u srednju školu, Beograd: Službeni glasnik RS, br. 23/18 i 30/2019.

Stevanović N. (2017), Trening centri za obuku železničkih radnika, diplomski rad, Saobraćajni fakultet, Beograd.

Zakon o osnovnom obrazovanju i vaspitanju, Beograd: Službeni glasnik RS, br. 55/2013, 101/2017 u 27/2018 – dr. zakon i 10/2019.

Železnička tehnička škola: „Broj upisanih učenika i broj učenika koji su završili za tehničara vuče u Železničkoj tehničoj školi u Beogradu u periodu 2009-2013. godine". Dostupno na: http://www.ztskola.edu.rs/. Datum pristupa [15. avgust 2019.].

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

IMPLEMENTATION OF THE DRY PORT CONCEPT IN THE WEST BALKANS REGION

IMPLEMENTACIJA DRY PORT KONCEPTA NA PROSTORU ZAPADNOG BALKANA

Snežana Tadić[a], Milovan Kovač[a], Slobodan Zečević[a], Mladen Krstić[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, s.tadic@sf.bg.ac.rs, kovac.milovan@hotmail.com, s.zecevic@sf.bg.ac.rs, m.krstic@sf.bg.ac.rs*

Apstract: *The development of intermodal transport (IT) systems is of great importance for the achievment of sustainable development of a region. The necessity for IT systems capacity and service expansion faces a great challenge caused by the presence of space restrictions and ecological regulatives. The implementation of the Dry Port (DP) concept allows the expansion of capacities and services of a port terminal in conditions of space restrictions. The focus of this paper is on the importance of IT systems development for the west Balkans region. The effects of the DP concept implementation for the observed region are analyzed. The results show that the implementation of the DP concept would lead to the costs reduction for the observed logistics network.*

Keywords: *intermodal transport, intermodal terminal, seaport container terminal, dry port concept, West Balkan*

Apstrakt*: Razvoj sistema intermodalnog transporta (IT) je od velikog značaja za postizanje održivog razvoja regiona. Zahtevi za proširenjem kapaciteta i usluga sistema IT-a se nalazi pred velikim izazovom zbog sve prisutnijih prostornih ograničenja i ekoloških regulativa. Implementacija Dry Port (DP) koncepta omogućava proširenje kapaciteta i usluga lučkih kontejnerskih terminala u uslovima prostornih ograničenja. U ovom radu je prikazan uticaj DP koncepta na razvoj IT sistema u regionu zapadnog Balkana. Pokazano je da bi se implementacijom DP koncepta omogućilo smanjenje ukupnih troškova posmatrane logističke mreže.*

Ključne riječi: *intermodalni transport, intermodalni terminal, lučki kontejnerski terminal, dry port concept, zapadni Balkan*

1. UVOD

Povećanje obima interkontinentalnih kontejnerskih tokova i težnja ka stvaranju boljih uslova za život stavljaju ozbiljan zadatak pred sisteme intermodalnog transporta (IT). Kako bi se odgovorilo rastu obima kontejnerskih tokova, IT sistemi moraju povećavati kapacitete i sprovoditi različite organizacione, strukturne i tehničko-tehnološke promene. Ovo se odnosi pre svega na lučke kontejnerske terminale. U isto vreme, imperativ globalnog razvoja transportnih sistema jeste redukcija negativnog uticaja na životnu sredinu, odnosno veće učešće tehnologija IT. Povećanje kapaciteta lučkih kontejnerskih terminala može se postići rekonstrukcijom i primenom novih tehnologija i prostornim proširenjem. Međutim, mogućnosti prostornog proširenja su prilično ograničene razvojem urbanih sredina u neposrednoj blizini luke. Osim toga, lučki kontejnerski terminali pokreću veliki broj teretnih drumskih vozila koja tranzitiraju teritorijom grada i negativno utiču na ostali saobraćaj i životno okruženje generalno. Kako bi se omogućili uslovi proširenja kapaciteta lučkog kontejnerskog terminala, ali i rasteretio saobraćaj u lučkim gradovima u literaturi i praksi se primenjuje koncept Dry Port-a (DP). Implementacija DP koncepta podrazumeva izmeštanje podsistema jednog (ili više) lučkih kontejnerskih terminala u unutrašnjost kontinenta. Izdvojeni DP terminal obično ostvaruje fiksnu železničku vezu (engl. Shuttle) sa lučkim terminalom u čijem se sistemu nalazi. U zavisnosti od ciljanih efekata implementacije DP koncepta, terminali se mogu locirati na malim, srednjim i velikim udaljenostima od matičnih lučkih terminala (Roso, 2009). Prelamanjem kontejnerskih tokova preko DP terminala se omogućava njihova konsolidacija koja dovodi do smanjenja troškova, negativnog uticaja na okruženje i pojave zagušenja saobraćaja u lučkim gradovima (Latilla i dr., 2013). Bez obzira na očigledne pozitivne efekte koji prate DP koncept, njegova

implementacija zahteva odgovore i na pitanja administracije i regulative, načina i uslova finansiranja projekta, vlasništva, itd. (Roso, 2008).

U ovom radu će biti analizirani efekti implementacije DP koncepta na troškove logističke mreže Balkana i centralne Evrope. Prostor zapadnog Balkana će biti tretiran kao potencijalno područje izgradnje DP terminala. Istovremeno će biti posmatrani problemi lociranja DP terminala i alokacije kontejnerskih tokova na locirane DP terminale. Biće utvrđen optimalan broj DP terminala i njihova lokacija na posmatranoj logističkoj mreži. Pored toga, biće utvrđeno koje luke i regione će locirani DP terminali povezivati kao i obim kontejnerskih tokova koji će se prelamati preko lociranih DP terminala.

2. PREGLED LITERATURE

Efekti implementacija DP koncepta se prvenstveno odnose na smanjenje logističkih troškova mreže kao i smanjenje negativnog uticaja transporta na životnu sredinu (Latilla i dr., 2013). Otvaranjem terminala u zaleđu luke se povećava atraktivnost luke, a time i obim kontejnerskih tokova koji će prolaziti kroz region u kom se terminal nalazi. Razvoj DP koncepta za sobom povlači i potrebu za razvojem infrastrukture i sistema IT-a jednog regiona/države. Ng & Tongzon (2010) navode da je DP koncept efikasan katalizator regionalnog razvoja dok Tadić & Stanković (2011) ističu ulogu DP terminala u jednoj intermodalnoj mreži.

Pri proširenju logističke mreže potrebno je izabrati adekvatan tip terminala (Tadić i dr., 2019a, 2019b), definisati njegove elemente i strukturu (Krstić i dr., 2019b) i odrediti njegovu lokaciju (Zečević i dr., 2017, 2016, 2013; Vidović i dr., 2011). Bergqvist i dr. (2010) opisuju proces implementacije intermodalnih terminala u logističku mrežu. Faktori koji u najvećoj meri utiču na implementaciju DP koncepta u logističkoj mreži su infrastruktura, regulativa, vlasništvo nad zemljištem i okruženje (Roso, 2008). Pored toga, u literaturi postoje radovi koji se bave odnosom između DP terminala i luke (Bentaleb i dr., 2016), DP terminala i ostalih karika u lancu snabdevanja (Rodrigue i dr., 2010), kao i odnosa DP terminala i regiona na administrativnom planu (Monios & Wang, 2013). Black i dr. (2018) stavljaju akcenat na probleme koji prate implementaciju DP koncepta u regionima sa velikim gradovima. Najveći broj radova odnosi se na implementaciju DP koncepta na području Azije (Myagmarsuren & Deng, 2015; Do i dr., 2011; Tan, 2007). Određen broj radova pokriva i područja Evrope (Bask i dr., 2013; Caballini & Gattorna, 2009), Afrike (Werikhe & Jin, 2015; Onwuegbuchunam & Ekwenna, 2008) i Južne Amerike (Ng i dr., 2013). U najvećem broju radova u centru pažnje je rešavanje problema lociranja DP terminala (Tadić i dr., 2018b), a najčešće korišćene tehnike su: matematički modeli (Ambrosino & Sciomachen, 2014), heuristike i metaheuristike (Feng i dr., 2013) i optimizacioni modeli (Krstić i dr., 2019). Zajedničko za sve prethodno pomenute radove je da ispituju implementaciju DP koncepta na teritoriji jedne države. Broj radova koji pokrivaju prostor Balkana i centralne Evrope je izuzetno mali (Krstić i dr., 2019a) pa će fokus ovog rada biti na regionu zapadnog Balkana kao potencijalnog područja za implementaciju DP koncepta u logističkoj, intermodalnoj mreži centralne i jugoistočne Evrope.

3. IMPLEMENTACIJA DP KONCEPTA U INTERMODALNU LOGISTIČKU MREŽU ZEMALJA ZAPADNOG BALKANA

Intermodalni transport se odnosi na transport robe u jednoj te istoj tovarnoj jedinici ili vozilu uz primenu više različitih vidova transporta, pri čemu pri promeni vida transporta ne dolazi do pretovara robe (ECMT, 2001). Pozitivni efekti koji prate IT se ogledaju kroz smanjenje energije, vremena, troškova i negativnih efekata na okruženje. Očigledno je da je IT jedan od ključnih faktora postizanja održivog razvoja. Zemlje Evropske Unije su odavno uvidele značaj IT-a i neke od njih, poput Nemačke, Austrije i Rumunije imaju jasno definisane razvojne planove IT-a. Pored toga, u razvijenim zemljama EU je IT institucionalizovan i postoje jasno definisani modeli finansiranja njegovog razvoja (Tadić i dr., 2017).

Prostor zapadnog Balkana čine zemlje članice EU (Slovenija i Hrvatska) kao i zemlje koje su u procesu pridruženja (Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Srbija, Albanija i Makedonija). Zemlje se značajno razlikuju po ekonomskim karakteristikama, problemima, stepenu razvoja i primeni tehnologija IT, pa je oblast IT različito tretirana (Tadić i dr., 2018a, 2017). Slovenija posvećuje najveću pažnju značajnim pitanjima koja se tiču IT-a, slede Hrvatska i Srbija, dok ostale zemlje zapadnog Balkana zaostaju u velikoj meri. Geografski položaj zemalja zapadnog Balkana, ali i težnja njegovog prisajedinjenja EU, ga čine vrlo važnim područjem za razvoj i kompletiranje evropskog sistema IT-a. Blizina Jadranskog mora i njegovih luka otvaraju priliku zemljama u regionu da ulaganjima i razvojem IT-a izbiju na konkurentnu poziciju u privlačenju robnih tokova u istočnoj i

centralnoj Evropi. Zajedničkim naporima na polju IT-a bi zemlje zapadnog Balkana mogle ostvariti preduslov za postizanje održivog razvoja.

Uzimajući u obzir stanje IT-a u posmatranom regionu (Tadić i dr., 2018a, 2017), kao i njegov geografski položaj očigledno je da bi strukturne promene u logističkoj mreži mogle biti presudne za ostvarivanje preduslova za dalji razvoj sistema IT-a. Uvođenje nove kategorije intermodalnih terminala, konkretno DP terminala, bi podstaklo razvoj sistema IT-a. Implementacija DP koncepta bi podstakla zemlje regiona da zajedničkim naporima rešavaju probleme IT-a.

U radu su analizirani efekti implementacije DP koncepta u IT sistem zemalja zapadnog Balkana, sa akcentom na smanjenje troškova realizacije kontejnerskih tokova. Problemi lociranja DP terminala i alokacije kontejnerskih tokova na posmatranom području su rešeni primenom MILP (engl. Mixed Integer Linnear Programing) modela razvijenog po uzoru na Krstić i dr. (2019a), uz uvođenje dodatnih ograničenja koja se odnose na minimalno dozvoljeno rastojanje između lociranih DP terminala. U nastavku je opisan modifikovani model.

Neka je *I* skup generatora tokova i neka je *J* skup posmatranih luka preko kojih se odvijaju kontejnerski tokovi. Veličina q_{ij} označava obim kontejnerskih tokova na relaciji *i-j* izražen u TEU (engl. Twenty-Foot Equivalent Unit). Neka su C_{ij}^{d} troškovi drumskog, a $C_{ij}^{\check{z}}$ troškovi železničkog transporta jednog TEU na relaciji *i-j*. Neka je *K* skup potencijalnih lokacija za razvoj DP terminala. Promenljiva X_{ij} uzima vrednost 1 ukoliko se kontejnerski tok na relaciji *i-j* realizuje direktnim drumskim transportom, 0 u suprotnom. Isto tako, X_{ikj} uzima vrednost 1 ukoliko se kontejnerski tok na relaciji *i-j* prelama preko DP terminala na lokaciji *k*, 0 u suprotnom. U slučaju prelamanja kontejnerskog toka preko DP terminala, deo toka na relaciji generator-DP terminal se realizuje drumskim transportom, dok se deo toka na relaciji DP terminal-luka realizuje železničkim transportom. Binarna promenljiva Y_k uzima vrednost 1 ukoliko je DP terminal na potencijalnoj lokaciji *k*, 0 u suprotnom. Promenljiva L_{jk} uzima vrednost 1 ukoliko postoji veza između luke *j* i DP terminala na lokaciji *k*, 0 u suprotnom. Kontinualnom promenljivom Q_k se prati obim kontejnerskih tokova koji se na godišnjem nivou prelama preko DP terminala na lokaciji *k*. Troškovi izgradnje i eksploatacije DP terminala na lokaciji *k* se prate kontinualnom promenljivom T_k. Ciljna funkcija modela ima sledeći oblik (Krstić i dr., 2019a):

$$\min: \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} X_{ij}\cdot C_{ij}^{d}\cdot q_{ij} + \sum_{i\in I}\sum_{k\in K}\sum_{j\in J} X_{ikj}\cdot q_{ij}\cdot\left(C_{ik}^{d}+C_{kj}^{\check{z}}\right)+\sum_{k\in K} T_k \qquad (1)$$

Sa ograničenjima:

$$X_{ij}+\sum_{k\in K} X_{ikj}=1 \qquad \forall i\in I,\forall j\in J \qquad (2)$$

$$Y_k \geq X_{ikj} \qquad \forall i\in I,\forall j\in J,\forall k\in K \qquad (3)$$

$$L_{jk} \geq X_{ikj} \qquad \forall i\in I,\forall j\in J,\forall k\in K \qquad (4)$$

$$\sum_{k} L_{jk} \leq L_{jk}^{\max} \qquad \forall j\in J \qquad (5)$$

$$Q_k \geq \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} X_{ikj}\cdot q_{ij} \qquad \forall k\in K \qquad (6)$$

$$T_k = f\left(Q_k\right) \qquad \forall k\in K \qquad (7)$$

$$Y_m + Y_n \leq 1 \qquad \forall m\in K,\forall n\in K, d_{mn}\leq 250km \qquad (8)$$

Ciljnom funkcijom (1) se minimiziraju ukupni troškovi logističke mreže koji se sastoje od troškova transporta, izgradnje i eksploatacije razvijenih DP terminala. Ograničenjem (2) se za svaki kontejnerski tok na relaciji *i-j* obezbeđuje ili direktna veza sa lukom *j* ili preko DP terminala na lokaciji *k*. Ograničenjem (3) se prati koje su potencijalne lokacije izabrane za lociranje DP terminala. Ograničenjima (4) i (5) se prati i reguliše broj veza lučkih terminala sa lociranim DP terminalima. Ograničenjem (6) se prati obim kontejnerskih tokova koji se prelamaju preko DP terminala na lokaciji *k*. Ograničenjem (7) se za svaki locirani DP terminal izračunavaju troškovi izgradnje i eksploatacije na osnovu obima kontejnerskih tokova koji se prelamaju preko DP terminala.

Ograničenjem (8) se za svaki par potencijalnih lokacija izgradnje DP terminala između kojih je rastojanje manje od veličine d_{mn} onemogućava lociranje više od jednog DP terminala.

Posmatrana mreža je definisana generatorima kontejnerskih tokova, lukama i obimom kontejnerskih tokova između parova generator-luka. Kao generatori su posmatrane pojedine regije država centralne Evrope (Austrija, Češka, Slovačka, Mađarska, južna Poljska, južna Nemačka), država Balkana (Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Srbija, Albanija, Severna Makedonija, Grčka i Bugarska) i dela istočne Evrope (Rumunija i Moldavija). U obzir je uzeto deset najvećih balkanskih luka (Trst, Rijeka, Kopar, Ploče, Bar, Drač, Pirej, Solun, Varna i Konstanca), a aproksimacija obima kontejnerskih tokova između generatora i luka je izvršena na osnovu rada Fotheringam & O'Kelly (1989). Cilj definisanog modela je minimizacija troškova transporta i izgradnje i eksploatacije DP terminala na posmatranoj mreži. Transportni troškovi su aproksimirani na osnovu realnih podataka logističkih kompanija u regionu dok su troškovi izgradnje i eksploatacije DP terminala aproksimirani na osnovu obima kontejnerskih tokova koji bi se prelamali preko lociranih DP terminala (Wiegmans & Behdani, 2017). Pretpostavka je da se tokovi koji se prelamaju preko lociranih DP terminala realizuju drumskim transportom na relaciji generator-DP terminal, dok se ostatak toka (na relaciji DP terminal-luka) realizuje železničkim vidom transporta. Tokovi koji nisu alocirani ni na jedan DP terminal se u celosti realizuju drumskim transportom.

Prilikom uvođenja novih IT terminala u mrežu, vrlo je važno definisati modele finansiranja kao i regulativne i administrativne okvire. Čak i u slučaju da je više terminala optimalno za jednu logističku mrežu, često su ograničavajući faktori nedefinisani pravni okviri i politike zemalja, pa se dolazi do kompromisa otvaranjem manjeg broja terminala. U ovom radu je to uključeno u model uvođenjem dodatnog ograničenja koje sprečava lociranje DP terminala na rastojanju manjem od 250 km. Takođe, regulativa u velikoj meri zavisi i od toga da li jedan DP terminal opslužuje više od jedne luke, kao i to da li jedna luka ima vezu sa više od jednog DP terminala. Model ispituje da li je opravdano ulagati sredstva u izgradnju DP terminala na prostoru zapadnog Balkana, koliki je optimalan broj DP terminala za posmatranu mrežu, na kojim lokacijama locirati DP terminale, kao i to koji će se kontejnerski tokovi prelamati preko lociranih DP terminala. Razmatran je scenario u kojem je dozvoljeno da locirani DP terminali opslužuju više luka, pri čemu je ograničeno da jedna luka sme imati vezu samo sa jednim DP terminalom.

Potencijalne lokacije otvaranja DP terminala su svi regioni koji pripadaju zemljama zapadnog Balkana. Model je razvijen u programskom jeziku Python 2.7 uz pomoć Gurobi 8.0.1 biblioteke na računaru PC Intel® Core™ i5-3470 CPU @ 3.20 GHz sa 8 GB RAM. Vreme rada računara potrebno za rešavanje posmatranog scenarija je zanemarljivo malo.

Nakon primene modela nad posmatranim područjem dobija se vrednost funkcije cilja od 1.945 milijardi evra. Vrednost ciljne funkcije za mrežu bez DP terminala iznosi 2.002 milijardi evra. Za područje zapadnog Balkana optimalno je otvaranje dva DP terminala, u Ljubljani i Sarajevu. Izlazni rezultati su prikazani na slici 1. Terminal u Ljubljani bi imao vezu sa lukama Trst i Kopar i privlačio bi tokove iz istočne Češke, Austrije, Slovačke, južne Poljske, Mađarske, zapadne Hrvatske i Slovenije. Preko terminala u Ljubljani bi prelazilo 836,209 TEU na godišnjem nivou. Model tretira Ljubljanu kao povoljnu lokaciju jer bi se terminal nalazio na prometnom transportnom koridoru između velikih luka Trst i Kopar i područja centralne Evrope. Terminal u Sarajevu bi privlačio 108,590 TEU na godišnjem nivou iz zapadne Rumunije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Srbije. DP terminal u Sarajevu bi imao veze sa lukama Rijeka, Ploče, Bar i Drač. DP terminal u Sarajevu se nalazi na povoljnoj lokaciji u odnosu na četiri jadranske luke i kao takav vrši konsolidaciju tokova koji dolaze iz velikog dela zapadnog Balkana.

Prema modelu, na području zapadnog Balkana je opravdano locirati DP terminale za opsluživanje tokova iz centralne Evrope i sa Balkana. Ulaganjem u sisteme IT-a bi posmatrano područje bilo atraktivnije za privlačenje većeg obima kontejnerskih tokova, a sprovođenjem brzih i adekvatnih mera reformi posmatrano područje bi ostvarilo preduslov za dostizanje zapadnoevropskog standarda po pitanju tretmana i razvoja IT-a. Takođe, saradnja između zemalja zapadnog Balkana bi u velikoj meri uticala na postizanje održivog razvoja regiona.

Slika 1. Optimalna konfiguracija posmatrane mreže

4. ZAKLJUČAK

U radu je analizirano područje zapadnog Balkana kao potencijalni prostor za implementaciju DP koncepta za kontejnerske tokove iz/za balkanskih luka. U centru pažnje je bio problem lociranja DP terminala i alokacije kontejnerskih tokova na posmatranom području. Primenjeni model je utvrdio da su dva terminala, u Ljubljani i Sarajevu, optimalni za region zapadnog Balkana. Terminal u Ljubljani bi sabirao tokove iz centralne Evrope ka lukama Trst i Kopar, dok bi DP terminal u Sarajevu opsluživao luke Rijeka, Ploče, Bar i Drač i privlačio bi tokove iz Hrvatske, Srbije, Bosne i Hercegovine i zapadne Rumunije. Implementacija ovih terminala u logistički sistem zapadnog Balkana značajno bi podstakao razvoj intermodalnog transporta u regionu i omogućio kompletiranje evropske IT mreže.

S obzirom da analiza u ovom radu nije uzimala u obzir nivoe razvoja sistema IT-a u posmatranom regionu, odnose između zainteresovainh strana, kao ni pitanja političke, regulativne i administrativne prirode, buduća istraživanja bi se mogla kretati u pravcu obuhvatnije analize. Uključivanje ostalih faktora koji utiču na posmatrani problem bi zasigurno kao rezultat imalo formiranje kompletnije slike o potencijalnim pravcima i mogućnostima razvoja IT-a u regionu. Pored navedenih, jedan od pravaca istraživanja bi se mogao fokusirati na definisanje kooperativnog odnosa između zemalja zapadnog Balkana u cilju postizanja održivog razvoja.

5. LITERATURA

Ambrosino, D. & Sciomachen, A. (2014). Location of mid-range dry ports in multimodal logistic networks. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 108, 118-128.

Bask, A., Roso, V., Andersson, D. & Hämäläinen, E. (2014). Development of seaport–dry port dyads: two cases from Northern Europe. Journal of Transport Geography, 39, 85-95.

Bentaleb, F., Mouhsene, F., Charif, M. & Alami, S. (2016). Dry Port-Seaport System Development: Application of the Product Life Cycle Theory. Journal of Transportation and Logistics, 1(2), 115-128.

Bergqvist, R., Falkemark, G. & Woxenius, J. (2010). Establishing intermodal terminals. World Review of Intermodal Transportation Research, 3(3), 285–302.

Black, J., Roso, V., Marušić, E. & Brnjac, N. (2018). Issues in Dry Port Location and Implementation in Metropolitan Areas: The Case of Sydney, Australia. Transactions on maritime science, 7(1), 41-50.

Caballini, C. & Gattorna, E. (2009). The expansion of the port of Genoa: the Rivalta Scrivia dry port. Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific, 78, 73-86.

Do, N., Nam, K. & Le, N. (2011). A consideration for developing a dry port system in Indochina area. Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research, 38(1), 1-9.

ECMT - European Conference of Ministers of Transport. (2001). Terminology on combined transport. Available online http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/wp24/documents/term.pdf, (New York and Geneva, 2001, 7.9.2019.

Feng, X., Zhang, Y., Li, Y. & Wang, W. (2013). A Location-Allocation Model for Seaport-Dry Port System Optimization. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2013, 1-9.

Fotheringham, A. & O'Kelly, M. (1989). Spatial Interaction Models: Formulations and applications, Dordrecht, NL: Kluwer Academic.

Krstić, M., Kovač, M. & Tadić, S. (2019a). Lociranje dry port terminala: studija slučaja za Jadranske luke. Zbornik radova XLVI Simpozijuma operacionih istraživanja, SYM-OP-IS 2019, Fakultet organizacionih nauka, Kladovo, Srbija

Krstić, M., Tadić, S. & Zečević, S. (2019b). Elements for defining the intermodal terminals structure. Proceedings of the 4th Logistics International Conference - LOGIC, University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia, 206-215.

Latilla, L., Henttu, V. & Hilmola, O. (2013). Hinterland operations of sea ports do matter: Dry port usage effects on transportation costs and CO2 emissions. Transportation Research Part E, 55, 23–42.

Monios, J. & Wang, Y. (2013). Spatial and institutional characteristics of inland port development in China. GeoJournal, 78(5), 897-913.

Myagmarsuren, O. & Deng, M. (2015). The Research on the Current Logistics Situation and the Dry Port Development of Mongolia. Mongolian Journal of International Affairs, 19, 56-66.

Ng, A., Padilha & F., Pallis, A. (2013). Institutions, bureaucratic and logistical roles of dry ports: the Brazilian experiences. Journal of Transport Geography, 27, 46–55.

Ng, A. & Tongzon, J. (2010). The transportation sector of India's economy: Dry ports as catalysts for regional development. Eurasian Geography and Economics, 51(5), 669–682.

Onwuegbuchunam, D. & Ekwenna, D. (2008). Analysing the Determinants of Dry Port Selection by Shippers in Nigeria. Journal of Research in National Development, 6(1), 15-25.

Rodrigue, J., Debrie, J., Fremont, A. & Gouvernal, E. (2010). Functions and actors of inland ports: European and North American dynamics. Journal of Transport Geography, 18(4), 519-529.

Roso, V. (2008). Factors influencing implementation of a dry port. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38(10), 782-798.

Roso, V. (2009). The emergence and significance of dry ports: the case of the Port of Göteborg, World Review of Intermodal Transportation Research, 2(4), 296-310.

Tadić, S. & Stanković, S. (2011). The role of the dry port terminal in the development of intermodal transport. Proceedings of the 3rd International symposium: New Horizons of Transport and Communications, Faculty of transport and traffic engineering, University of East Sarajevo, Doboj, Republic of Srpska, 563-568.

Tadić, S., Zečević, S. & Krstić, M. (2013). Lociranje city logističkog terminala primenom fazi AHP analize – primer Beograda. Tehnika, 68(4), 707-716.

Tadić, S., Zečević, S. & Krstić, M. (2016). Lociranje terminala city logistike primenom fazi DANP metode, Zbornik radova XLIII Simpozijuma operacionih istraživanja, SYM-OP-IS 2016, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Vojska Srbije, Tara, Srbija, 337-340.

Tadić, S., Zečević, S. & Milenković, D. (2017). Intermodal transport treatment in developed and developing countries, Tehnika, 72(6), 897-902.

Tadić, S., Zečević, S. & Milenković, D. (2018a). Problems regarding intermodal transport in the Danube Region. Proceedings of the 4th International Conference on Traffic and Transport Engineering, ICTTE 2018, City Net Scientific Research Center Ltd. Belgrade, Belgrade, Serbia, 483-489.

Tadić, S., Brnjac, N. & Zečević, S. (2018b). Problems of choosing a dry port location. Proceedings of the international symposium "Traffic strategic development in South East Europe", Budva, Montengero, 221-227.

Tadić, S., Krstić, M. & Brnjac, N. (2019a). Selection of efficient types of inland intermodal terminals. Journal of Transport Geography, 78, 170–180.

Tadić, S., Krstić, M., Roso, V. & Brnjac, N. (2019b). Planning an Intermodal Terminal for the Sustainable Transport Networks, Sustainability, 11(15), 4102.

Tan T. (2007). Port cities and hinterlands: A comparative study of Singapore and Calcutta, Political Geography, 26, 851-865.

Vidović, M., Zečević, S., Kilibarda, M., Vlajić, J., Bjelić, N. & Tadić, S. (2011). The p-hub model with hub-catchment areas, existing hubs, and simulation: A case study of Serbian intermodal terminals, Networks and Spatial Economics, 11(2), 295-314.

Werikhe, G. W. & Jin, Z. (2015). A Comparative Study of Dry Ports in East Africa and China. Developing Country Studies, 5(2), 7-17.

Wiegmans, B. & Behdani, B. (2017). A review and analysis of the investment in, and cost structure of intermodal rail terminals, Transport Reviews, 38(1), 33-51.

Zečević, S., Tadić, S. & Krstić, M. (2017). Intermodal transport terminal location selection using a novel hybrid MCDM model. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 25(6), 853−876.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

TRANSPORT QUALITY MANAGEMENT

Maria Vodenicharova[a]

[a] *UNWE, Department of Logistics and Supply Chains, Sofia 1700, Bulgaria, mvodenicharova@unwe.bg*

Apstract: *The interest in the quality management systems in the organisations in Bulgaria has been increasing in recent years. The main reason for this is related to the recognized need for organisations to improve their management processes, including logistics, and therefore allow the formation of competitive advantages. (Chankova, 2005). The only and unconditional measure of quality is customer satisfaction with the products offered, including both the characteristics of physical products and the service they provide. In order for organizations to survive in today's conditions of intense competition, it is necessary to ensure high quality of production and customer service, which implies the need for quality management.*

The report will look at the methods and tools for quality management in transport companies. An analysis of the quality control methods applied in the transport organizations in Bulgaria will be carried out and on this basis recommendations for quality improvement will be presented.

Key words: *transport industry, quality management, customer satisfaction*

1. INTRODUCTION

The only unconditional measure of quality is customer satisfaction with products and services. In order to survive transport organizations in today's conditions of intense competition, it is necessary to ensure a high quality of customer service, which requirements the implementation of quality management tools. The objectives of quality management in transport consist in the simultaneous solving of the tasks related to quality assurance, preservation of the quality of the product and provision of the necessary level of service. From the point of view of preserving the qualities of the product when moving it to the end user during all phases and stages of motion, one can speak of quality management in transport companies. Transport is a major sector for the economy as it encompasses a complex network of private and public companies that supply goods and services to citizens and businesses in the European Union and its trading partners.

The report examines the tools for quality management in road and rail transport in Bulgaria. The share of road transport has increased over the last five years. This is due to the large number of carriers (currently more than 10,000 companies in Bulgaria have valid licenses for international freight transport), modernized road infrastructure, the development of transit shipments, lower road infrastructure usage fees (vignettes) railway infrastructure. On the other hand, the share of rail transport decreased by about 3% over the same period. To date, the licensed railway carriers are already 14, the most active on the market are 5. (Bobcheva, N., 2017)

In the last five years there has been an increase in the freight carried and the work done (million sq. M.). The average vehicle distance of 173.73 km in 2012 to 199.93 km has increased significantly in 2015 and 215.23 in 2018. The trend is towards a slight decrease in the empty range of 555.5 km. in 2015 to 540 km. in 2018. Another trend that is observed is the increase of the average transport distances for all types of transports by road transport for the period 2008 - 2018. (MTITS, Integrated Transport Strategy for the period up to 2030)

The main challenges facing the transport sector include building a well-functioning Single European Transport Area, linking Europe with modern, multimodal and safe transport infrastructure networks and meeting customer requirements through the use of quality management methods and tools. Consumer groups are characterized by their increased emphasis on high-speed delivery. Transport companies have to compete with reliability and fast delivery to meet the challenges of time and quality.

2. METHODS

LaLonde, B.J. and Zinszer, P.H. (1976) describes customer service as a complex of three components: 1 / to satisfy consumer needs; 2 / inclusion of measures to ensure customer satisfaction; 3 / The philosophy of the company to include customer service. Another part of the studies on quality of logistics services and application of quality management tools were carried out by Mentzer, J.T., Flint, D.J and Hult, G.T.M. (2001), which in the pursuit of a competitive advantage have identified the needs and values of current and potential customers by developing a quality logistics scale. In other studies, case studies methodology is used to explore how suppliers are selected, evaluated and managed. A similar study was made by Sumaedi1, S., Bakti, Yarmen, M., (2012), that suggest some important implications for public transport operators. The significant effect of service quality on perceived value and behavioral intention reflect the relative important of service quality.

According to Lakov (Lakov, 2012) the methods for improving the quality of transport services can be grouped in 5 groups: 1 / legal methods for limiting or stimulating the use of transport means; 2 / Methods for reducing the harmful impact on the environment; 3 / methods to prevent future problems; 4 / renovation, expansion and construction of new road infrastructure; 5 / methods improving the management of transport flows. However, there aren't quality management methods to meet customer needs.

On the other hand, there are a number of tools that can be used to measure service quality, such as SERVQUAL, which is essentially a detailed customer feedback poll. Union of Japanese Scientists and Engineers – JUSE in 1979 Takes seven quality-specific tools: Ishikawa's chart, Pareto analysis, check sheets, histograms, scatter chart, flowchart, control cards, and the first three methods can be used simultaneously for evaluation and analysis. Techniques later named "Seven Classic Methods," also known as the "7 Quality Control Tools" or "The 7 Generic Tools", are geared towards generating ideas for improvement. Together with the development of the scientific quality management, seven general management tools are being implemented. They allow for better information flow in the enterprise and are extremely important in solving problems. These tools include: Affinity diagram, Interrelationship digraph, Systems flow/Tree diagram, Matrix diagram, Matrix Data Analysis, Arrow Diagram and Process Decision Program Charts - PDPC.

Finding common criteria for measuring quality in transport companies is very difficult. An objective assessment of the quality level requires a system of criteria that most closely reflects the transport process. Based on in-depth analyzes of various aspects of rail and road transport, gaps in the quality management tools applied were identified. The presented study will examine the degree of application of the quality management tools, the tools being divided into specific and general management. This criteria reveals the practical application of the quality management tools in road and rail transport in Bulgaria. The subject of the study is the application of specific and general management tools for quality. The subject of the survey is railway and road transport in Bulgaria. Table 1 shows the breakdown of surveyed enterprises.

Table 1. Distribution of surveyed companies

Companies	Numver	(%)
Automobile	24	82.76
Railway	5	17.24
Total	29	100

In accordance with the objective study was conducted by random sampling, road and rail transport in Bulgaria. Data is collected through a standardized questionnaire. All questions are closed. In the case of quality research in transport companies, basic statistical methods for processing and analysis of information are applied.

3. RESULTS

In the road transport sector, the market for international (within the EU) freight and passenger transport services is fully open to competition, but national transport as a whole remains protected. As far as the freight sector is concerned, "cabotage", domestic transport by foreign carriers is subject to restrictions. As a result, operators encounter difficulties in optimizing their operations and half of the vehicles used for domestic transport outside the country of registration are running an empty course. (MTITS, Integrated Transport Strategy for the period up to 2030)

The most important for freight road transport is the group of goods 3 - "Metal ores and other products of mining and quarrying, peat, uranium and thorium". Another important group of goods is 9 - "Other non-metallic mineral products". It forms a demand for traffic between 9.89% and 16.34%. The average value for the period 2015-2018 is 14.69% and the coefficient of variation is 0.22. These two groups of goods form an average of

53.25% of the demand for freight transport services, and in 2018 - 58.23%. The following group of goods important for freight road transport: 1 - "Agricultural, hunting and forestry products, fish and other fishery products"; 4 - "Food products, beverages and tobacco" and 14 - "Secondary raw materials; household and other wastes'. The data show sustained demand and stability of freight transported with slight fluctuations over the period considered.

Table 2. Freight carried by road freight transport - domestic transport, import, export and transit

Against payment	2013	2014	2015	2016	2017	2018
domestic shipments	*57 894.7*	*56 268.0*	*58 226.2*	*59 134.4*	*58 783,5*	*64 654.6*
import	*3 842.6*	*3 591.8*	*3 367.3*	*3 856.4*	*3 934.3*	*39 73.4*
export	*5 477.6*	*5 242.8*	*5 566.5*	*5 647.2*	*5 893.3*	*6 454.8*
Transit	*12 182.8*	*10 631.0*	*11 363.7*	*10 983.2*	*12 876.8*	*12 987.8*

Source: Adapted from MTITS data, Integrated Transport Strategy in the period to 2030

The share of domestic goods in freight transport is the largest in the studied period. There has also been a steady increase in total freight transported over the last few years, which is an indicator of increased competition for the rail sector in relation to freight. Data on rail freight is presented in Figure 1.

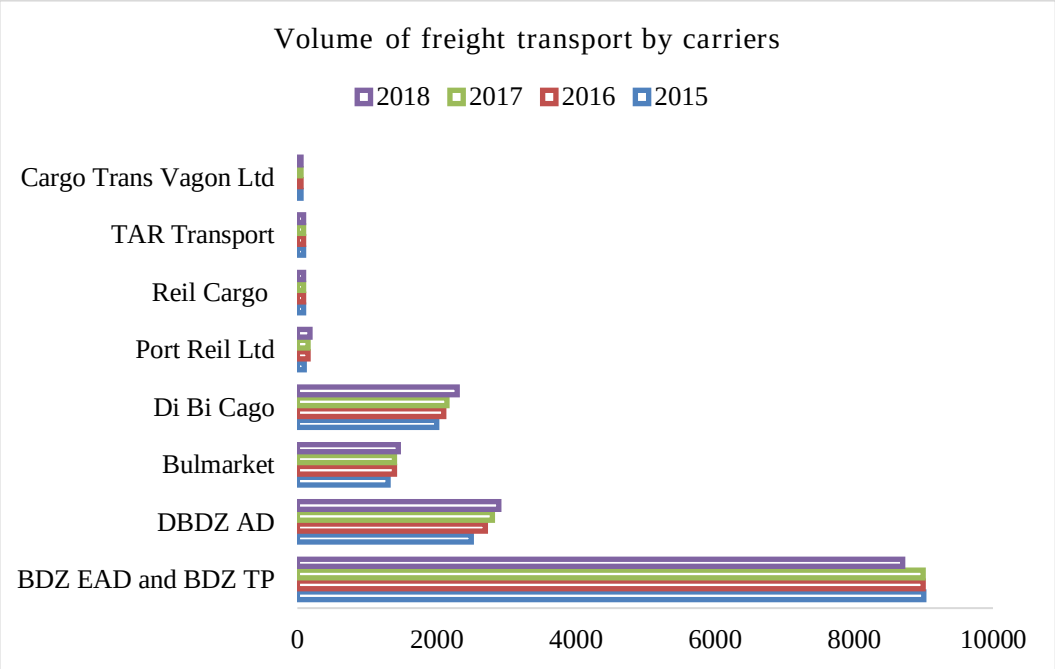


Figure 1. Freight rail transport (Source: Adapted by EA "Railway Administration")

The number of passengers transported by rail reduces for all types of transport: international, domestic, subject to the public transport service contract. The mileage traveled reduces for all types of transport, which, together with the decrease in the number of passengers carried, is the result of increased competition with road transport.

The most serious is the condition of BDZ "Passenger Transport" EAD, the only carrier carrying passengers and a public service contract (DPO) concluded with the state. A key factor for the poor quality of the rail transport service is the lack and poor condition of the rolling stock. This leads to a sharp increase in passenger train delays. Another problem is the lack of information systems, which leads to the failure to meet the requirements for interoperability and the impossibility to apply modern information technologies in the transport planning and management of the transport process. All this shows the need to implement the quality management tools. In the present study, specific quality management tools are included, which primarily include the cause and effect effect diagram. This is one of the classical and most widespread solving tools for quality management tasks. It is also called the Fishbone Diagram and is suitable for analyzing quality issues within group work at all hierarchical levels. The chart is suitable for solving transport problems by identifying the main factors influencing the achievement of the goal. The cause diagram is designed not only to identify the possible causes of a problem but also to plan actions to eliminate the causes.

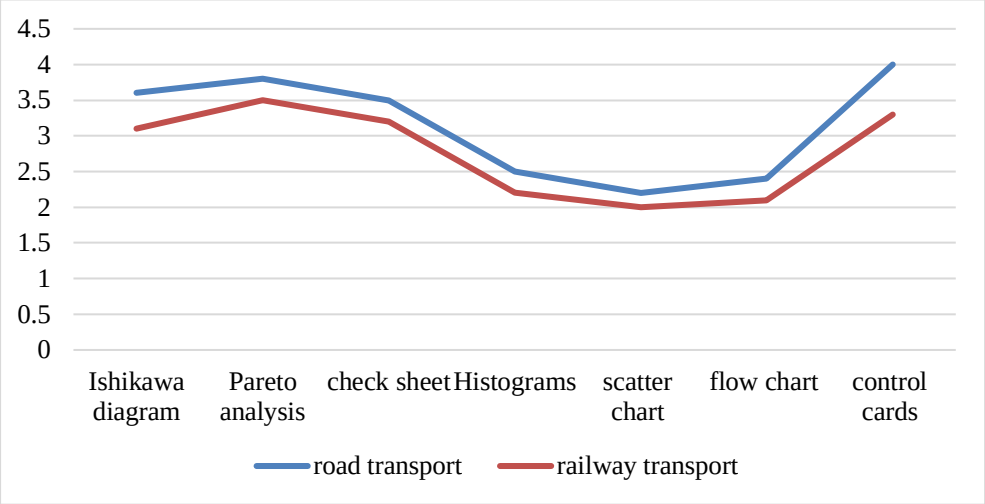


Figure 2. Specific quality tools for transport companies in Bulgaria

Pareto's law is another tool that is included in the study. This law has become extremely popular as a statistical technique in decision-making. Used to identify a limited number of factors that produce much of the overall effect. Critical quality management is the collection, analysis and interpretation of data transport processes and results. Control (check) sheets are pre-prepared forms in which the collected data is recorded in a specific order and over a certain time interval. Appropriate graphical means for visualizing the distribution of statistical units by the meanings of certain attributes are histograms. The scatter chart is a kind of mathematical chart that uses cartesian coordinates to show the values of two variables in a dataset. One of the strengths of the scatter chart is the ability to show non-linear relationships between variables. Like other chart types, the flowchart helps visualize what's happening, and thus helps to understand the process as well as to find shortcomings. There are many different types of graphics and each type has a different approach and conditional principles. According to the survey data, the Pareto chart is followed in practice, followed by the Ishikawa chart, and the control cards are mostly applied. They are the most common tools for statistical process control and can be used universally in both qualitative and quantitative tests, making them easy to use in transport processes. Control cards are a means of monitoring the statistical characteristics of processes. By analyzing the changes, it is possible to reflect the development of the studied processes and to identify the symptoms of the problems before they occur.

The analysis of the data shows that road transport is increasingly implementing the specific quality management tools for rail transport. Besides specific quality management tools in the survey includes general management that can be used to improve quality in transport. They do not replace the classic seven quality control tools, nor do they represent their sequel. The main differences with them are that management tools are based on verbal data, making them easy to apply. They are especially useful in structuring ideas, developing strategic plans and organizing and controlling transport projects.

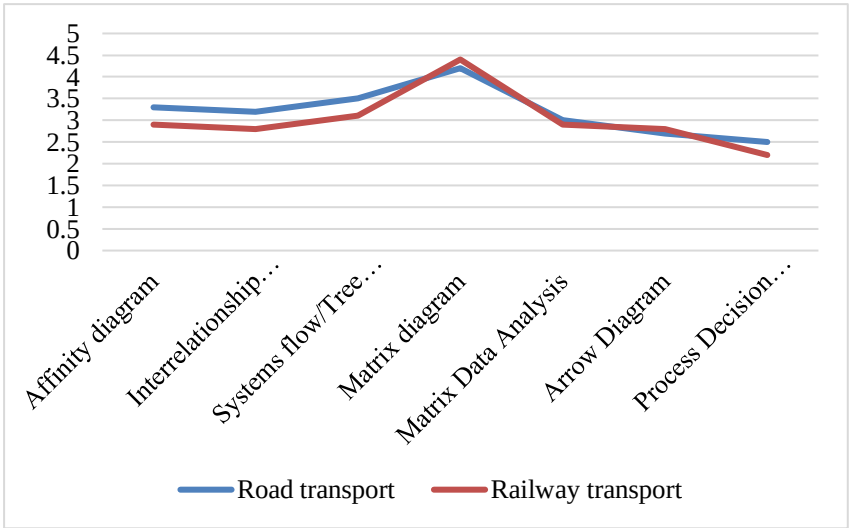


Figure 3. General management tools, applied to transport companies in Bulgaria

When solving transport problems, the affinity diagram is used to collect verbal data from different sources (clients, employees, suppliers, etc.) and sort them in groups. Interrelationship digraph shows the causal relationships and helps analyze the natural relationships between the different aspects of a complex situation. When dealing with transport problems, a logical relationship between interrelated factors is made. Initially, it requires a creative process, and then outlines the logical relationships used during development. Systems flow / Tree diagram supports interaction and consensus among group members.

The matrix diagrams of the auto and rail transport in Bulgaria are most widely used. The purpose of the matrix diagram is to find out the relationship between two, three or four groups of information and to show their importance. Allows to quickly display verbal data obtained on the basis of experience. Matrix Data Analysis serves as a graphical representation of quantitative links between data in a matrix in order to see the level of dependence between the various variables, and relating to transport processes. It is used to compare a large number of items in complex situations to determine how different factors are related to each other.

Arrow Diagram is a type of planning and programming card that is used in various techniques. It can serve as a control mechanism for transport processes. Process Decision Program Charts - PDPC is a method for planning unexpected events and taking precautions to prevent them. Based on the chart are reviewed not only the opportunities to achieve the goal, but also the necessary costs, time, and so on and choose the path that would lead to the best results. The general conclusion is that in practice poorly implemented are the general management tools for quality management in road and rail transport in Bulgaria.

4. DISCUSSION

The analysis of the data shows that road transport has more to do with the specific and general management tools for quality management in relation to rail transport. The overall picture in the coming years outlines a tendency to increase the interest in applying the quality management tools.

In automotive and railway organizations, a key indicator of the need to implement tools is creating customer confidence, improving management processes, and creating opportunities for competitive advantage. The comparison of the assessments makes it possible to conclude that the car organizations attach greater importance to the specific instruments compared to the railway companies. At the same time, railway companies attach more importance to matrix diagrams than general management tools.

5. CONCLUSION

As a result of the wave of technological innovations and revolutionary business models (such as shared travel), both the opportunities and the demands for improving the safety, efficiency and quality of the transport service have increased. Digital technologies help reduce human error. In addition, they can create a multimodal transport system and stimulate social innovation, but different quality management tools are needed.

Unsatisfactory level of administration in the use of advanced statistical techniques in automotive and railway organizations is reflected in the low level of the methods of quality management. From this point of view, poor prospects for the development of transport organizations in Bulgaria are outlined due to insufficient efforts to master modern concepts and management methods.

The future development of transport in the automotive and railway organizations should be directed towards increasing the use of modern statistical methods for the management of transport activities. They will achieve a higher level of customer service and greater competitiveness.

6. REFERENCES

Aydina and Seda Yildirimb, The measurement of service quality with servqual for different domestic airline firms in Turkey, Serbian Journal of Management 7 (2),2012.

Ballou, R.H, (2004) Business Logistics/Supply Chain Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain, 5th edn., Pearson Education, Prentice Hall, Upper Saddle River, New York.

Bienstock, Mentzer, and Bird, Measuring the Perceived Quality of Physical Distribution Service, Journal of the Academy Science, 2002, 25(1).

Bobcheva, N., https://www.investor.bg

Council of Physical Distribution Management, Chicago, IL.

Lakov, V., METHODS FOR IMPROVING THE QUALITY OF THE VEHICLE TRANSPORT SYSTEM, Mechanics, Transport, Communications, issue 1, 2012

Dall, Michael, Bailine, Adam. Service this: Winning the war against customer disservice. 1st. Last Chapter First, 2004.

Dragneva N. Possibilities of improvement of the quality of city automobile transport, IN: Scientific proceedings xxii international scientific-technical conference "trans & Motauto '14"

Gøran, P., V. Helge, Strategies for Logistics Service Providers: A Case Study. The International Journal of Logistics Management, 2011, pp.53 – 64.

LaLonde, B.J. and Zinszer, P.H. (1976), Customer Service: Meaning and Measurement, National

Medium-term program "Road Safety Safety Management", Directorate "Policy in the Road Infrastructure" at the Ministry of Transport, 2008.

Mentzer, J.T., Flint, D.J and Hult, G.T.M. (2001) Logistics services quality as a segment-customized process, Journal of Marketing, Vol.65, No 4, pp.82-104.

MTITS, Integrated Transport Strategy for the period up to 2030.

Sumaedi1, S., Bakti, Yarmen, M., The empirical study of public transport passengers' behavioral intentions: the roles of service quality, perceived sacrifice, perceived value, and satisfaction (case study: paratransit passengers in Jakarta, Indonesia, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2012, 2(1): 83 – 97

Vodenicharova, Maria, Analysis of logistics market in Bulgaria for the period 2010-2016, Massachusetts Review of Science and Technologies, 2016, № 1(13), (January - June). Volume VII. "MIT Press", 2016. pp. 210-217

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

DIGITAL TRANSFORMATION AS A FACTOR OF EFFICIENT DEVELOPMENT OF LOGISTICS SYSTEMS

DIGITALNA TRANSFORMACIJA KAO FAKTOR EFIKASNIJEG RAZVOJA LOGISTIČKIH SISTEMA

Abidin Deljanin[a], Fadila Kiso[a], Mirza Berković[a]

[a] Univesity of Sarajevo, Faculty of Transport and Communications, Zmaja od Bosne 8, Sarajevo 71 000, Bosnia and Herzegovina, a_deljanin@hotmail.com, fadila.kiso@gmail.com, mirza.berkovic@gmail.com

Apstract: *The paper deals with the problems and possibilities of digital transformation of the logistics system as a factor of more efficient development of logistics. The aim of the research is to identify the problems, benefits, essential performance and barriers to the application of digital transformation of the logistics system that have the potential to create a completely new work environment that increases the speed and quality of processes and procedures, since speed and time are crucial. Improving supply chain connectivity, better forecasting capabilities, newer technology, changes in logistics patterns and scenarios, challenges in resources, people, management, but also energy, value chain integration, and other reasons for the need for accelerated digital logistics transformation. The research results present a new approach to digital transformation through the analysis of hyperconnections and hybrid chains based on available literature and empirical data. The following scientific methods were used to achieve the set goals of the paper as well as the most efficient research results: descriptive method, comparative method, synthesis method, method of analysis. The importance of the work is reflected in identifying key parameters for successful digital transformation and closing the existing shortcomings facing the logistics industry.*

Key words: *Digital transformation, logistics, efficiency*

Sažetak: *Rad se bavi problemima i mogućnostima digitalne transformacije logističkog sistema kao faktorom efikasnijeg razvoja logistike. Cilj istraživanja je identificirati probleme, prednosti, bitne performanse i barijere primjene digitalne transformacije logističkog sistema koje imaju potencijal stvoriti potpuno novu radnu okolinu koja povećava brzinu i kvalitetu procesa i procedura, obzirom da su brzina i vrijeme ključni za logistiku. Poboljšanje povezanosti opskrbnog lanca, mogućnosti boljeg predviđanja, novije tehnologije, promjene u logističkim obrascima i scenarijima, izazovi u resursima, ljudima, upravljanju, ali i energiji, integraciji lanaca vrijednosti i drugih su razlozi za potrebu ubrzane digitalne logističke transformacije. Rezultati istraživanja prikazuju novi pristup digitalnoj transformaciji kroz analizu hiper povezanosti i hibridnih lanaca temeljem dostupne literature i empirijskih podataka. Da bi se postigli postavljeni ciljevi rada kao i što efikasniji rezultati istraživanja korišteno je više naučnih metode: metoda deskripcije, komparativna metoda, metoda sinteze, metoda analize. Značaj rada se ogleda u identifikaciji ključnih parametara za uspješnu digitalnu transformaciju i zatvaranje postojećih nedostataka s kojima se suočava logistička industrija.*

Ključne riječi: *Digitalna transformacija, logistika, efikasnost*

1. UVOD

Sistem logistike je sektor koji se nalazi u dinamičnoj evoluciji i nadgradnji čiji je cilj povećanje efikasnosti unutar sektora kroz generisanje dodatnih vrijednosti i profita, uz istovremeno povećanje zadovoljstva krajnjih korisnika usluga. Radi se o složenom sistemu koji obuhvata brojne procese zbog toga pravilno planiranje i prilagođavanje u stvarnom vremenu je od ključne važnosti. Jedini način za uspješnu realizaciju poslova u takvom sektoru je korištenje IT tehnologija. Logistički sistemi su često neintegrirani sistemi prostorno-vremenske transformacije materijalnih dobara i usluga, čiji procesi moraju da teku u realnom vremenu. Njihova osnovna funkcija je prostorno - vremenska transformacija, pri čemu se svaki logistički sistem sastoji od niza elemenata koji moraju biti međusobno povezani i koji utječu na troškove prijevoza, skladištenja, maloprodaje te manipulacije robom. Osim dobara, logističkim sistemom se kreću energija i različite informacije. Tok dobara

između tačke isporuke i tačke prijema pretpostavlja i razmjenu informacija između obje tačke. Informacije se razmjenjuju prije, za vrijeme i nakon završenog toka materijalnih dobara. One ga izazivaju, prate i objašnjavaju, kontroliraju i slijede, te potvrđuju ili ukazuju na odstupanja. Stoga su i procesi tokova informacija također logistički procesi. Zadaci logističkih procesa realiziraju se tokovima transformacije dobara i transformacije informacija. Oni se odnose na planiranje, upravljanje i kontrolu tih tokova transformacija. S njenim ispunjenjem vezane su funkcije promjene količina i vrsta dobara, te funkcije olakšavanja transformacije dobara. Shodno prethodnom digitalni alati kojima se sve više koristimo i njihova umreženost u velikoj mjeri diktira i strategije logističkih kompanija. Digitalizacija i digitalna tehnologija mogu pomoći logističkoj industriji da smanji svoju neefikasnost. Digitalna transformacija kao koncept reorganizacije/unapređenja poslovnih procesa i samog opstanka poslovanja uz pomoć svih raspoloživih digitalnih alata i tehnologija, je nesumnjivo ključni faktor uspjeha svake logističke kompanije. Karakteristike koje oblikuju digitalnu transformaciju uključuju povezane faktore proizvodnih elemenata u umreženim i sinergijskim lancima vrijednosti, prikupljanje podataka i faktora analize s ciljem poboljšanja proizvodnog procesa, optimizacije troškova, stjecanja konkurentske prednosti i ispunjavanja očekivanja i želja korisnika logističke usluge. Digitalna transformacija ima eksponencijalni potencijal stvaranja potpuno inovativnog logističkog okruženja u kojem će neki poslovi nestati, stvoriti novi, dok će većina doživjeti značajnu promjenu. Transformacija poslovanja događa se u lancima snadbijevanja, jer digitalno poslovanje zahtijeva digitalne lance. Novi poslovni modeli, omogućeni digitalnim tehnologijama i usredotočeni na stvaranje rješenja i usluga s dodanom vrijednošću, povrh smanjenja troškova, pokreću digitalne transformacije.

Digitalna transformacija se definiše kao primjena tehnologije radikalno poboljšanih performansi. Ciljevi digitalne transformacije odnosno su procesi u poslovnom logističkom okruženju, posebno kada upotreba digitalnih tehnologija počinje omogućavati logističke inovacije i kreativnost te poticati značajne promjene u domenu intelektualnog kapitala. Vrlo je važno sagledati dinamične promjene složenih tržišnih uslova za primjenu digitalnih tehnologija u logističkim organizacijama i utjecaj koji te tehnologije imaju na organizacije, kao i potreba definiranja novih pristupa upravljanja koji će osigurati pravovremene poslovne odgovore na izazove digitalne transformacije u kontinuiranom vremenskom razdoblju. Logistički sistemi i transportna logistika imaju veliku ulogu u razvoju digitalnog tržišta i nalaze se pred velikim izazovima obzirom na brzinu rasta i širenja Internet. Naravno, logistika treba biti što bolje organizovana, umrežena, mobilna i interoperabilna.

Efikasnost generalno opisuje u kojoj mjeri su resursi, npr. vrijeme, napor ili trošak, dobro korišteni za namenjeni zadatka ili svrhu. Često se koristi da bi ukazao na sposobnosti određenje radnje (aktivnosti) da proizvede određeni ishod efikasno - sa minimalnom količinom otpada i najmanjim troškom. Efikasnost je merljiva koncept, kvantitativno određuje odnos izlaza u odnosu na ulaz.

2. HIPER-POVEZANOST I BRZINA LOGISTIČKOG SISTEMA KAO FAKTORI EFIKASNOSTI

Karakteristika današnjeg logističkog okruženja je da su potrošači, korisnici, odnosno ljudi subjekti koji očekuju više i da su sve mobilniji. Na kraju svakog lanca snadbijevanja nalazi se krajnji kupac jednako kao što se i na kraju svakog procesa nalazi korisnik, logistički partner ili bilo koji drugi sudionik. Preduzeće koje se prilagođava kupcima usmjerava veliki fokus prema pristupu brzim podacima, jer je brzo snimanje i obrada podataka vrlo bitna. Realno vrijeme prvo opisuje kapacitet, iako ga sve više shvaćamo kao stvarnost, pri čemu, hiperpovezivost inherentno dolazi s dimenzijom ubrzanja i brzine te objašnjava povezanost procesa, ljudi i način korištenja.

Pored informacija i komunikacija, postoji i fizički svijet u koji spadaju palete, kutije, roba, papirnati dokumenti, itd. Tako dolazimo do logističke industrije gdje upravljanje informacijama, analiza podataka i sami korisnici imaju ključnu ulogu. Činjenica je da sa svakim rukovanjem, isporukom i bilo kojim drugim postupanjem s robom dolaze procesi, tokovi informacija i interakcije. Analizirajući digitalni i fizički aspect tokova, da se zaključiti da je malo industrija hiperpovezano na svim nivoima od onih koje su aktivne u lancima snadbijevanja.

Bez obzira da li se radi o distributerima, krajnjim korisnicima, prijevoznim kompanijama, trgovcima na malo ili bilo kojem dijelu lanca snadbijavanja, uvijek postoji netko tko nešto čeka. Kao i u mnogim stvarnim scenarijima mnoge su strane uključene kako bi dobili proizvod od mjesta gdje je proizveden do krajnjeg odredišta. Što je duže vrijeme čekanja na jednu od uključenih strana, dolazi do gubljenja više vremena, resursa i novca, a ponekad se i reputacija može izgubiti u slučaju dugog čekanja isporuke proizvoda. Očito, ove odgode ne moraju nužno utjecati na isporuku proizvoda na krajnje odredište. Važnu ulogu tu čine i skladištenje, upravljanje zalihama i upravljanje lancem snadbijavanja koji su vrlo kompleksni procesi. Brzina je često ključni

razlog u današnjem kontekstu "digitalnog okruženja". Kada se dobro koristi, brzina je konkurentska prednost. Također, u logistici, procesi su sveprisutni i međusobno povezani. Dakle, očekivanja kupaca i konkurentna diferencijacija zahtijevaju brzinu i vrijeme, što je pokretač nekoliko važnih promjena u logistici, a brzina je konkurentska prednost. Područja gdje su brzina i vrijeme ključni u logistici su:

- Marketing temeljen na podacima usmjeren je na angažiranje ljudi u vremenu i kontekstu koji ima najviše smisla i samim time povećava realizaciju akcije.
- Upravljanje informacijama, više nego ikada, bavi se pružanju pravih informacija u pravom trenutku za pravi proces, ljude, kontekst, svrhu i tako dalje.
- Služba za korisnike: zahtjev za brzim odgovorima je veći nego ikad, gdje vrlo velik utjecaj imaju informacije i komunikacija te zbog povećanih očekivanja kupaca za što bržim i točnijim informacijama, odgovor leži u mobilnom svijetu.
- Kod uvođenja novih poslovnih modela ili tehnoloških implementacija, vrlo je važno
- donošenje odluka za pokretanjem proizvoda, gdje je vrijeme vrlo bitan faktor.

Mnogi od tih primjera bitni su razlozi zbog kojih poslovni subjekti preferiraju velike podatke i u tom kontekstu se podrazumijeva brza analiza podataka, koristeći umjetnu inteligenciju i kognitivno računanje na skup podataka koje treba obračunati. Kompanije žele da vidljivost i transparentnost podataka bude brza i pravovremena budući da se digitalna transformacijska ekonomija neće tako skoro promijeniti.

S druge strane može se zaključiti da i hiper-povezanost donosi određene probleme za produktivnost logističke organizacije. Korištenje hiper-povezivih uređaja povećava produktivnost jer nam omogućavaju da posao nosimo sa sobom. Međutim, sa druge strane, nedostatak predviđenog slobodnog vremena ugrožava dugotrajnu produktivnost zaposlenika.

3. EFIKASNOST LOGISTIKE U SKLADU SA ZAHTJEVIMA KORISNIKA

Danas kupci žele brzu uslugu i imaju velika očekivanja od logističke industrije pri čemu ista dolazi u koštac sa Just-In-Time i Near-Real-Time sistemima dostave. To nije samo zbog krajnjeg kupca ili različitih posrednika, već zbog troškova, regulatornih zahtjeva i povećanja konkurencije. Kompanije moraju biti usredotočene na brzinu i često imaju za cilj poduzimati veću kontrolu nad dijelovima lanca snadbijevanja ili jednostavno uklanjati posrednike gdje god mogu. Očito je da ovaj aspekt brzine i vremena nije nov za logističku i transportnu industriju. Naravno sedam zahtjeva logistike su u direktnoj korelaciji sa parametrima efikasnosti logističkog sistema (Tabela 1.).

Tabela 3. Sedam zahtjeva logistike (Izvor: Prilagodio autor prema: [13])

R.br.	Zahtjevi	Digitalni podaci
1.	Pravi proizvod	Podaci o proizvodu
2.	Pravi kupac	Podaci o kupcu
3.	Pravo vrijeme	Podaci o terminima
4.	Pravo mjesto	Podaci o lokaciji
5.	Ispravno stanje	Podaci o stanju
6.	Odgovarajuća količina	Podaci o količinama
7.	Odgovarajući troškovi	Podaci o troškovima

Razvoj logistike u digitalnom okruženju se kreće sve brže i daleko je više integriran s međusobno povezanim procesima i podacima iz nekoliko različitih izvora. Ako se sagleda prethodnih sedam ključnih zahtjeva poslovne logistike, odmah se vidi kako funkcionira sistem dobivanja pravih podataka u pravo vrijeme i na pravom mjestu. Ovdje govorimo o podacima senzora (stanje, mjesto), kao i podacima i informacijama u mnogim drugim područjima uključujući uvide na temelju analize podataka ili digitaliziranih informacija širmo lanca snadbijevanja.

4. EFIKASNOST DIGITALNIH LANACA SNADBIJEVANJA U USLOVIMA DIGITALIZACIJE

Digitalno poslovanje zahtijeva digitalne opskrbne lance. Duboka digitalna transformacija se događa u nekoliko područja u nekoliko područja lanca snadbijevanja. Inovativne upotrebe tehnologija u područjima kao što su analiza podataka, Internet Of Things i Cloud ometaju postojeće logističke konkurente. Različite uključene strane u lancu kreću se različitim brzinama i mijenjaju očekivanja i razvoj čime digitalizacija postaje nužan uslov

u logističkoj industriji pa tako i digitalni opskrbni lanci postaju nova kompleksna norma. Iako je efiksanost upravljanja lancem snadbijevanja široko područje, postoji nekoliko razvojnih situacija koje se primjenjuju na lancu kao cjelini i zapravo dovode do digestija i digitalne preobrazbe kao ključnih katalizatori i posljedica s nekoliko digitalnih tehnologija kako bi se sve to moglo učiniti.

5. PODACI I INFORMACIJE KAO USLOV EFIKASNOSTI DIGITALNE TRANSFORMACIJE LOGISTIKE

Današnje tehnologije su različite, ovisno o tačnoj "aktivnosti" (pakiranje nije isto kao i stvarni transport ili upravljanje graničnim postupkom), ali svi imaju jedan zajednički element: fokus je uglavnom na podacima i informacijama. Dio troškova digitalne transformacije direktno je dodijeljen transformaciji lanca snadbijevanja. Podaci i analiza ključni su za ubrzanje logističkih procesa, nude vidljivost partnerima i kupcima, digitaliziraju lančane vrijednosti i u kontekstu digitalne transformacije razvijaju nove poslovne modele.

Digitalne tehnologije i njihove mogućnosti uglavnom se vrte oko lokacije, povezivanja uređaja (Internet of Things), analize podataka, kognitivnog računalstva i platformi gdje se podaci bilježe, obrađuju i koriste. Razlikujemo mobilne platforme, platforme za prikupljanje i obradu podataka, ali i mreže i okruženja podataka kao što je Cloud Computing. Posljednje, ali ne i manje važno, budući da se govori o poslovnoj imovini, robi i podacima, sigurnost (digitalna i fizička) također igra veliku ulogu uz sve veću upotrebu tehnologija. Neke od njih su prostorna provjera autentičnosti, biometrija, praćenje imovine i glavnih aplikacija na Internet of Things.

6. EFIKASNOST TRANSFORMACIJE INFORMACIJA U DIGITALNI OBLIK

Više je razloga zašto se sektor logistike mora osloniti na efikasnu transformaciju u digitalni oblik poslovanja i zbog čega ima više digitalizacijskih prepreka pred sobom. Kao prvo, prelazak u digitalno poslovanje se događa u lancima snadbijavanja. Slika 1. prikazuje nekoliko izazova za rješavanje i razvoj efikasnosti transformacije koji utječu na logističku industriju.

Slika 1. Okvir za digitalnu transformaciju upravljanja lancem snadbijavanja (Izvor: Prilagodio autor prema: [14])

7. FAKTORI INFORMACIJSKOG RIZIKA U SIGURNOSTI LANCA SNADBIJAVANJA

Poremećaji lanca snadbijavanja predstavljaju se kao globalni poslovni rizik broj 1. Jasno je da su lanci ključni za sve kompanije. Dakle, ne čudi da se briga o smetnjama posebno informacijskim stavlja visoko na dnevni red. Industrija 4.0 nije samo vidljiva kao prilika već i kao izazov, posebno iz perspektive sigurnosti. Kako se sve međusobno povezuje, tako se povezuje i rizik. Ta povezanost rizika raste svakodnevno, jer tehnologija, globalizacija i društvena promjena stvaraju složenu mrežu odnosa i međuovisnosti s "just-in-time" i "lean" proizvodnjom sada standardne prakse." Cyber-sigurnost i sigurnost općenito su ključni u lancima snadbijavanja, a nekoliko se tehnologija sve više prihvaća kako bi se rizici smanjili i proaktivno pretvorili izazove Industrije 4.0 u prilike.

8. IZAZOVI EFIKASNOSTI U HIBRIDNIM LANCIMA SNADBIJEVANJA

Logističke kompanije danas još uvijek djeluje na hibridnim modelima lanca snadbijavanja. Drugim riječima, papirnati i IT podržani procesi se kombiniraju. Papir je veliki izazov u optimizaciji lanaca jer je jednostavno previše spor i dostupan samo lokalno. Posebno u kontekstu kompleksnih lanaca snadbijavanja s puno posrednika i procesa, dokumenti se na nekoliko načina gube ili oštećuju. Riječ je o rizicima (uključujući prijevaru), nedostatku vidljivosti i nefikasnim procesima i suboptimalnom dodjelom resursa. Digitalizacija i hibridni lanci su i dalje veliki izazov u logistici te ima još dovoljno prostora za optimizaciju efikasnosti procesa i prikupljanje informacija blizu izvora ili tačke "akcije / porijekla" kako bi se ubrzali procesi i povećala transparentnost dok se povećava agilnost (potreba za brzinom). Translacija iz hibridnih lanaca opskrbe u digitalne lance opskrbe jedan je od ključnih evolucija u transportu i logistici.

9. RJEŠENJA PREMA ZRELOSTI PODATAKA I PROCESA

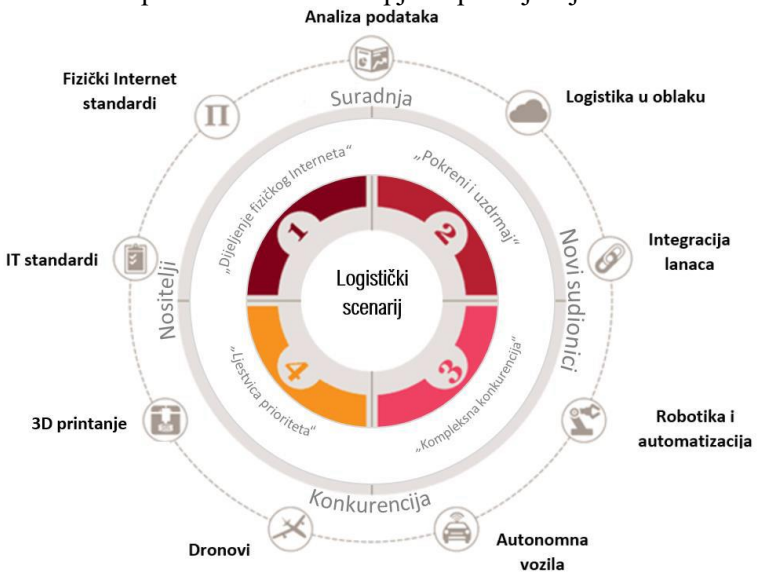
Logistički sistem je intenzivno informativan sistem i uvijek je bio vođen podacima. Veliki podaci i tradicije temeljene na podacima nisu garancija za uspješno iskorištavanje novih mogućnosti kod podataka. Logističke kompanije trebaju se pomaknuti do razine zrelosti podataka kako bi se mogućnosti Internet of Things i kognitivnog računanja pretvorile u prednosti koje im omogućuju da brže transformiraju svoje poslovanje nego što je to slučaj danas. Što znači da se fokus mijenja od podataka do ishoda i transformacija. Vrlo je malo prijevoznih i logističkih kompanija koje procjenjuju zrelost svojih analitičkih podataka.

10. PRIJEDLOG MODELA ZATVARANJA PRAZNINA U POGLEDU ZRELOSTI INFORMACIJA I EFIKASNOSTI PROCESA

Poboljšanje povezivanja u cijelom lancu snadbijevanja, mogućnosti boljeg predviđanja i prognoziranja, regulatornih izazova, novije tehnologije kao što su dronovi i 3D printeri, promjene u logističkim uzorcima i scenarijima, izazovi vezani za resurse (ljudi, upravljanje ali i energija), npr. integracija lanaca vrijednosti, itd. sve su to faktori uspjeha i područja efikasnosti logističke branše. Shodno prethodnom ključno je dovesti "kompaniju u red". I to ne samo u digitalnim tehnologijama kao izazovima, zaštiti, omogućiteljima, koji se temelje na mobilnom Cloud Computing-u, analizama podataka i Internet of Things. Također se radi o rješavanju bitnih izazova s obziromn na potpuno digitalno spremanje. Ako se sagledaju mnogi izazovi digitalizacije, od papirnatih dokaza o isporuci dokumenata do nedostatka vidljivosti, vidljivo je da još uvijek ima mnogo posla.

Shodno prethodnom moguće je predložiti model logističkog scenarija u procesu digitalne transformacije koji bih uključivao i pokrio sve tehnologije, a temeljilo bih se na:

- Utvrđivanju novog sistema vrijednosti logističkih procesa
- Detaljnoj izradi plana transformacije utemeljen na efikasnim procesima
- Provođenju promjene u cijelom partnerskom ekosistemu
- Smanjenu rizika kako bi se povećale šanse za uspjeh i poboljšanje efikasnosti logističkog sistema



Slika 2. Logistički scenarij (Izvor: Prilagodio autor prema: [14])

Predloženi model logističkog scenarija u procesu digitalne transformacije bi uzeo u obzir i meta logistički scenarij prikazan na Slici 2. Bitno je napomenuti da su digitalne sposobnosti i izvrsnost informacija ključne za zatvaranje postojećih neefikasnosti i transformaciju logističkog sistema.

11. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja pokazuju da digitalna transformacija omogućuje uključivanje logističkih kompanija u nove ekosisteme te stvaranja mogućnosti za razvoj i rast poslovanja izvan fizičkih tržišta. To je posebno važno za kompanije koje posluju na tržištima ograničene veličine, kao što je bosanskohercegovačko tržište.

Digitalizacija može znatno poboljšati efikasnost logistiku kroz tačnije informacije o stanju procesa te o stanju cijelog logističkog ekosistema. Napredniji pristup i razmjena podataka u digitalnom okruženju u lancu snadbijavanja mogu potaknuti neprekinute tokove informacija i otvoriti širok raspon novih poslovnih mogućnosti. Digitalna transformacija kao factor efikasnosti nudi brojne koristi, od boljih informacija o dostupnim transportnim uslugama, informacije o vremenu dolaska robe kako bi optimizirale upravljanje i proizvodnju zaliha, logističkim kompanija omogućava optimizirati transportne operacije u realnom vremenu i reagirati na neočekivane događaje, a javne vlasti mogu imati koristi od tačnijih i pouzdanijih informacija o korištenju infrastrukture i tereta, čime se pridonosi boljoj efikasnosti i operativnoj sigurnošću mreža.

Digitalna transformacija smatramo daje imperative logistici da postane kvalitetnija, brža, fleksibilnija, s implementiranim efikasnijim informatičkim rješenjima. Zaključujemo da postavljanje efikasnog oblika snadbijavanja predstavlja nove izazove koji povratno pozitivno utječu na efikasnost logističkog sistema. Stoga je efikasnost digitalne transformacije procesa, odnosno kvaliteta logistike, od ključnog značaja u lancu dostave i snabdijevanja.

12. LITERATURA

Bertels, A.: The Difference Between (2011). E-Business and e-Commerce, Computer World.

Babić R.; Krajinović A.; Radman Peša A. (2011). Dosezi elektroničke trgovine u Hrvatskoj i svijetu, Oeconomica Jadertina, Zadar

Holden G., Belew S., Elad J., Rich J. R. (2008). E-Business, Wiley Pathways

Panian, Ž. (2001). Elektroničko trgovanje, Sinergija, Zagreb

Panian Ž. (2013). Elektroničko poslovanje druge generacije, Ekonomski fakultet Zagreb, Zagreb

Raab M., Griffin-Cryan B., (2011). Digital Transformation of Supply Chains, Creating Value – When Digital Meets Physical, Capgemini Consulting

Tipping A., Kauschke P. (2016). Shifting patterns, The future of the logistics industry, PwC's future in sight series

Yua Y., Wanqa X., Zhonqb R. Y., Huanqa G. Q. (2016). E-commerce Logistics in Supply Chain Management: Practice Perspective, Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production, Procedia CIRP 52 179 - 185

URL: https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/scoreboard-2014-progress-reportdigital- agenda-targets-2014, pristupano

URL: http://www.jatrgovac.com/2015/11/logistika-otvorenost-i-konsolidacija-trzista/, pristupano

URL: http://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/alibaba-sprema-veliku-investiciju-uhrvatskoj- zele-graditi-svoj-glavni-ditribucijski-centar-za-cijelu-europu/5528715/, pristupano

URL: http://www.vanhireoswestry.co.uk/van-hire/mercedes-sprinter-313-cdi/, pristupano

URL: http://www.hak.hr/info/cijene-goriva/, pristupano

URL:https://www.i-scoop.eu/digital-transformation/transportation-logistics-supplychain- management/, pristupano

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

FEASIBILITY OF LOGISTICAL MODEL OF COMMUNAL WASTE MANAGEMENT

Nikolche D. Talevski[a], Ivo Dukoski[b]

[a] *ELEM – REK Bitola, Novacki pat without number, Bitola 7000, Macedonia, postdiplomec@yahoo.com*

[b] *University St. Kliment Ohridski Bitola, Faculty of Technical Sciences, Makedonska Falanga 33, Bitola 7000, Macedonia, ivo.dukoski@tfb.uklo.edu.mk*

Apstract: *The logistic is recognizable because the decisions are always brought at different levels. When it is a word for communal waste management (hereinafter CWM) the decisions are brought at different places. In this paper that will be at three levels. First level it is considered at management economical level. Second level when a word is for CWM is the technical in other words logistic level. And the third level is considered at strategic level or level where the strict laws and regulations should be observed, for protection of the living environment in function of the previous two levels. With such logistical approach the certain state should be partially considered and all with one sole purpose in order to have a possibility for the solutions to be changed only in defined segments and again to be put in functionality of the complete system. With this the decisions that are brought at different levels are practiced at all logistical concepts of CWM (spatially, timely and functionally). With that the feasibility of the logistic model (hereinafter LM) will be a reality not only as a project but also as an operational finished desired state. With this from this paper it comes clear that every approach and especially the logistical one, it could and it must be put in phases and in levels and at the same time to be feasible as a desired product. With analysis and synthesis in application of the logistics the contours of the desired and future scientific project in this field will be formed.*

Key words: *feasibility, logistic model, communal waste management, management level, logistic level, strategic level*

1. LEVELS OF LOGISTIC APPROACH

The analyses of the phenomenon of communal waste (hereinafter CW) always are based on certain plans. These plans are mostly used during application of management logistical approaches. Out of these management approaches would result also figurative reviews of this paper, that are origin parts for this research scientifically modified for the needs of CWM as a whole and application of logistic in the management approach.

The levels of CWM mostly are considered through three approaches depending what one wants to represent and that is:

- •Management approach (if one wants to represent CWM mostly from economical nature), where clearly it could be stated that for this kind of logistic approach clearly should be précised all economical logistic aspects.
- •Dimensioning approach (if one wants to represent CWM mostly from technical (logistical) nature, where clearly could be stated that for this kind of logistic approach it should clearly be précised the techniques that should be applied, but also here the economic logistical nature could be of crucial meaning, and
- •Strategic approach (if one wants to represent CWM mostly from ecological logistical nature), where clearly could be stated that for this kind of logistic approach it should clearly be précised all previously quoted logistical aspects in the realization of the ecological logistical requirements.

These logistical approaches are quoted in the further course of this paper.

2. MANAGEMENT APPROACH TO CWM – TECHNOLOGICAL FEASIBILITY

The management approach of seeing the things today is present everywhere and shall be management and organizing of the work for more successful realization of certain economical results. This science today seizes great influence literary everywhere and represents structure for realization of the desired result. One of the most important principles of the management view of the things is the economical view. Therefore when a word is about the management logistic approach one must have in mind that the economical benefit must be satisfied for realization of qualitative management with the processes.

The management is defined as a process of managing that is realized in accordance with certain rules, consideration of experienced principles and application of adequate techniques. The management consists of planning, organization, leading (motivating) and controlling (supervision) evaluation.

Concretely for broader acknowledgement and responsibility about making decisions with CW the management approach should be considered, or approach to certain issue or view on something. Consideration of CW through the management approach in it consist the basic rules of management.

Defining of the managing nature is the following:

- •Planning (deciding for that what should happen in future (today, the following week, following month, following year, during the next 5 (five) years, e.t.c.) and creating action plans. Concretely of any procedure at CWM,
- •Organizing (carrying out) maximal use of the resources necessary for successful carrying out the plans at CWM,
- •Conducting / Motivating (determining what should be done in certain situations) / (process of stimulation for realization of the desired aim) around CWM, and,
- •Controlling (supervising) (check of the progress compared with the plans with possibility for changes based on feedback) represents a continual process of monitoring the situations and processes around CWM.

On the following tabular algorithm number 1 is represented a management approach where it clearly could be seen every specific of the quoted rules and its characteristic and link.

Tabular algorithm number 1. Technological feasibility of LM for CWM

Management approach to dimensioning (economical)			
Planning	idea	manufacturing/ application	conducting
Organizing	includes practice	leading/ motivating	control
Conducting, Motivating	progress	stagnation	promoting
Control, Supervision	monitoring the processes and situations	monitoring the processes and situations	monitoring the processes and situations

From the algorithm table it could be stated that this management approach in it has the economic logistical nature of dimensioning and therefore this approach is represented also as an economical logistic approach of dimensioning. Here it is taken into account from the idea, the manufacturing, application, carrying out through organizational elements, conducting and controlling the economical justification to be first of all as a factor to undertake of any step which only like that in totality would be justified.

When it is a word about evaluation of the performances of LM for CWM this approach aims toward reaching of technological feasibility.

In future this approach offers techniques and technologies that really carry to forming of all contours of LM for CWM which should be real product for further scientific functioning during bringing decisions first of all from logistical nature.

3. APPROACH TO DIMENSIONING OF CW (MECHANICALLY) – EFFECTIVE FEASIBILITY

The technical in other words the logistical approach of viewing the things in lot should contribute for creation of effectiveness and maintainability of certain systems and represents skill, skillfulness, practice in something. The logistics as a science here helps principles which supported with technique, skills and methods are in favor of creating justified systems with application of whole of instruments and means for production, especially machines, technical and mechanical units. One justified logistic system which should be considered in this research is the system of CWM which represents totality of methods and techniques that are applied and also conducting of these methods and techniques for CWM, with possibility of application of contemporary technical views and possibilities. This logistical approach in itself mostly contains the elements of the logistics as a science. This logistical system is represented in the further text with concretizing of the logistics as a science for CWM. That is represented also as original tabular algorithm.

When it is a word for reviewing the approach of dimensioning or the so called technical (logistical) approach and for CW this approach is considered from three dimensions important from the logistics as a science. This approach is given as a:

- Spatial dimension – that in its scope defines the aspect of space (international, national, regional and local),
- Timely dimension – that in its scope defines the aspect of time, finished situations, existing situations and planned situations. All these situations are considered at (longer time term, medium time term and shorter time term), and
- Functional dimension - that in its scope defines the aspect of division by phases (start, course and end), in other words it comprises the spatial, timely and the structural dimension (in which are included two sub dimensions of quality and quantity).

The levels of CW mostly are reviewed through the spatial dimension. But freely it can be stated that this dimension is supplemented with the rest two dimensions, timely and functional. In this research the levels of CW shall be represented through the spatial, timely and functional dimension and that is:

The spatial dimension: international level which in its scope shall have the reports toward the international institutions and the international legislation, national level which in its scope shall have the state as one subject, regional level which in its scope shall have the functional planned regions, and local (town/village) level which in its scope shall have each town/village with its specifics.

The timely dimension: finished situations, existing situations and planned situations (reviewed at long time term, medium time term and short time term).

The functional dimension: start, course and end (with inclusion of the structure with quality and quantity).

On the following tabular algorithm figure number 2, is represented the approach of dimensioning where it could clearly be seen each specific of the quoted rules and its characteristic and link.

Tabular algorithm number 2 Effective feasibility of LMCWM

Approach of dimensioning (technical)			
Space (spatial dimension)	world global level, **continental level**	regional geographically defined level, **regional state level**	local municipal level
Space (prediction in spatial dimension)	what HOW	when HOW	where HOW
Time (timely dimension)	finished situation	existing situation	planned situation
Time (prediction in timely dimension)	long time term	medium time term	short time term
Function (functional dimension)	surrounding	space	time
Function (prediction in the functional dimension)	start	course	end

From the tabular algorithm it could be stated that this approach of dimensioning in itself has the technical (logistic) nature of dimensioning and therefore this approach is represented also as a technical logistical approach of dimensioning. Here clearly and in an unambiguous manner could be stated that each procedure is précised at levels but on one spatial, timely and functional view of things. These three views are base for each logistic action and also a base of this research in other words foundation on which is positioned LM of CWM as an entrance in some desired Logistic strategy (hereinafter LS) LS for CWM.

Out of this the strategic scope of the spatial approach of dimensioning in itself has the global legal experiences, the experiences on a continental level, the regional laws and obligations, the state regulations and all to the municipal level. This all with clear precision what, when and where with accent to the totality in realization of the desired results in other words how all that can be done.

Out of this the strategic scope of the timely approach of dimensioning in itself has all experiences for finished situations, is monitoring the existing situations and also makes efforts to apply all possible improvements for the future. All this on a long, medium and short term of time.

And at last out of this the strategic scope of the functional dimension always takes care to know what is the surrounding in which space and time it should happen certain predictions and dimensioning. This approach of the functional dimensioning in itself has clear précised functional elements of start, course and end of the activities.

When it comes a word for evaluation of the performances of LM of CWM this approach aims to reaching an effective feasibility.

4. STRATEGIC APPROACH TO CW – ECOLOGICAL – PRODUCTIVE FEASIBILITY

The ecological view of things as a strategy is present in each segment but mostly when it is a word about CWM therefore this view later in the text shall be represented through an adequate example. This adequate example is presented in this research and also the scientific presentation of this phenomenon through the logistic view of validity, verification, forming or creation through the possibilities for implementation of the logistic measures in town and also state conditions of existence of this phenomenon. All this with application of the ecology as a science for the mutual relations of the organisms between themselves and in relation to their surrounding, of the environment. The ecology with that represents also gain which must advance for obtaining healthy and maintainable living environment. Concretely the ecology for CWM shall be presented through criteria by which the entire system shall be practiced and observed (disrespect brings sanctions) for all citizens.

At last the strategic approach to CW which in itself comprises all rules and regulations that are applied at us and in the world with all their unique features of collecting, transport, depositing, and also all the technological processes important for the phenomenon CW. These unique features shall be adjusted for the state where they will be applied, more precisely will be given some future scientifically supported views on this research about that what is desired to be obtained with its application as LM for long time term and maintainable strategy. This proposition for strategic approach would be in a direction of and move in improvement of the ecological standards but with different approach and logistical mix of all in function for increased ecological standard. Here all phases that follow one CWM would move in improvement of each phase of that management.

From this example it clearly could be stated that the sub system approach is a foundation for bringing decisions when it is a word about CWM (the example is for the STATE as a totality). On the below shown tabular algorithm number 3 the strategic approach is represented, where it clearly could be seen each specifics of the quoted rules and their feature and link and could be stated that this strategic approach in itself has the ecological nature of dimensioning and therefore this approach is represented also as initiator for improvement of the ecological approach to dimensioning. Here it could clearly be stated that if there exists certain situation then it is approached to improvement of that situation, but if it is a new situation then the strict requirements that exist in this field are applied.

Tabular algorithm number 3. Productive feasibility of LMCWM

Strategic approach of dimensioning (ecological)		
NEW SITUATION THERE IS A SITUATION	FORMED SITUATION	RECOGNITIONS
ANALYSIS	ANALYSIS	ANALYSIS
THERE IS A SITUATION	CHANGES	CHANGES
STRATEGY	ACTIONS	ACTIONS
Afterwards concrete plan follows		

When it is a word about evaluation of performances of LM of CWM this approach goes to attaining a productive feasibility.

5. RESUME – CONCLUSION

All these three levels make clear link from the start to the end. These consideration and bringing decisions is a foundation of the presented LM of CWM, and also LS of CWM as unique functional totalities of this research. These tabular algorithms are in mutual correlation and must be considered as one totality.

The algorithm approach could be also as one algorithm but the review of the divided algorithms is more clear and therefore in this paper these algorithms are presented as special totalities.

The scientific approach of feasibility of LM of CWM as technological, effective and productive in its review has the parts of the provided approaches. But also in here LM of CWM has its own unique feasibilities which in future will be represented as unique ones for before and after analysis, and also SWOT analysis for LM of CWM and LS of CWM. This from a simple reason that after a sequence of comparisons it must be uniqueness especially if it is a word about new feasible and justified creation of LM with application of science only to attain function that is desired to be improved – concretely that is LM of CWM and also the desired LS of CWM.

6. DIRECTIONS FOR FUTURE REASEARCHES

The scientific approach in this paper is based as a foundation of sequence of publications, papers, legal regulations, and internet addresses and also official data of STATE STATISTICS INSTITUTE.

Comparatively here there is a possibility to make great number of comparative analyses. The logistics as a science is present everywhere in each title of this paper.

The approach of consideration of things in this paper is based on clear precise defining of the methodology to create a new LM of CWM with application of the multiple criteria analysis, multiple criteria influence for attaining of multiple justified decision through the phase approach, modeling, and also the control of the desired performances.

The value of LM of CWM and LS of CWM shall be expressed as an logistic service which on one scientific first of all maintainable way shall allow implementation of improved scenario for qualitative CWM as a logistic system, through a part of this research that could be developing phase of this LM of CWM in future.

This is pointed out in this paper in the future directions for researches. This scientific approach should have to offer future perspective from which the complete logistic, communal and traffic transport scientific idea should have benefits. The researches would be at every level, and every state-based defined totality by law and regulation would have benefits. With this also the feasibility of LM would be completely justified as a project and also as a realized situation.

7. REFERENCES

Talevski, D., N., (2015). Logistic model about strategic communal waste management at the level of regions in Republic of Macedonia, Doctoral Dissertation

E. J. Borde, C. J. Longley, J. J. Cayle,. The Menagement of Busines Logistics – 7th EDITION", CD Verzion European comision http://www.indexuae.com/Top/Business_and_E conomy/Services/Logistics

http//www. epp.eurostat.ec.europa.eu › European Commission › Eurostat, „NUTS - Nomenclature of territorial units for statistics - Eurostat"

Novarlic, B., Stevic, Ž., Vasiljevic, M.,(2017). Efficiency in organizeing routes as part of the city waste management proposal for inovative way of transport, International Journal for Quallity Research aa(3):507-524

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

LOGISTICS PARAMETERS OF THE NON-PEDESTRIAN PART OF THE CENTRAL CITY ZONE

PARAMETRI LOGISTIKE NEPEŠAČKOG DELA CENTRALNE GRADSKE ZONE

Snežana Tadić[a], Mladen Krstić[a], Strahinja Đorić[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, s.tadic@sf.bg.ac.rs, m.krstic@sf.bg.ac.rs, strahinja.djoric@hotmail.com*

Abstract: *The city is the place of the largest concentration of economic and social activities, and the delivery of goods is a prerequisite for the maintenance of urban life and business activities through which the development of the city is achieved. City logistics deals with the problems of delivery of goods in the city and it seeks to increase the efficiency and mitigate the negative effects of logistics processes and activities while supporting the sustainable development of the urban areas. In the studies dealing with city logistics, special attention is paid to the central city zones, which initiate one third of all freight flows. Accordingly, the subject of this paper is to analyze the parameters of city logistics of the central city zone in order to investigate the characteristics of goods and transport flows. This creates the preconditions for identifying existing and potential problems, as well as defining the possible solutions. The aforementioned analysis is carried out in this paper on a realistic example of the parameters investigation for the non-pedestrian part of the Belgrade's central city zone.*

Key words: *city logistics, parameter, central city zone*

Apstrakt*: Grad je mesto najveće koncentracije privrednih i društvenih delatnosti, a isporuka robe je preduslov za održavanje urbanog života i poslovnih aktivnosti kojima se ostvaruje razvoj grada. Problemima isporuke robe u gradu se bavi city logistika, koja teži da poveća efikasnost i ublaži negativne efekte logističkih procesa i aktivnosti i istovremeno podrži održivi razvoj urbanih sredina. U istraživanjima koja se bave city logistikom posebnu pažnju privlače centralne gradske zone koje iniciraju trećinu svih teretnih tokova. U skladu sa tim predmet ovog rada je analiza parametara city logistike centralne gradske zone u cilju sagledavanje karakteristika robnih i transportnih tokova. Na ovaj način se stvaraju preduslovi za identifikaciju postojećih i potencijalnih problema, kao i definisanje mogućih rešenja. Pomenuta analiza je u ovom radu sprovedena na realnom primeru istraživanja parametara nepešačkog dela centralne gradske zone Beograda.*

Ključne riječi: *city logistika, parametar, centralna gradska zona*

1. UVOD

Grad je mesto najveće koncentracije privrednih i društvenih delatnosti, a logistika je izuzetno važna za održivost i ekonomiju grada (Tadić i dr., 2014). U gradovima raste urbana populacija (UN, 2012), a sa njom i obim robnih i transportnih tokova (Tadić i dr., 2015). U gradovima živi preko 60% stanovništva koje generiše preko 85% bruto društvenog proizvoda (BDP) Evropske Unije (Tadić i dr., 2014). Prema nekim istraživanjima, urbane oblasti iniciraju potrošnju oko 70% energije i generišu oko 80% emisije gasova staklene bašte (Tadić, 2019). Samo za kretanje unutar gradova, troši se 32% energije. Ova kretanja generišu 40% ukupne emisije CO2 poreklom od drumskog saobraćaja i do 70% ostalih zagađujućih materija koje nastaju kao rezultat transporta (Tadić i Zečević, 2016a).

Jasno je da veliki deo ukupnih robih tokova završava ili počinje unutar grada, pri čemu najuži centar grada (Centralna gradska zona - CGZ) sa oko 1-2% ukupne površine inicira trećinu svih teretnih tokova, odnosno nekoliko desetina hiljada dostavnih vozila u toku dana (Zečević i Tadić, 2006). U ovim delovima grada je prisutna velika gustina naseljenosti, veliki broj dostavnih vozila koji se istovremeno nalaze na ulicama, velika gustina generatora robnih tokova koji generišu veliki broj vremenski precizno definisanih isporuka itd. (Tadić, 2019). Problemima logisike centralnih gradskih zona dodatno doprinose trendovi poslovanja bazirani na niskom

nivou zaliha i vremenski precizno definisanim isporukama (JIT-Just In Time; ECR-Efficient Consumer Response), rasta elektronske trgovine i isporuke na kućnu adresu (B2C- Business to Customer). To podrazumeva frekventne isporuke manje količine robe, kraće vreme, visoku pouzdanost i bezbednost realizacije tokova. Ovi trendovi sa druge strane povećavaju učešće drumskog transporta i broj pređenih vozilo-kilometara, što negativno utiče na ekonomiju grada, uslove života, mobilnost i životno okruženje (Zečević i Tadić, 2006).

Zbog svega navedenog predmet ovog rada je analiza parametara city logistike centralne gradske zone. Cilj analize je sagledavanje karakteristika robnih i transportnih tokova kao preduslova za identifikaciju postojećih i potencijalnih problema, kao i mogućih rešenja. Ovaj problem je u radu razmatran na realnom primeru analize parametara nepešačkog dela centralne gradske zone Beograda. U nastavku rada su opisani trendovi city logistike koji su najznačajniji za predmet istraživanja. Nakon toga su prikazani rezultati analize parametara nepešačkog dela centralne gradske zone Beograda, kao i problemi identifikovani u posmatranoj zoni. Na kraju su data zaključna razmatranja i pravci budućih istraživanja.

2. TRENDOVI CITY LOGISTIKE

Trendovi i faktori su promenljive kategorije, a njihovom analizom mogu se utvrditi problemi i pravci razvoja city logistike (Tadić i Zečević, 2016a). U literaturi su identifikovani brojni globalni trendovi u ovoj oblasti (Tadić i Zečević, 2016a, 2016b), ali su u nastavku detaljnije opisani oni koji najviše utiču na parametre city logistike u centralnoj gradskoj zoni.

2.1 Urbanizacija i porast broja stanovnika u gradovima

U periodu 1960 - 2010. godine svetska populacija je udvostručena, sa tendencijom daljeg rasta i očekivanjima da će do sredine ovog veka dostići 9,3 milijardi. Za isti period, projektovan je rast stanovništva u urbanim sredinama sa 3,6 milijardi u 2011-oj na 6,3 milijardi (UN, 2012). Danas, oko 54% svetske populacije živi u gradu i proizvodi oko 80% globalnog BDP-a (Dobbs i dr., 2011). Sedamdeset godina ranije samo 30% svetske populacije je živelo u urbanim sredinama. Nastavak urbanizacije posebno se vezuje za razvijene regione, gde će do 2050. godine urbano stanovništvo prema nekim procenama činiti 66% (UN, 2012), a prema nekim čak i 86% populacije (Savelsbergh i dr., 2016). Evropa je trenutno sa 73% od ukupne populacije, treći kontinent po broju ljudi koji žive u urbanim sredinama (Savelsbergh i dr., 2016). Rast populacije ima direktan uticaj na obim zahteva za logističkim uslugama isporuke robe (TURBLOG, 2011). Još veći problem predstavlja porast broja domaćinstava sa jednim članom, jer su kućne isporuke, danas sve prisutnije, donekle "opravdane" samo ukoliko se na adresi konačnog odredišta nalazi veći broj ljudi. Problem se javlja i u pogledu promene starosne strukture stanovništva. Uporedo sa porastom broja stanovnika u gradu raste i prosečna starost stanovništva. Skoro trećinu populacije EU25 činiće stari ljudi (65 i više godina) (Tadić, 2018; EC, 2004). Ova demografska promena može da utiče na rast kupovine u manjim, lokalnim radnjama, ali i na veće učešće delimično obrađenih svežih proizvoda koji zahtevaju kontrolisani temperaturni režim (EC, 2004).

2.2 Pojava i porast obima elektronske trgovine (e-trgovina)

Razvoj internet platforme omogućio je razvoj elektronske trgovine. Ovu vrstu trgovine sa jedne strane karakteriše jednostavnost i velika brzina realizacije, ali je sa druge strane neopipljiva i nedovoljno reprezentativna, a postavlja se i pitanje bezbednosti i zaštite podataka prilikom realizacije transakcija. Međutim, uprkos nedostacima, e-trgovina se sve više razvija i danas gotovo sve veće kompanija nude kupovinu proizvoda putem interneta. Malo je vremena bilo potrebno da vodeće svetske kompanije prepoznaju internet kao pogodno tlo za povećanje profita. U ovu trku se sve brže uključuju i manje kompanije pa se tako obim e-trgovine iz dana u dan povećava (Savelsbergh i dr., 2016; Capgemini, 2013). Posebno jak uticaj elektronske trgovine se može osetiti u centralnim gradskim zonama. Veći broj ljudi na manjem prostoru generiše veće zahteve za robom, pa se idući od periferije ka centralnim gradskim zonama može primetiti porast učešća elektronske trgovine. Trend masovnije primene e-trgovine u centralnoj zoni grada generiše kompleksne logističke tokove i dovodi do brojnih negativnih efekata. Ovaj trend su prvi uočili Taniguchi i Kakimoto (2004) koji su sproveli studiju efekata koji e-trgovina ima na urbani teretni transport. Zaključak je bio da porast B2C trgovine dovodi do porasta obima tokova dostavnih vozila, uzrokovane naručivanjem putem interneta (Taniguchi i dr, 2016; Taniguchi i Kakimoto, 2004).

2.3 Brze isporuke - kraće vreme za isporuku robe

Trend zahteva za brzim isporukama je nastao kao posledica povećanja broja isporuka robe na kućnu adresu. Zbog želja kupaca da poručena roba bude što pre na raspolaganju, neke kompanije su odlučile da svojim potrošačima ponude uslugu isporuke robe na kućnu adresu do kraja dana u kome je roba i naručena. Kompanije u svetu sa velikim uspehom realizuju ove isporuke, a neke od njih su uspele da ponude uslugu isporuke najkasnije dva sata nakon poručivanja (Savelsbergh i dr., 2016). Brzina isporuke ima veliki uticaj na logistiku centralne zone grada. Kompanije koje realizuju ove isporuke moraju na raspolaganju imati veliki broj dostavnih vozila. Smanjenjem vremenske tolerancije na isporuku robe dolazi do povećanja broja vozila na ulicama i smanjenja njihovog iskorišćenja. Sa druge strane kapacitet infrastrukture je ograničen i često bez mogućnosti proširenja zbog brojnih limitirajućih faktora. Sve to dovodi do generisanja veoma kompleksinh zahteva koje city logistika treba da uskladi.

2.4 Održivi razvoj

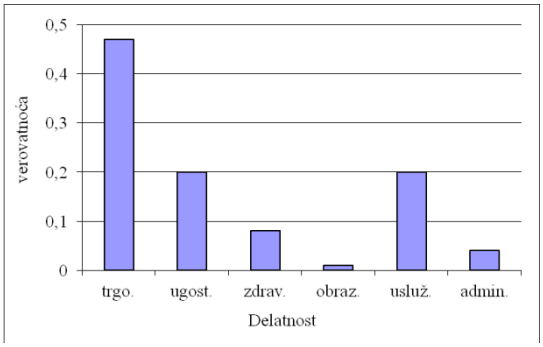
U centralnim gradskim zonama najviše trpi priroda. Smanjuju se zelene površine, parkovi, izlaz na reke itd. Sa druge strane, povećava se zagušenje saobraćajnica, buka, vibracije, emisija štetnih gasova itd. usled rasta broja isporuka i dostavnih vozila u gradu (Savelsbergh i dr., 2016). Na primer, u Sjedinjenim Američkim Državama sektor saobraćaja i transporta predstavlja 27% od ukupne emisije štetnih gasova, a emisija štetnih gasova srednjih i teških teretnih vozila se povećala za čak 76,4% u periodu od 1990. do 2013. (Savelsbergh i dr., 2016). Osim toga, ulice u u centralnim gradskim zonama su uske i okružene visokim zgradama, zbog čega je cirkulacija vazduha usporena pa se izduvni gasovi u njima dugo zadržavaju. Sve ovo dovodi do velike izloženosti stanovništva negativnim uticajima realizacije robno-transportnih tokova. Stanovnici, kao krajnji potrošači, sa jedne strane zahtevaju dobru snabdevenost tržišta i ispostavljaju zahteve za isporuku robe (direktno ili indirektno), ali sa druge strane ukoliko negativni uticaji njene realizacije prevazilaze postavljena ograničenja, izražavaju nezadovoljstvo, uglavnom preko lokalne uprave (Tadić i Zečević, 2016b). U skladu sa tim zadatak svih onih koji učestvuju u planiranju, organizaciji i realizaciji logističkih tokova u gradu, jeste definisanje i primena rešenja koja će biti u skladu sa načelima zaštite životne sredine i održivog razvoja.

3. PARAMETRI LOGISTIKE NEPEŠAČKOG DELA CENTRALNE GRADSKE ZONE

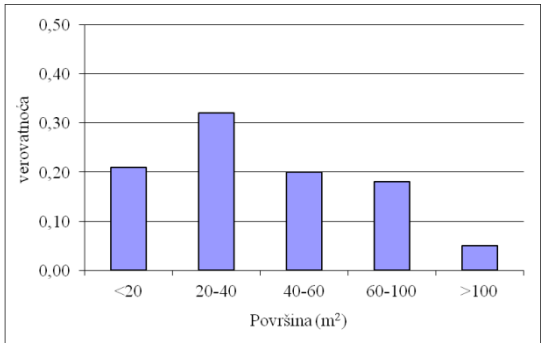
U većini velikih svetskih gradova CGZ su podeljene na pešački i nepešački deo. Zbog specifičnih saobraćajno-prostornih karakteristika ovi delovi se mogu značajno razlikovati po pitanju parametara logistike koji se generalno mogu podeliti na (Tadić i dr., 2015; Tadić, 2014): parametre urbane sredine, parametre logističkih tokova, parametre logističkih sistema i parametre generatora logističkih tokova. Generatori su privredni subjekti koji iniciraju robne i transportne tokove u skladu sa delatnošću kojoj pripadaju. Svaki od njih poseduje određene karakteristike, atribute, koji se mogu razlikovati u zavisnosti od privrednog sektora, ali i unutar iste delatnosti (Tadić i Zečević, 2015; Zečević i Tadić, 2006).

U ovom radu je izvršena analiza parametara generatora logističkih tokova nepešačkog dela centralne gradske zone Beograda. Istraživanje koje je sprovedeno u nepešačkoj zoni bazira se na intervjuima i anketama sa zaposlenim osobljem generatora. U zoni koja je bila predmet istraživanja nalazi se preko 1400 objekata, od čega su podaci uspešno prikupljeni za 626. U nastavku su opisani osnovni atributi generatora u posmatranoj zoni.

Što se tiče ***delatnosti***, u zoni dominira trgovina sa preko 45% (slika 1), što je i očekivano imajući u vidu tradicionalnu orijentisanost centralnih delova grada ovoj delatnosti, ali i veliku gustinu naseljenosti. Ovo je praćeno i velikom gustinom izgrađenosti pa se u zoni nalazi veliki broj malih objekata. ***Površina poslovnog prostora*** u preko 50% slučajeva ne prelazi 40 m^2, a najčešće se kreće od 20 do 40 m^2 (32%) (slika 2). Ovaj atribut u velikoj meri utiče na frekvenciju i veličinu isporuke, vrstu vozila koje vrši isporuku, sistem snabdevanja itd.

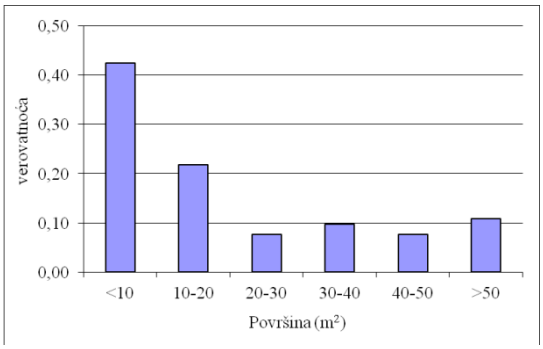


Slika 1. Delatnost generatora u nepešačkoj zoni



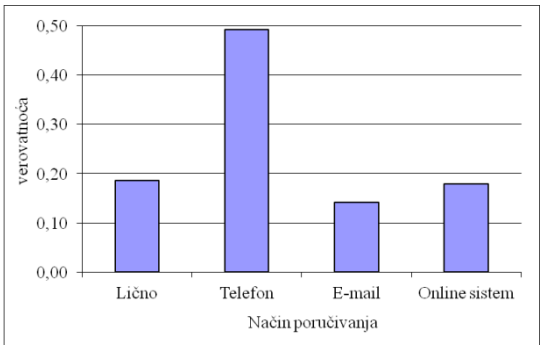
Slika 2. Površina poslovnog prostora

Površina skladišnog prostora, ukoliko postoji, igra značajnu ulogu u funkcionisanju, planiranju i realizaciji logističkih, robnih tokova. Veličina skladišnog prostora i politika skladištenja utiču na broj isporuka robe. Veće zalihe u objektu traže manje frekventne isporuke, a njihovo smanjenje može dovesti do smanjenja zarobljenog kapitala, smanjenja operativnih troškova skladištenja, smanjenja oštećenja robe itd. Smanjenjem prostora za skladištenje povećava se prostor za osnovnu delatnost objekta itd. (Zečević i Tadić, 2006). Globalni trend smanjenja skladišnog prostora preslikava se i na lokalnom nivou nepešačkog dela CGZ Beograda. Od 626 ispitanih generatora, čak 294 ne poseduje skladišni prostor. Na slici 3 se može videti da objekti raspolažu veoma malim skladišnim prostorima, u preko 40% slučajeva do 10 m^2. Generatori koji nemaju ili imaju manji skladišni prostor generišu frekventnije isporuke u odnosu na generatore iz iste delatnosti koji imaju veći skladišni prostor.

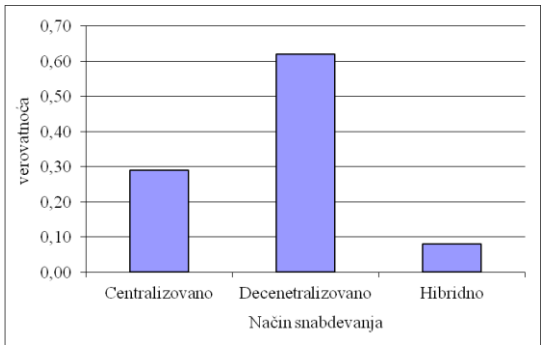


Slika 3. Površina skladišnog prostora

Sistem poručivanja i ***sistem snabdevanja*** u najvećoj meri zavise od ***vlasništva*** objekata. Generatori u nepešačkoj zoni su u 99% slučajeva u privatnom vlasništvu, u javnom je samo pet generatora. Dominatan način poručivanja robe je telefon pomoću kojeg se obavlja gotovo polovina naručivanja a prisutni su i lično poručivanje, e-mail i online sistem (slika 4). U literaturi su identifikovana tri osnovna sistema snabdevanja (Zečević i Tadić, 2006), a u istraženoj zoni dominira decentralizovani sistem, dok preostali generatori imaju centralizovan ili hibridni, koji predstavlja kombinaciju prethodna dva sistema (slika 5).



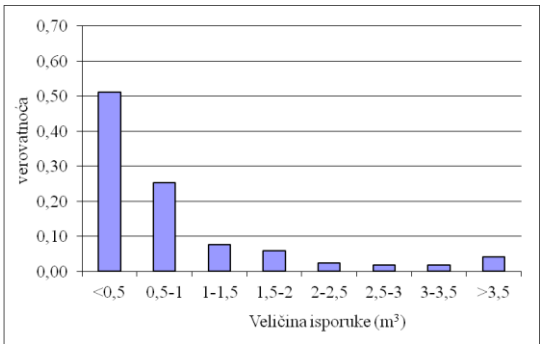
Slika 4. Sistem poručivanja robe



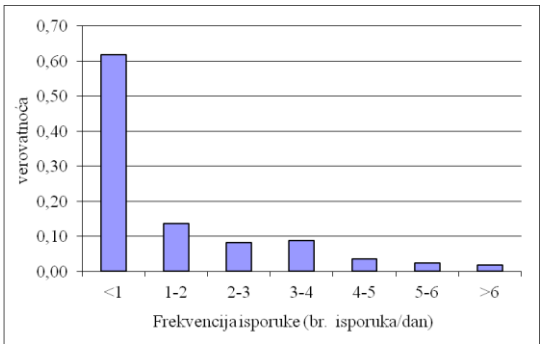
Slika 5. Sistem snabdevanja generatora

Veličina jedne isporuke se može definisati kao količina robe koja se transportuje u jednoj vožnji, od jednog pošiljaoca, sa jednog utovarnog do jednog istovarnog mesta i jednog primaoca (Zečević i Tadić, 2006). Prema različitim istraživanjima, veličina isporuke u svetu ne prelazi 1 m^3 u 60% isporuka. Ovaj trend je uočen i u nepešačkom delu CGZ-e Beograda. Čak 87 od 170 snimljenih isporuka manje je od 0,5 m^3 (slika 6). Ovaj atribut je u jakoj korelaciji sa frekvencijom isporuke, odnosno manja veličina isporuke često znači i veću

frekvenciju. ***Frekvencija isporuke*** predstavlja broj zahtevanih isporuka od strane jednog primaoca u toku merodavnog perioda (u ovom radu 1 dan) (slika 7) (Zečević i Tadić, 2006). U nepešačkom delu CGZ-e preko 60% generatora robu prima ne češće od jednom dnevno (nekada par puta nedeljno). Ostali generatori robu primaju i po nekoliko puta u toku dana, neki čak i više od 10 puta.

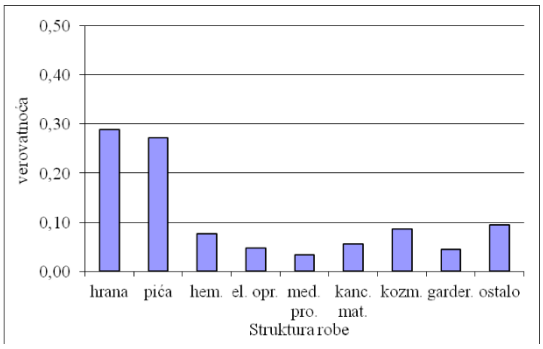


Slika 6. Raspodela verovatnoća veličine isporuke

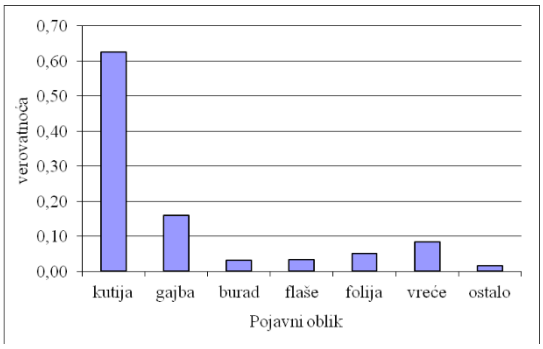


Slika 7. Raspodela verovatnoća frekvencije isporuke

Osim velike frekvenicije i malih količina, isporuke karakteriše i velika raznovrsnost robe. ***Struktura robe u isporukama*** za istraživanu zonu je prikazana na slici 8. Može se videti da dominiraju prehrambeni proizvodi i napici (29%, odnosno 25%). U grupu ostalih proizvoda spadaju toneri, cigarete, cigarilosi, nakit itd. Veliku raznovrsnost u strukturi robe prati i veliki broj ***pojavnih oblika*** (slika 9). Ipak, dominira kartonska kutija u 60% isporuka. Kartonske kutije su lako prilagodljive, izrađuju se u različitim dimenzijama, jeftine su, pružaju dobar nivo zaštite i dobro se slažu u tovarni prostor transportnih sredstava.

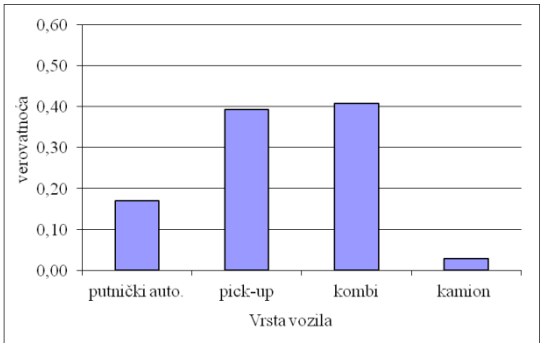


Slika 8. Struktura robe u dopremi

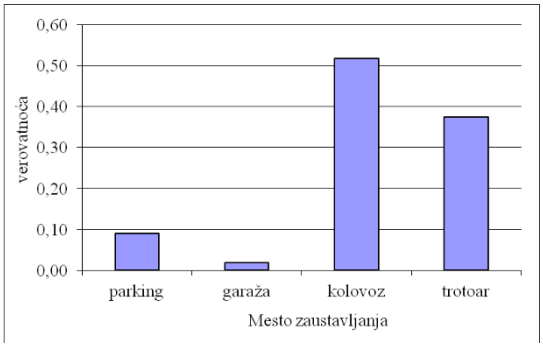


Slika 9. Pojavni oblici

Vozila koja realizuju isporuke se kreću od 0,5 do 5t nosivosti, a najčešće se koriste kombi vozila nosivosti između 1.5 i 3,5 t (slika 10). Ovo dostavno transportno sredstvo realizuje preko 40% isporuka u istraživanoj zoni. ***Mesta na kojima se zaustavljaju*** radi isporuke i sakupljanja robe su najčešće kolovozi i trotoari u neposrednoj blizini generatora (90%) (slika 11). U oba slučaja remete funkcionisanje svakodnevnih aktivnosti u gradu i ugrožavaju kako pešački tako i putnički i javni gradski saobraćaj.



Slika 10. Struktura vozila u isporuci



Slika 11. Struktura mesta zaustavljanja

4. ZAKLJUČAK

Porast broja stanovnika u CGZ i razvoj e-trgovine i isporuka na kućnu adresu, uz sve strožije zahteve za brzim isporukama dovode do konstantnog smanjenja veličine i povećanja frekvencije isporuke, što predstavlja glavne uzročnike problema u istraživanoj zoni. Isporuke manje od 0,5 m^3 dominiraju u nepešačkom delu CGZ i ne postoje naznake da će se ovaj trend u nekom momentu zaustaviti. U skladu sa tim raste i broj isporuka u toku dana i realno je očekivati da će veoma brzo većina generatora u ovoj zoni imati više od jedne isporuke dnevno. Ovi trendovi generišu velike promene u logističkim tokovima. Smanjuje se stepen iskorišćenja vozila i povećava broj dostavnih vozila, što dovodi do povećanja zagušenja saobraćaja, otežano pronalaženje adekvatnog mesta za pretovar robe, i u krajnjoj liniji do ometanja kretanja putničkih vozila, sredstva javnog gradskog prevoza i pešaka, povećanja saobraćajnih nezgoda, pojačane emisije štetnih gasova, buke i vibracija itd. Rešenja za identifikovane probleme treba definisati u skladu sa karakteristikama i zahtevima svih interesnih grupa, ali i uskladiti sa ukupnim konceptom logistike grada i urbanim planovima (Tadić i dr., 2018; Tadić i Zečević, 2016b). Problemi se mogu rešiti primenom jedne ili više koncepcija city logistike, kao što su (Zečević i Tadić, 2006): kooperativni logistički sistemi, logistički centri, koncept koncentracije informacionih tokova, koncept kontrole stepena iskorišćenja tovarnog prostora vozila, podzemni sistem transporta robe, koncept orjentacije na ekološka vozila, koncept logističkog udruživanja i regulativni koncept gradskih uprava. Predložena rešenja predstavljaju opšte alate, koji bi mogli da se primene u bilo kom srednje-velikom gradu. Međutim, u zavisnosti od grada, nisu sva rešenja podjednako dobra, niti se mogu direktno primeniti kao takva. Neka od predloženih rešenja su dobra za određenu interesnu grupu, ali negativno utiču na druge učesnike. Zbog toga je za planere poseban izazov u pronalaženju kombinovanog rešenja koje u isto vreme poboljšava realizaciju logističkih tokova, procesa i aktivnosti u gradu i uspostavlja ravnotežu između očekivanja interesnih grupa. Upravo bi se u tom pravcu mogla kretati i buduća istraživanja, uz dodatno širenje prostora koji je bio predmet analize.

5. LITERATURA

Capgemini. (2013). Evolving E-commerce market dynamics. Dostupno online: www.capgemini.com, poslednji put pristupljeno: 07.10.2019.

Dobbs, R., Smit, S., Remes, J., Manyika, J., & Roxburgh, C. (2011). Restrepo A Urban World: Mapping the Economic Power of Cities, McKinsey Global Institute, New York, USA.

EC - European Commission. (2004). A cleaner, greener Europe. LIFE and the European Union waste policy. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.

Savelsbergh, M. & Van Woensel, T. (2016). City Logistics: Challenges and Opportunities. Transportation Science,50(2), 579-590.

Tadić, S. (2019). Inicijative city logistike za centralne urbane zone. Tehnika, 74(4), 585-594.

Tadić, S. (2018). City logistics - sustainable urban development strategy. In Proceedings of the international symposium „Traffic strategic development in South East Europe", Budva, Montengero, pp. 187-193.

Tadić, S. (2014). Modeliranje performansi integrisanih city logističkih sistema - doktorska disertacija. Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu Beograd, Srbija.

Tadić, S. & Zečević, S. (2016a). Globalni trendovi i njihov uticaj na menadžemnt city logistike. Tehnika, 71(3), 459-464.

Tadić, S. & Zečević, S. (2016b). Modeliranje koncepcija city logistike. Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Srbija.

Tadić, S. & Zečević, S., (2015). City logistics performance. In Proceedings of the 2nd Logistics International Conference - LOGIC, Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, 235-240.

Tadić, S., Zečević, S. & Kostadinović, A. (2018). City logistics problem and solutions of the central zone. In Proceedings of the 18th international conference on transport science, ICTS 2018, Portoroz, Slovenia, 374-380.

Tadić, S., Zečević, S. & Krstić, M. (2015). City logistics - status and trends. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 5(3), 319 - 343.

Tadić, S., Zečević, S. & Krstić, M. (2014). A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection. Expert Systems with Applications,41(18), 8112-8128.;

Taniguchi, E., Yamada, T. & Thompson, R. (2016). New opportunities and challenges for city logistics. Transportation Research Procedia, 12, 5-13.

Taniguchi, E. & Kakimoto, Y. (2004), Modelling Effects of E-commerce on Urban Freight Transport, In Taniguchi, E., Thompson, R. (Eds.) Logistics Systems for Sustainable Cities, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, Great Britain. 135-146.

TURBLOG - Transferability of urban logistics concepts and practices from a world wide perspective. (2011). Deliverable 3.1 - Urban Logistics practices - Paris Case study. NEA Transport research and training, Pariz, Francuska.

UN - United Nations. (2012). World Population Prospects: The 2011 Revision. United Nations, Department of Economic and Social Affairs Population Division, New York, USA.

Zečević, S. & Tadić, S. (2006) City logistika. Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Srbija.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

DETERMINATION OF KEY FACTORS AFFECTING TRANSIENT SEAPORT SELECTION FOR LANDLOCKED COUNTRIES IN AFRICAN CONTINENT

Ibrahim Badi[a], Dragan Pamučar[b]

[a] *Misurata University, Mechanical Engineering Depatement, Misurata 2429, Libya, ibrahim.badi@hotmail.com*

[b] *University of Defence in Belgrade, Department of Logistics, Pavla Jurisica Sturma 33, Belgrade 11000, Serbia, dpamucar@gmail.com*

Abstract: *Many countries around the world suffer from the lack of a sea port directly linked to the rest of the world. Such countries are called "landlocked countries". This leads to Weak competitiveness of their products in the global market, as well as to the high cost of the imports. Africa has the largest share of these countries, with 16 of the 43 landlocked countries around the world. The aim of this paper is to propose a general framework for criteria that can be used to choose between ports in transit countries that can be used for import or export. These criteria are related to the assessment of the sea ports in terms of infrastructure and tariffs. It is also related to transport infrastructure from the transit country to the landlocked country and the level of safety. The study identified nine criteria that could be used to compare between ports in transit countries. Using Full Consistency Method (FUCOM) to evaluate those criteria showed that the number of navigation lines is the most important criteria followed by the port service level.*

Key words: *Land locked Countries, Africa, Supply chain management, Sea ports*

1. INTRODUCTION

Maritime shipping accounts for around 80% of global trade by volume (Dellink et al., 2017). That means being a landlocked country will add more burden on trading beyond national boundaries. The economic power of the country is affected by its geographical location. It can be said that each country has its own geographical characteristics. The landlocked countries are those countries which landlocked from all directions and have no maritime performing. Thus, landlocked countries rely on neighboring countries for their trade, by exploiting the shores of these countries in the conduct of their trade. The landlocked countries seek access to facilities from coastal countries ports and to means of transport to these ports. Problems become more difficult when the number of neighboring countries of the landlocked countries increases, or when they are surrounded by other landlocked countries. This entails high transport costs and difficulty in importing and exporting, and these countries will be held to ransom by coastal countries.

There are currently 43 landlocked countries in the world. 16 of them are in the African continent: Botswana, Burundi, Central Africa, Chad, Lesotho, Malawi, Mali, Niger, Zimbabwe, Rwanda, Swaziland, Uganda, Burkina Faso, Zambia, Ethiopia and South Sudan. See figure 1, which illustrates these countries. The geographical conditions of Africa, which is characterized by low-lying coasts, have hindered establishing natural ports, In addition to its coastline which contains high mountains without passages, coastal areas of sand dunes, wetlands and forests. There are many factors affecting the logistics operations of African landlocked countries among of them transportation capability, external risks, information integration, logistics infrastructure, local agents' logistics capability, and national law and policy (Yang and Chang, 2019).

Figure 1: Landlocked countries in African continent.

One of the problems facing landlocked countries is the distance between the capital and the nearest seaport. According to Kashiha et al. transportation costs influence the decisions by shippers of which port of export to use (Kashiha et al., 2016). Figure 2 illustrates the distances between the capitals of the landlocked countries and the nearest seaport in Africa continent. There is no doubt that the distance will directly impact on the costs, but the nature of relations with neighboring countries also have a direct impact on the adoption of transport decisions as we will see later.

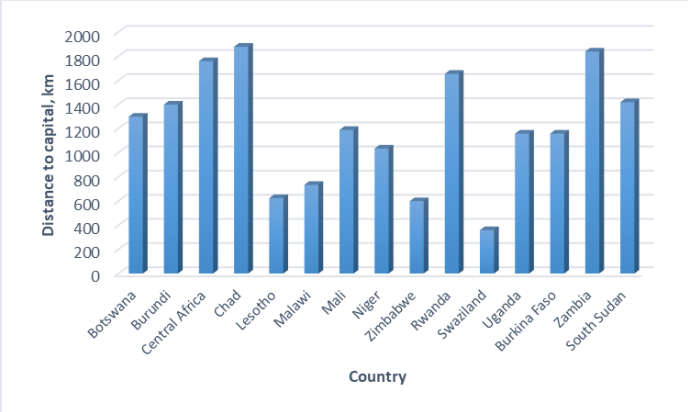


Figure 2: Distance between landlocked countries capitals and the nearest seaport.

It is noted that most of the exports of landlocked countries in Africa are raw materials, where agricultural exports account for 60% of total exports. The reason for this is that these countries are very poor and have an increasing illiteracy rate, which in turn makes industrial production and thus industrial exports very weak. It can be said that the exports of landlocked countries are less competitive, and their imports have high costs. Poor infrastructure in Africa, whether at the port level or at transport networks between countries level may exacerbate the crisis of the landlocked countries.

Faye et al. (Faye et al., 2004) discussed four types of dependence on transit neighbours: dependence on neighbours' infrastructure; dependence on sound cross-border political relations; dependence on neighbours' peace and stability; and dependence on neighbours' administrative practices. The aim of this paper is to propose a general framework for criteria that can be used to choose between ports in transit countries that can be used for import or export. Another purpose is to evaluate those criteria using FUCOM algorithm to evaluate those criteria.

2. METHODS

The Multi-Criteria Decision Making (MCDM) problems have received considerable attention from various researchers over the past decades (Badi et al., 2018); (Radović et al., 2018). One of the newer models that is, as well as Analytical Hierarchy Process (AHP) and Best Worst Method (BWM), based on the principles of pairwise comparison and validation of results through deviation from maximum consistency is the Full consistency method (FUCOM) (Pamučar et al., 2018). FUCOM is a model that to some extent eliminates the stated deficiencies of the BWM and AHP models. Benefits that are determinative for the application of FUCOM are a small number of pairwise comparisons of criteria (only *n-1* comparison), the ability to validate the results by defining the deviation from maximum consistency (DMC) of comparison and appreciating transitivity in pairwise comparisons of criteria. As with other subjective models for determining the weights of criteria (AHP, BWM, etc.), the FUCOM model also has a subjective influence of a decision-maker on the final values of the weights of criteria. This particularly refers to the first and second steps of FUCOM in which decision-makers rank the criteria according to their personal preferences and perform pairwise comparisons of ranked criteria. However, unlike other subjective models, FUCOM has shown minor deviations in the obtained values of the weights of criteria from optimal values (Đorđević et al., 2019). Additionally, the methodological procedure of FUCOM eliminates the problem of redundancy of pairwise comparisons of criteria, which exists in some subjective models for determining the weights of criteria. FUCOM has been used in many applications such as forklift selection (Fazlollahtabar et al., 2019), ranking the airlines (Badi and Abdulshahed, 2019), service quality measurments (Prentkovskis et al., 2018), occupational safety and health climate (Stefanović et al., 2019), service quality of rail transprort (Đorđević et al., 2019), and supplier selection (Durmić, 2019); (Matić et al., 2019).
Assume that there are *n* evaluation criteria in a multi-criteria model that are designated as *wj*, *j* = 1,2, ..., *n*, and that their weight coefficients need to be determined. Subjective models for determining weights based on pairwise comparison of criteria require a decision-maker to determine the degree of impact of the criterion *i* on the criterion *j*. In accordance with the defined settings, the next section presents the FUCOM algorithm (Pamučar et al., 2018).

Algorithm: FUCOM
Input: Expert pairwise comparison of criteria
Output: Optimal values of the weight coefficients of criteria/sub-criteria

Step 1: Expert ranking of criteria/sub-criteria.
Step 2: Determining the vectors of the comparative significance of evaluation criteria.
Step 3: Defining the restrictions of a non-linear optimization model.
Restriction 1: The ratio of the weight coefficients of criteria is equal to the comparative significance among the observed criteria, i.e. $w_k / w_{k+1} = \varphi_{k/(k+1)}$.
Restriction 2: The values of weight coefficients should satisfy the condition of mathematical transitivity, i.e. $\varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} = \varphi_{k/(k+2)}$.
Step 4: Defining a model for determining the final values of the weight coefficients of evaluation criteria:

$$\min \chi$$

s.t.

$$\left| \frac{w_{j(k)}}{w_{j(k+1)}} - \varphi_{k/(k+1)} \right| \le \chi, \ \forall j$$

$$\left| \frac{w_{j(k)}}{w_{j(k+2)}} - \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} \right| \le \chi, \ \forall j$$

$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1, \ \forall j$$

$$w_j \ge 0, \ \forall j$$

Step 5: Calculating the final values of evaluation criteria/sub-criteria $\left(w_1, w_2, ..., w_n\right)^T$.

3. CASE STUDY

Determining a set of criteria to choose between ports is essential. Perhaps this is the main objective of this paper. We have developed a proposal for a suitable set of criteria to the situation of the African continent based on the previous studies in this field, as well as the views of a group of experts in the field of maritime transport and supply management. We concluded by defining eight criteria:

- C1: Number of navigation Lines
- C2: Port's service-Level
- C3: Port fees
- C4: Distance between the seaport and the capital of the landlocked country
- C5: Transport Infrastructure Availability
- C6: Safety-Level and relations with neighboring countries
- C7: Number of countries through which the shipment will pass
- C8: Nature of the terrain

Where Ci is the criteria number i.

It can be observed that the first three criteria are criteria relating to transit country's ports. These criteria are focusing on the service-Level provided at these ports and the value of customs duties, in addition to the existence of regular shipping lines on these ports. The rest of the criteria are related to the transport from and to the landlocked country, such as the distance from the port to the capital of landlocked country, as well as the infrastructure availability such as, roads, railways and ground transportation fleet.

Step 1. In the first step, the decision-makers performed the ranking of the criteria: C1> C2> C4> C7 >C3>C5>C6>C8.

Step 2. In the second step, the decision-maker performed the pairwise comparison of the ranked criteria from Step 1. The comparison was made with respect to the first-ranked C2 criterion. The comparison was based on the scale $[1,9]$. Thus, the priorities of the criteria ($\varpi_{C_{j(k)}}$) for all of the criteria ranked in Step 1 were obtained (Table 3).

Table 3. Priorities of criteria

Criteria	C_1	C_2	C_4	C_7	C_3	C_5	C_6	C_8
$\varpi_{C_{j(k)}}$	1.0	2.6	3.5	4.0	5.0	6.0	6.5	7.0

Based on the obtained priorities of the criteria, the comparative priorities of the criteria are calculated:
$\varphi_{C_1/C_2} = 2.6/1.0 = 2.6$, $\varphi_{C_2/C_4} = 3.5/2.6 = 1.35$, $\varphi_{C_4/C_7} = 4.0/3.5 = 1.14$
$\varphi_{C_7/C_3} = 5.0/4.0 = 1.25$, $\varphi_{C_3/C_5} = 6.0/5.0 = 1.2$, $\varphi_{C_5/C_6} = 6.5/6.0 = 1.08$
$\varphi_{C_6/C_8} = 7.0/6.5 = 1.08$

Step 3. The final values of weight coefficients should meet the following two conditions:
a) The final values of the weight coefficients should meet the condition (3), i.e. that:

$$\frac{w_1}{w_2} = 2.6, \frac{w_2}{w_4} = 1.35, \frac{w_4}{w_7} = 1.14, \frac{w_7}{w_3} = 1.25, \frac{w_3}{w_5} = 1.2, \frac{w_5}{w_6} = 1.08, \frac{w_6}{w_8} = 1.08$$

b) In addition to the condition (3), the final values of the weight coefficients should meet the condition of mathematical transitivity, i.e. that

$$\frac{w_1}{w_4} = 3.5, \frac{w_2}{w_7} = 1.54, \frac{w_4}{w_3} = 1.43, \frac{w_7}{w_5} = 1.5, \frac{w_3}{w_6} = 1.3, \frac{w_5}{w_8} = 1.17$$

By applying the expression (5), the final model for determining the weight coefficients can be defined as:

$$\min \chi$$

$$s.t \begin{cases} \left|\frac{\omega_1}{\omega_2} - 2{,}6\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_2}{\omega_4} - 1{,}35\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_4}{\omega_7} - 1{,}14\right| \le \chi \\ , \left|\frac{\omega_7}{\omega_3} - 1{,}25\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_3}{\omega_5} - 1.2\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_5}{\omega_6} - 1{,}08\right| \le \chi \\ \left|\frac{\omega_6}{\omega_8} - 1{,}08\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_1}{\omega_4} - 3{,}5\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_2}{\omega_7} - 1{,}54\right| \le \chi \\ \left|\frac{\omega_4}{\omega_3} - 1{,}43\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_7}{\omega_5} - 1{,}5\right| \le \chi, \left|\frac{\omega_3}{\omega_6} - 1{,}3\right| \le \chi \\ \left|\frac{\omega_5}{\omega_8} - 1{,}17\right| \le \chi; \\ \sum_{j=1}^{5} \omega_j = 1 \,, \omega_j \ge 0, \forall j \end{cases}$$

By solving this model, the final values of the weight coefficients and DFC of the results $\chi = 0.00$ are obtained. The value of the criteria according to the marks given at the beginning is shown in figure 3. The model is solved using the MS excel solver.

From obtained results it can be concluded that the most important criterion is C1, followed by the criterion C2.

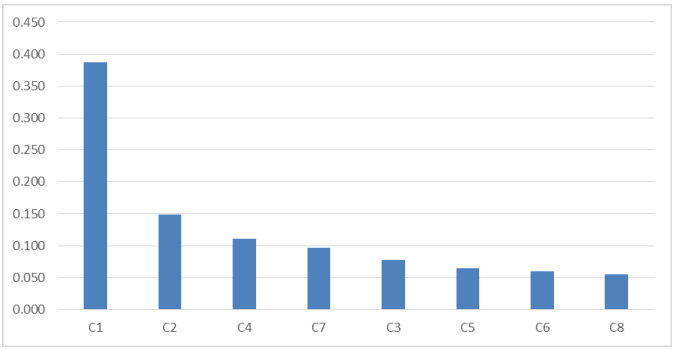


Figure 3: The value of decision criteria

4. CONCLUSION

Many African countries suffer from being landlocked countries with no direct sea ports. This leads to many problems such as the high cost of imports, and the inability of these countries' exports to compete in world markets. In order to alleviate these problems, there is an urgent need to develop strategies for the integrating the regional infrastructure in order to develop international trade and expand the access to these landlocked countries. The matter also requires concluding bilateral or regional agreements between landlocked and transit countries. The development of African ports is also a key to the growth of international trade of the African Countries. This paper presents the most important criteria that influencing transient seaport selection for landlocked countries in the African continent. FUCOM model was used to calculate the criteria weights. The significance of eight criteria were evaluated by a group of experts. Future research regarding this paper is to evaluate some selected seaports as a potential transient seaport for one or more landlocked countries.

5. REFERENCES

BADI, I. & ABDULSHAHED, A. 2019. Ranking the Libyan airlines by using full consistency method (FUCOM) and analytical hierarchy process (AHP). Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, 2, 1-14.

BADI, I., BALLEM, M. & SHETWAN, A. 2018. SITE SELECTION OF DESALINATION PLANT IN LIBYA BY USING COMBINATIVE DISTANCE-BASED ASSESSMENT (CODAS) METHOD. International Journal for Quality Research, 12.

DELLINK, R., HWANG, H., LANZI, E. & CHATEAU, J. 2017. International trade consequences of climate change.

ĐORĐEVIĆ, D., STOJIĆ, G., STEVIĆ, Ž., PAMUČAR, D., VULEVIĆ, A. & MIŠIĆ, V. 2019. A New Model for Defining the Criteria of Service Quality in Rail Transport: The Full Consistency Method Based on a Rough Power Heronian Aggregator. Symmetry, 11, 992.

DURMIĆ, E. 2019. Evaluation of criteria for sustainable supplier selection using FUCOM method. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, 2, 91-107.

FAYE, M. L., MCARTHUR, J. W., SACHS, J. D. & SNOW, T. 2004. The challenges facing landlocked developing countries. Journal of Human Development, 5, 31-68.

FAZLOLLAHTABAR, H., SMAILBAŠIĆ, A. & STEVIĆ, Ž. 2019. FUCOM method in group decision-making: Selection of forklift in a warehouse. Decision Making: Applications in Management and Engineering, 2, 49-65.

KASHIHA, M., THILL, J.-C. & DEPKEN II, C. A. 2016. Shipping route choice across geographies: Coastal vs. landlocked countries. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 91, 1-14.

MATIĆ, B., JOVANOVIĆ, S., DAS, D. K., ZAVADSKAS, E. K., STEVIĆ, Ž., SREMAC, S. & MARINKOVIĆ, M. 2019. A new hybrid MCDM model: Sustainable supplier selection in a construction company. Symmetry, 11, 353.

PAMUČAR, D., STEVIĆ, Ž. & SREMAC, S. 2018. A new model for determining weight coefficients of criteria in mcdm models: Full consistency method (fucom). Symmetry, 10, 393.

PRENTKOVSKIS, O., ERCEG, Ž., STEVIĆ, Ž., TANACKOV, I., VASILJEVIĆ, M. & GAVRANOVIĆ, M. 2018. A new methodology for improving service quality measurement: Delphi-FUCOM-SERVQUAL model. Symmetry, 10, 757.

RADOVIĆ, D., STEVIĆ, Ž., PAMUČAR, D., ZAVADSKAS, E., BADI, I., ANTUCHEVIČIENE, J. & TURSKIS, Z. 2018. Measuring performance in transportation companies in developing countries: a novel rough ARAS model. Symmetry, 10, 434.

STEFANOVIĆ, V., UROŠEVIĆ, S., STEVIĆ, Ž. & MLADENOVIĆ-RANISAVLJEVIĆ, I. 2019. Multi-criteria ranking of the influential factors of safety as criteria for the development of occupational safety and health climate. International journal of occupational safety and ergonomics, 1-21.

YANG, C.-C. & CHANG, Y.-K. 2019. Crucial factors influencing international logistics operations for African landlocked countries–A case study of Burkina Faso. Maritime Policy & Management, 1-18.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

SWOT ANALYSIS OF THE BUSINESS OPERATIONS OF THE COMPANY EURO LIMUN D.O.O. DOBOJ

SWOT ANALIZA POSLOVANJA PREDUZEĆA EURO LIMUN D.O.O. DOBOJ

Biljana Mićić[a], Slađan Davidović[b]

[a] *'TRADE TRANS TERMINAL Doboj', Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, biljana_mcc@yahoo.com*

[b] *'EURO LIMUN Doboj', Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, eurolimun@gmail.com*

Abstract: *The work is based on the collection of data on the business of the company "EURO LIMUN" d.o.o. in the period from 2006 to 2015.*

For each business year of this company, a SWOT analysis of business performance was performed. The analysis itself shows that the company's potentials, infrastructure and staffing have changed, but also the most important segment of this analysis, which ultimately is presented is a profit for the company in each business year; The impact of capital investments as well as changes in the personnel structure subsequently produce profits every fiscal year. The aim is to show the organizational and structural changes from year to year, which led to the strengthening of the strategic position of the enterprise in the market of transport services.

Key words: *transport company, SWOT analysis, capital investments, personnel structure*

Apstrakt: *Rad se temelji na prikupljanju podataka o poslovanju preduzeća „EURO LIMUN“ d.o.o. u periodu od 2006. do2015. godine.*

Za svaku poslovnu godinu izvršena je SWOT analiza poslovnog nastupa. Sama analiza pokazuje kako su se mijenjali potencijali preduzeća, infrastrukturna i kadrovska ulaganja, ali i najvažniji segment ove analize koji se u konačnici prezentuje kao dobit preduzeća u svakoj poslovnoj godini. Razmatran je uticaj kapitalnih ulaganja ali i promjene kadrovskih struktura na realizovanu dobit za svaku poslovnu godinu. Cilj rada je da se prikažu organizacione i strukturne promjene iz godine u godinu koje su dovele do jačanja strateške pozicije preduzeća na tržištu transportnih usluga.

Ključne riječi: *transportno preduzeće, SWOT analiza, kapitalna ulaganja, kadrovske strukture*

1. UVOD

Transportno tržište predstavlja neiscrpno područje djelovanja ali kao takvo je i veoma konkurentno. Opstanak jedne transportne komapnije i njen rast i razvoj su težak zadatak za čije obavljanje je potreban angažman stručnog osoblja u svim područjima djelovanja. Ponuda na transportnom tržištu odlikuje se značajnim specifičnostima u odnosi na ponudu drugih proizvodnih djelatnosti.

Ponuda na transportnom tržištu odlikuje se i visokim učešćem fiksnih u ukupnim troškovima poslovanja transportera. Stepen iskorištenosti raspoloživih kapaciteta je ujedno i opredjeljujući faktor racionalnosti proizvodnje transportnih usluga, odnosno opredjeljujući faktor visine transportnih troškova po jedinici prevozne usluge.

Rad je zasnovan na prikupljanju podataka o poslovanju preduzeća „EURO LIMUN“ d.o.o. Doboj u periodu od 2006. do 2015. godine. Prikupljeni podaci su segmentirani po godinama poslovanja za početni period poslovnog nastupa, dok je za poslednje tri godine poslovanja izvršena i kvartalna analiza poslovanja.

Za svaku poslovnu godinu izvršena je SWOT analiza poslovnog nastupa koja ukazuje na sve snage, slabosti, prednosti kao i prijetnje određenog poslovnog nastupa. Sama analiza pokazuje kako su se mijenjali potencijali preduzeća, infrastrukturna i kadrovska ulaganja, ali i najvažniji segment ove analize koji se u konačnici prezentuje kao dobit preduzeća u svakoj poslovnoj godini.

Sumiranjem svih rezultata analize dolazi se do zaključka o ekonomskoj opravdanosti poslovanja preduzeća.Takođe se diferenciraju slabe strane poslovanja u završnoj godini analize te se na osnovu istih upućuje na budući poslovni nastup preduzeća kako bi isto zadržalo teško ostvarenu konkurentsku prednost na tržištu transportnih usluga.

Cilj rada je predstaviti analizu poslovanja jedne transportne kompanije u periodu od deset godina te na osnovu iste uvidjeti ekonomsku opravdanost poslovnog nastupa.

2. SWOT ANALIZA

SWOT analiza predstavlja ideju Alberta Humphrey, Marion Dosher, Otis Benepe i Birger Lie. Pojam, odnosno naziv SWOT analiza, predstavlja skraćenicu od četiri engleske riječi, koje u prevodu znače: Strengths – snage, Weaknesses – slabosti, Opportunities – mogućnosti (šanse, prilike) i Threats – prijetnje (opasnosti) (Gurel, 2017).

SWOT analiza je analitički okvir menadžmenta kako bi se dobile relevantne informacije organizacije o samoj sebi i o okolini u kojoj djeluje sada i u budućnosti sa svrhom utvrđivanja strateških prilika i prijetnji u okolini i sopstvenih strateških snaga i slabosti. Ona omogućava menadžmentu da razvije strategiju na temelju relevantnih informacija o organizaciji i okolini. SWOT analiza se zasniva na pretpostavci da će organizacija postići najveći strateški uspjeh maksimiziranjem sopstvenih snaga i prilika u okolini uz istovremeno minimiziranje prijetnji i slabosti, odnosno najboljom upotrebom unutrašnjih snaga u korišćenju mogućnosti iz okoline. Bitna pretpostavka je analiza saglasnosti unutrašnjih i spoljašnjih faktora, odnosno utvrđivanje njihovih implikacija na strategiju. Zapravo, unutrašnje snage i slabosti treba posmatrati u kontekstu spoljašnjih mogućnosti i prijetnji i obrnuto.

SWOT analiza se sastoji od interne i eksterne analize. Interna analiza je sadržajna evaluacija potencijalnih snaga i slabosti internog okruženja (Learned, 1965) . Faktori koji treba da se ocjenjuju u svim oblastima organizacije su: kultura, imidž, struktura, ključno osoblje, dostupnost prirodnih resursa, položaj na krivoj iskustva (rasta), operaciona efikasnost, operacioni kapacitet, svijest o sopstvenom brendu, udio na tržištu, finansijski resursi, ekskluzivni ugovori, patenti i intelektualna svojina.

Eksterna analiza se odnosi na spoljne okruženje. Promjene u spoljašnjem okruženju mogu biti u vezi sa: korisnicima, konkurentima, trendovima na tržištu, snabdjevačima, partnerima, socijalnim promjenama, novim tehnologijama, ekonomskim okruženjem, političkim ili regulatornim okruženjem (Learned, 1965).

SWOT analiza u području poslovanja malih i srednjih preduzeća je dala mnoge rezultate a jedan od njih je i činjenica da su mala i srednja preduzeća podložna preuzimanju od strane internacionalih konkurenata te da je neminovna svijest o značaju konstantnog unapređenja poslovanja kroz stalno samoprocjenjivanje usljed promjena uslova na tržištu (Kalpande, 2010). SWOT analzu i TOWS matricu koristi i (Vanek, 2014) u svom radu te na osnovu istih definiše buduću strategiju poslovanja proučavanog poslovnog subjekta. SWOT analiza predstavlja osnovnu tačku za definisanje buduće strategije poslovanja preduzeća (Tavana, 2015).

3. SWOT ANALIZA POSLOVANJA PREDUZEĆA "EURO LIMUN" D.O.O.

Preduzeće „EURO LIMUN" d.o.o. je transportno preduzeće sa osnovnom djelatnošću pružanja transportne usluge u unutrašnjem i međunarodnom transportu. Osnovano je 19.01.2006. godine. Prilikom osnivanja preduzeće „EURO LIMUN" d.o.o. je imalo jedno vozilo i jednog zaposlenog radnika. Do kraja 2006. godine u vlasništvu preduzeća su se našli jedno vučno teretno motorno vozilo i jedna poluprikolica. Od 2007. godine preduzeće bilježi infrastrukturni i kapitalni rast ali se zadržava na domaćem tržištu sve do početka 2012. godine.

Analizirajući potrebe tržišta preduzeće je 2012. godine istupilo na međunarodno transportno tržište nudeći usluge transporta specijalnih tereta i transporta drumskim teretnim motornim vozilima sa zatvorenim tovarnim prostorom koji podliježu standardnim transportima, što je bio jedan od ključnih razloga budućeg rasta i razvoja preduzeća.

Istupom na međunarodno tržište preduzeće mijenja poslovnu politiku te se sve više orjentiše na međunarodni transport, dok je lokalni transport sveden na dosta manji obim u odnosu na ranije godine kada je domaće tržište bilo jedino na kojem je preduzeće istupalo.

Preduzeće je osnovano 2006. godine sa početnim ulogom od 2.000,00 KM kapitala i jednim vozilom vrijednosti 15. 000,00 KM sa jednim zaposlenim radnikom. Deset godina od osnivanja, preduzeće je znatno

napredovalo, proširilo ponudu usluga na tržištu i razvilo strategiju poslovanja koja donosi pozitivne rezulatate u cilju konstatnog razvoja i napretka sa tendencijom zadržavanja stalnih korisnika i osvajanja novih tržišta.

Analiza poslovanja preduzeća ”EURO LIMUN” d.o.o. je izvršena prikupljanjem podataka i uvidom u internu dokumentaciju preduzeća. Nakon prikupljanja podataka izvršeno je njihovo segmentiranje i razdvajanje na osnovu više kriterijuma. Naglasak analize je bio segmentirati prihode i rashode za svaku poslovnu godinu da bi se na osnovu njih moglo uvidjeti stvarno stanje dobiti preduzeća po godinama.

U tabeli broj 1. prikazani su prihodi, rashodi kao i dobit preduzeća u analiziranom periodu.

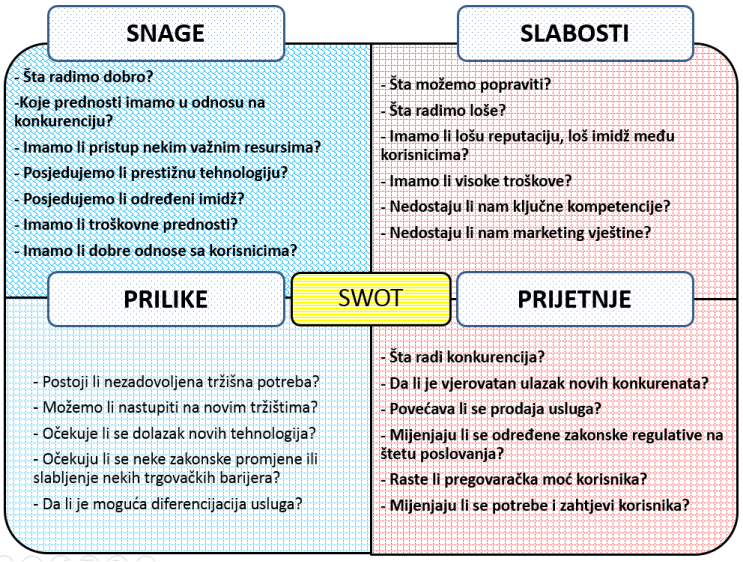
Analiza takođe uzima u obzir kapitalna ulaganja za svaku godinu. Najveća kapitalna ulaganja su vršena u sredstva za rad odnosno u transportna sredstva kojima se realizuje transportni rad. U određenim periodima da se primijetiti pad dobiti u odnosu na prethodni period rada. Za navedeno razloge je potrebno tražiti u opravdanosti kapitalnih ulaganja kao i adekvatnosti troškovnog segmenta poslovanja.

Table 1. Prihodi, rashodi i dobit preduzeća u periodu od deset godina

U 1000 KM										
Poslovna godina	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ukupni prihodi	67,8	383,5	898,9	635,2	932,8	1228,5	1215,7	1027,9	1443,6	2463,9
Ukupni rashodi	63,9	340,4	786,4	505,5	838,4	1050,4	1103,9	937,7	1295,7	1678,2
Dobit	3,8	43,1	112,5	129,7	94,4	178,1	111,8	90,2	147,9	785,7

Izvor: Euro Limun d.o.o.

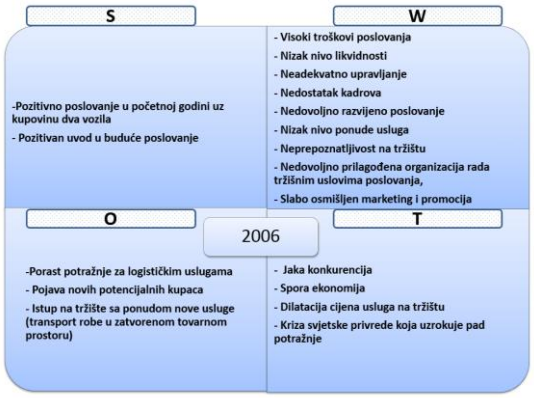
Nakon prikupljanja i segmentiranja podataka prelazi se na osnovne postavke SWOT analize i definisanje pitanja na koja je potrebno odgovoriti kako bi se mogla realizovati analiza za svaku prethodnu godinu poslovanja preduzeća. Na slici broj jedan prikazana je osnovna postavka matrice SWOT analize.



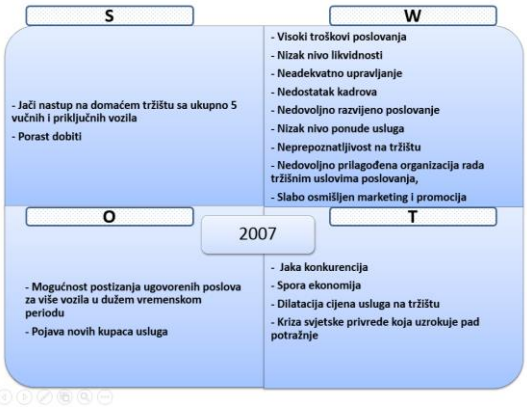
Slika 1: Postavke SWOT analize (Mićić, 2017)

Početne godine poslovanja preduzeće je zaista imalo minimalne snage, bez definisane strategije rada i razvoja, sa neadekvatnom planskom funkcijom, sa nedostatkom stručnih kadrova, nedovoljnim znanjem o uslovima na tržištu i uopšte o transportnom tržištu. SWOT analiza za 2006. godinu prikazana je na slici 2.

Preduzeće je neprepoznatljivo na tržištu, konkurencija je jaka te stoga početna godina poslovanja preduzeća „EURO LIMUN“ d.o.o. predstavlja „borbu za opstanak“ na tržištu sa težnjom ka razvoju poslovanja.



Slika 2: SWOT analiza 2006. (Mićić, 2017)

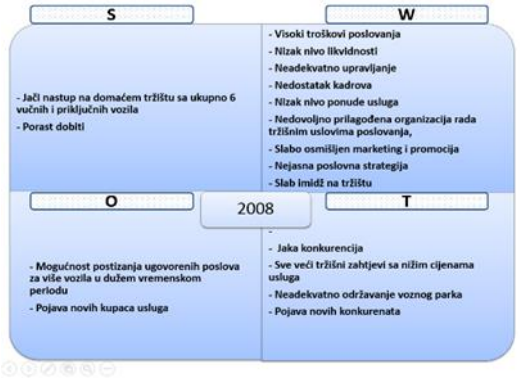


Slika 3: SWOT analiza 2007. (Mićić, 2017)

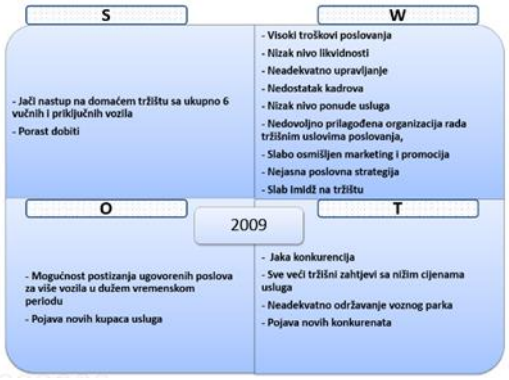
2007. godine, proširenjem voznog parka sa vozilima sa zatvorenim tovarnim prostorom, preduzeće jača eksterne prilike sa mogućnošću realizacije ugovorenih poslova za transport u dužem vremenskom periodu na osnovu čega može ostvariti iskorištenost kapaciteta i stalnu zaradu.

Ipak, preduzeće i dalje ostaje u području minimalnih snaga i maksimalnih prijetnji kao i u prethodnoj godini. Dakle, preduzeće bilježi interni rast i napredak u smjeru pozitivnog poslovnog nastupa, ali tržišno preduzeće je još uvijek neprepoznatljivo bez diferencijacije na transportnom tržištu. Navedeno je prikazano na slici 3.

Snage i prilike preduzeća 2008. godine ostaju nepromijenjene u odnosu na prethodnu godinu dok se kao prijetnja javlja neadekvatno održavanje voznog parka. Povećanjem broja vozila dolazi do neadekvatnog praćenja i kontrole rada i ispravnosti vozila što je posljedica nedovoljnog broja zaposlenih kao i neadekvatnog rukovodstva a što u krajnjoj liniji povlači i velike troškove poslovanja koji su među najvećim internim slabostima preduzeća. SWOT analiza za pomenutu poslovnu godinu je prikazana na slici 4.



Slika 4: SWOT analiza 2008. (Mićić, 2017)



Slika 5: SWOT analiza 2009. (Mićić, 2017)

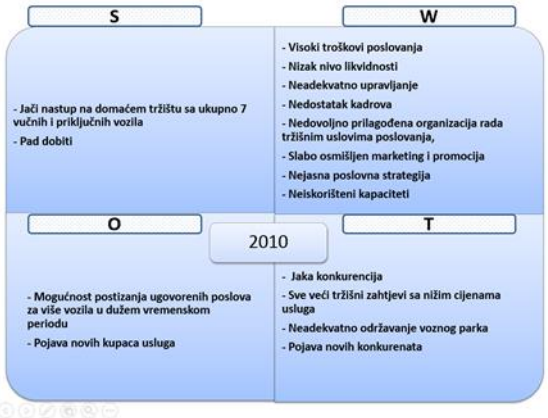
2008. godinu karakterišu i snažne dilatacije cijena na tržištu transportnog rada što predstavlja dodatnu prijetnju poslovanju preduzeća koje se još uvijek bori za dio transportnog tržišta.

Na slici 5. predstavljena je iduća poslovna godina za preduzeće „EURO LIMUN“ d.o.o. kao još jednu u nizu godina za blagim porastom dobiti i proširenjem poslovnih kapaciteta. 2009. godine preduzeće proširuje vozni park za još jedno vučno i priključno vozilo. Ipak, preduzeće i dalje ostaje u području MIN-MAX alternative sa pozitivnim internim nastupom ali još uvijek ne dovoljnim tržišnim nastupom. 2009. godine preduzeće „EURO LIMUN“ d.o.o. postaje svjesnije svojih slabosti i počinje tumačiti uzroke istih. Četvrte poslovne godine za pomenuto preduzeće diferenciraju se slabosti preduzeća koje je potrebno planski eliminisati ili smanjivati kako bi se povećale snage i prilike a u isti mah smanjile i prijetnje odnosno eksterne opasnosti koje u najvećem broju slučajeva dolaze direktno sa transportnog tržišta.

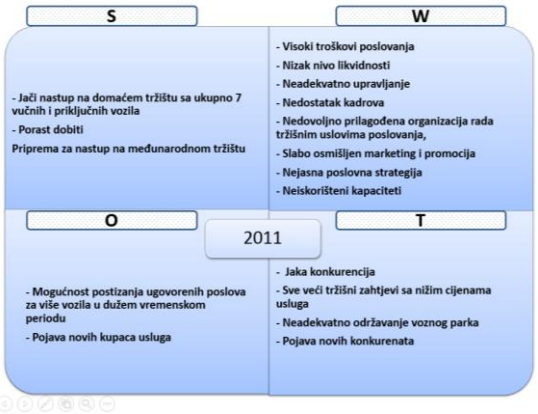
2010. godine preduzeće primjećuje evidentan nedostatak u slabom imidžu na tržištu i neadekvatnoj organizaciji rada. Uprkos tome što je bilo prilagođavanja kadrova uslovima poslovanja i razvoju preduzeća, i dalje ljudski i intelektualni potencijali nisu na dovoljno visokom nivou kako bi ispratili poslovanje preduzeća i doprinijeli smanjenju internih slabosti poslovanja.

Osnovni razlog pada dobiti u ovoj poslovnoj godini je neiskorištenost kapaciteta postojećeg voznog parka preduzeća uz kupovinu još jednog vozila koje nije moglo da ostvari planiranu dobit u tekućoj godini poslovanja. 2010.-u godinu je karakterisao nastup nelojalne konkurencije na domaćem transportnom tržištu. Pojava nekolicine transportnih preduzeća koja pokušavaju da istupe na tržište dovela je do pada cijena a samim tim i zarade i dobiti po jedinici transportnog rada, što je negativno uticalo na preduzeće „EURO LIMUN“ d.o.o. koje se konstantno bori sa visokim troškovima poslovanja. Na slici 6. je prikazana SWOT analiza poslovanja za 2010.godinu.

Posmatrano u cjelokupnom poslovnom periodu preduzeće i dalje ostaje u području MIN- MAX alternative, dok posmatrano u odnosu na prethodnu poslovnu godinu preduzeće prelazi u područje MIN-MIN koje karakteriše dominantan odnos slabosti i prijetnji u odnosu na snage i prilike.



Slika 6: SWOT analiza 2010. (Mićić, 2017)



Slika 7: SWOT analiza 2011. (Mićić, 2017)

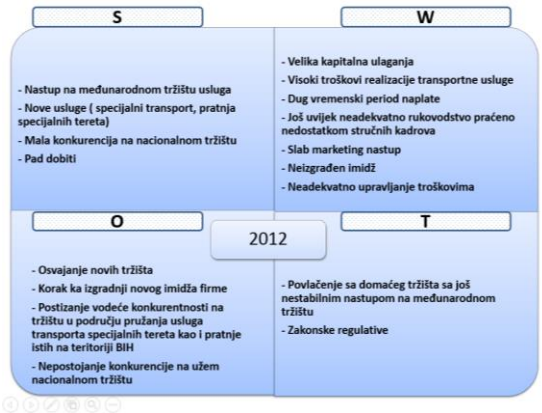
I u 2011. poslovnoj godini preduzeće ostaje u području MIN-MAX, ali se uspijeva vratiti sa blagog prelaza na MIN-MIN strategiju koji se odigrao prethodne poslovne godine.

Dakle, u ovom periodu preduzeće i dalje nastavlja interni rast sa evidentnim porastom dobiti iz godine u godinu, uz blagu dilataciju u 2010. godini. Preduzeće prikuplja materijalna i finansijska sredstva kao i znanje i iskustva za budući tržišni nastup. Navedeno je prikazano na slici 7.

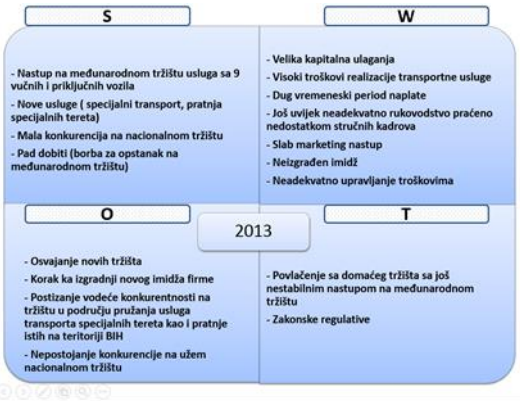
2012. godina predstavlja veliku prekretnicu u cjelokupnom poslovanju preduzeća. Naime, ove poslovne godine preduzeće koristi prethodno stečena iskustva, znanja o potrebama na transportnom tržištu, kao i finansijske i infrastrukturne resurse i počinje nastup na međunarodnom transportnom tržištu.

Preduzeće pravi agresivan nastup na međunarodnom tržištu sa ponudom usluga ne samo standardnog transporta robe u zatvorenom tovarnom prostoru nego i ponudom usluge specijalnog transporta. Pored pomenutog preduzeće nudi i uslugu pratnje specijalnih tereta na teritoriji Bosne i Hercegovine za druge transportne kompanije. Postavka SWOT analize za ovu poslovnu godinu prikazana je na slici 8.

Ovakvim poslovnim nastupom preduzeće uspijeva povećati prilike i smanjiti prijetnje, što dovodi do alternative MAX-MIN kada je potrebno iskoristiti postojeće snage preduzeća kako bi se prijetnje svele na minimun.



Slika 8: SWOT analiza 2012. (Mićić, 2017)

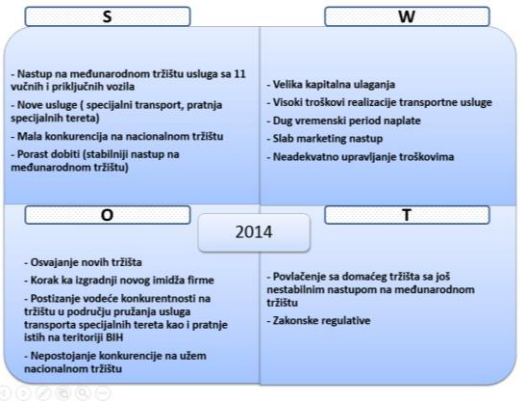


Slika 9: SWOT analiza 2013. (Mićić, 2017)

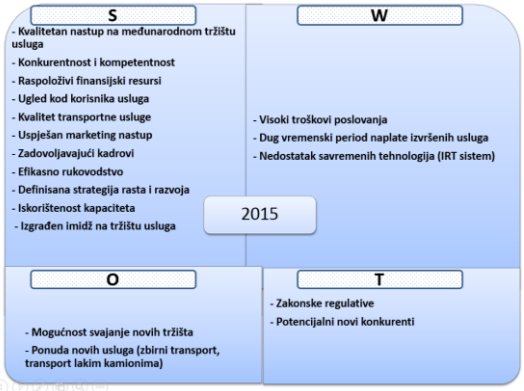
2013. godine preduzeće i dalje ima stratešku prednost uslovljenu slabom konkurencijom po pitanju novih usluga na nacionalnom tržištu, što je potrebno iskoristiti u cilju budućeg rasta i osvajanja međunarodnog tržišta. I ove poslovne godine preduzeće se bori sa visokim troškovima poslovanja kao i kapitalnim ulaganjima koja tek treba da daju rezulatate u budućem periodu. Postavka snaga, slabosti, prilika i prijetnji za ovu poslovnu godinu prikazana je na slici 9.

Kao prijetnja se izdvaja i zakonska regulativa koja je diferentna u evropskim zemljama te preduzeće još uvijek nije spremno na sve uslove rada međunarodnog tržišta što za posljedicu ima dodatne troškove. Preduzeće u ovom periodu sve jasnije postavlja strategiju poslovanja i sve napore ulaže kako bi zauzelo čvrstu poziciju na međunarodnom transportnom tržištu.

I 2014. poslovne godine preduzeće ostaje u području MAX-MIN alternative gdje se uspijevaju iskoristiti postojeće snage za smanjenje slabosti . Uz porast dobiti, preduzeće se pojavilo na međunarodnom transportnom tržištu sa ukupno 11 vučnih i priključnih vozila. Preduzeće ostvaruje evidentniji nastup na međunarodnim tržištu i sve više dolaze do izražaja snage i prilike preduzeća u odnosu na slabosti i nedostatke. Matrica SWOT analize za 2014. godinu je predstavljena na slici 10. Preduzeće sve više jača snage i prilike u odnosu na slabosti i prijetnje te se može uočiti da je i dalje u području alternative MAX-MIN sa tendencijom brzog prelaska na alternativu MAX-MAX.



Slika 10: SWOT analiza 2014. (Mićić, 2017)



Slika 11: SWOT analiza 2015. (Mićić, 2017)

2015. godina predstavlja godinu evidentnog poslovnog nastupa kao i godinu kada su na površinu izašli rezultati dugogodišnjeg rada i napora kao i borbe za osvajanje tržišta.

SWOT analiza poslovanja za 2015. godinu pokazuje evidentan prelazak iz područja MAX-MIN u područje alternativnog rješenja MAX-MAX gdje se projektuju maksimalne snage i maksimalne prilike preduzeća. Analiza poslovanja preduzeća „EURO LIMUN“ d.o.o. za 2015.godinu pokazuje zavidan poslovni nastup i napredak preduzeća dok je osnovna matrica SWOT analize za ovu poslovnu godinu prikazana na slici 11.

Ove poslovne godine preduzeće je uskladilo potrebne ljudske potencijale sa potrebama poslovanja. Potkovano, sada već višegodišnjim iskustvom na transportnom tržištu preduzeće ima maksimalnu iskorištenost transportnih kapaciteta te je konkurentno na tržištu, uspjelo je da izgradi određeni poslovni imidž kao i da ostvari snažne veze sa korisnicima usluga.

U 2015. godini preduzeće ima stabilne raspoložive finansijske resurse koji će služiti za dalje širenje poslovanja a koje će ujedno obezbijediti rast preduzeća bez pada dobiti kao što je bio slučaj u prethodnim godinama. Planska funkcija preduzeća sve više analizira uslove na tržištu kako bi u budućem periodu istupilo sa ponudom novih usluga koje svakako trebaju biti konkurentne. Ono što i dalje predstavlja slabost za preduzeće je dug vremenski period naplate izvršene transpotne usluge, što je uslovila sama jaka konkurencija, te se kao takav može mijenjati samo u izuzetnim slučajevima i prilikom realizacije unaprijed ugovorenih višeobimnih poslova.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Posmatrajući tržišni nastup preduzeća „EURO LIMUN“ d.o.o. u periodu od 2006. godine do kraja poslovne 2015. godine, može se pratiti period nastanka i razvoja jedne transportne firme na tržištu transportnih usluga, od preduzeća sa jednim vozilom koje je vršilo transportni rad na nacionalnom tržištu sa samo jednim zaposlenim radnikom, do preduzeća koje uzima primat na međunarodnom tržištu transportnog rada i ostvaruje zavidne rezultate poslovanja.

Kada se posmatra ostvarena dobit preduzeća u analiziranom periodu, da se uočiti, da pored blagog uspona svake godine kao i određenih dilatacija ostvarene dobiti, koje su posljedica većih kapitalnih ulaganja u vozni park i personal preduzeća u uslovima kada isto još uvijek nije ostvarilo čvrst položaj prvobitno na nacionalnom a potom na međunarodnom tržištu, može se uočiti da 2015. godine dolazi do nagle porasti dobiti. 2015. godina ujedno predstavlja i najbolju poslovnu godinu od nastanka preduzeća. SWOT analiza poslovanja ovog preduzeća je pokazala kako se preduzeće iz godine u godinu borilo za svoj položaj na tržištu transportnog rada, te da je postiglo zavidne rezultate kroz konstantna poboljšanja svojih internih snaga, prvenstveno onih vezanih za ulaganja u kadrove i vozni park.

Budući zadatak preduzeća je zadržavanje ostvarene konkurentske prednosti i svakako ostanak u području MAX-MAX alternative. Da bi se navedeno lakše ostvarilo, za preduzeće je pogodno da vrši kontinuirane analize svojih internih performansi a sve shodno eksternim promjenama iz okruženja. Na ovaj način će isto biti u prednosoti te će moći nastaviti praksu rasta i razvoja na tržištu.

Navedeno je moguće postići izuzetnom, detaljnom i konstantnom analizom tržišta i zahtjeva korisnika koji se neminovno oslikavaju na tržištu transportnih usluga što je potrebno raditi u budućem periodu. Takođe, u budućem periodu preduzeće „EURO LIMUN“ d.o.o. može da osnaži svoj poslovni nastup i postigne zavidnu konkurentnost na tržištu transportnih usluga plasmanom novih usluga, širenjem poslovanja uopšteno, održavanjem dobrih odnosa sa korisnicima.

Najvažnije je da preduzeće ne dođe u period stagnacije gdje postaje laka meta za preuzimanje od strane konkurencije.

5. LITERATURA

Gurel, E., Tat, M. (2017) Swot Analysis: A theoretical review, The Journal of International Social Research, 10(51), 994-1006..

Kalpande, S. D., Gupta R. C., Dandekar, M. D. (2010): A SWOT analysis of small and medium scale enterprises implementing total quality management, International Journal of Bussines, Management and Social Sciences, 1 (1), 59-64.

Leanrned, A., Christensen, C., Andrews, R., Guth, D. (1965). Business policy: Text and cases

Mićić, B. (2017) Analiza poslovanja preduzeća Euro Limun d.o.o. sa osvrtom na ekonomsku opravdanost poslovnog nastupa-Master rad, Saobraćajni fakultet Doboj, 73-92.

Tavana, M., Zateinejad, M., Di Caprio, D., Kaviani, M.A. (2015): An Integrated Intuitionistic Fuzzy AHP and SWOT method for Outsourcing Reverse Logistics. Applied Soft Computing Journal, 40, 544-557.

Venek, M., Černý, I., Hudecek, V., Krcmarská, L., Magnusková, J. (2014) International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Surveying Geology & Mining Ecology Managemen, 591-598.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

MACHINE LEARNING - APPLICATION IN LOGISTICS

MAŠINSKO UČENJE - PRIMENA U LOGISTICI

Slađana Janković[a], Stefan Zdravković[a], Snežana Mladenović[a], Milorad Kilibarda[a], Ana Uzelac[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, s.jankovic@sf.bg.ac.rs, s.zdravkovic@sf.bg.ac.rs, snezanam@sf.bg.ac.rs, m.kilibarda@sf.bg.ac.rs, ana.uzelac@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *The implementation and monitoring of logistics flows are today accompanied by the continuous generation of large amounts of data. Datasets that have Big Data features provide the ability to apply modern data mining techniques. A significant class of these techniques is predictive analytics based on the application of supervised machine learning. The main objective of this research was to define and verify the methodology of predicting the volume and structure of logistics flows in a country's foreign trade, based on the construction and application of a supervised machine learning model. The paper describes all stages of the machine learning process: data preparation, construction, evaluation, testing and application of machine learning models, ie. prediction of dependent variables. The proposed methodology was applied in the case study of the prediction of foreign trade logistics flows in the food industry of the Republic of Serbia. One of the contributions of the research is to identify machine learning algorithms that produce good results on the available data set. Models based on decision tree type algorithms showed the best performance: Random Forest, Random Tree and REPTree.*

Key words: *Big Data Analytics, Prediction, Foreign Trade, Decision Tree*

Apstrakt*: Realizacija i monitoring logističkih tokova danas praćeni su permanentnim generisanjem velikih količina podataka. Skupovi podataka koji imaju Big Data obeležja pružaju mogućnost primene savremenih data mining tehnika. Značajnu klasu ovih tehnika predstavlja prediktivna analitika bazirana na primeni nadgledanog mašinskog učenja. Glavni cilj ovog istraživanja bio je da definiše i verifikuje metodologiju predikcije obima i strukture logističkih tokova u spoljnoj trgovini jedne zemlje, baziranu na izgradnji i primeni modela nadgledanog mašinskog učenja. U radu su opisane sve faze procesa mašinskog učenja: priprema podataka, izgradnja, evaluacija, testiranje i primena modela mašinskog učenja, tj. predikcija zavisnih varijabli. Predložena metodologija primenjena je u studiji slučaja predikcije logističkih tokova spoljne trgovine u prehrambenoj industriji Republike Srbije. Jedan od doprinosa istraživanja je identifikovanje algoritama mašinskog učenja koji daju dobre rezultate na raspoloživom skupu podataka. Najbolje performanse pokazali su modeli bazirani na algoritmima tipa drvo odlučivanja, i to: Random Forest, Random Tree i REPTree.*

Ključne reči: *Big Data analitika, predikcija, spoljna trgovina, drvo odlučivanja*

1. UVOD

Veštačka inteligencija aktivno se razvija još od pedesetih godina dvadesetog veka, kada je konstruisan perceptron – prvi sistem sposoban da uči jednostavne zakonitosti. Međutim, od početka XXI veka, razvoj ove oblasti je dobio novi zamah, kada rezultati računara u nekim oblastima postaju superiorni u odnosu na rezultate ljudi eksperata. U srcu ovog novog zamaha bilo je mašinsko učenje, kao jedna od ključnih tehnika veštačke inteligencije. Neki od problema na koje je mašinsko učenje uspešno primenjeno su: prepoznavanje lica i različitih objekata na slikama i videu, prepoznavanje tumora na medicinskim snimcima, autonomna vožnja automobila, autonomno letenje, itd. Obično se identifikuju tri grupe problema mašinskog učenja: problemi nadgledanog učenja (eng. *supervised learning*), problemi nenadgledanog učenja (eng. *unsupervised learning*) i problemi učenja potkrepljivanjem (eng. *reinforcement learning*). Za sada je najrazvijenija fundamentalna teorija nadgledanog mašinskog učenja i ova grana mašinskog učenja je najšire primenjena. Nadgledano učenje karakteriše se time da su uz vrednosti ulaza date i vrednosti izlaza koje im odgovaraju, a ovakvi skupovi podataka nazivaju se označenim skupovima podataka (eng. *labeled dataset*). Potrebno je ustanoviti odnos koji važi između ulaza i izlaza. Na osnovu ovog odnosa se najčešće za neke buduće ulaze vrši predviđanje izlaza

(Burkov, 2019). Ulaz i izlaz najčešće se predstavljaju u vektorskom obliku i označavaju sa *x* i *y*, pri čemu je *x* tipično vektor vrednosti nekih nezavisnih promenljivih koje se nazivaju atributima (eng. *attributes*, *features*), dok je *y* tipično jedna zavisna promenljiva, koja se još naziva i ciljnom promenljivom (eng. *target variable*).

Sa razvojem *Big Data* tehnologija, tokom poslednje dve decenije, u saobraćaju, transportu i logistici sve više se primenjuje *Big Data* prediktivna analitika (Hazen et al., 2016). Jedan od najznačajnijih primera primene *Big Data* analitike u ovom domenu je primena u cilju podizanja efikasnosti lanaca snabdevanja (Wang et al., 2016). U cilju praćenja procesa i događaja lanci snabdevanja zahtevaju analizu podataka u realnom vremenu (Arunachalam et al., 2017). Danas se prikupljaju i analiziraju velike količine podataka o logističkim tokovima, kako bi se utvrdilo kako proizvodi stižu na svoje odredište i gde se mogu uštedeti novac i vreme (Gunasekaran et al., 2017). Drugi odličan primer je upravljanje zalihama, gde nam RFID (Radio Frequency Identification) tehnologija omogućava praćenje lokacije i količine zaliha u pokretu, prateći istovremeno i njihovu sigurnost (Sanders, 2016). Obim i struktura spoljne trgovine jedne zemlje značajno utiču na sve vrste logističkih tokova te zemlje: robne, informacione i finansijske (Mishra et al., 2018). Cilj izvođenja prediktivne analitike u ovom istraživanju je prognoziranje obima i strukture uvoza i izvoza prehrambenih proizvoda u Republici Srbiji. Da bismo odgovorili na pitanje "Koja količina robe određene vrste će da se uveze u Srbiju u određenom vremenskom periodu iz neke odabrane zemlje?", kao i na brojna slična pitanja, koristili smo tehniku nadgledanog mašinskog učenja.

Druga sekcija rada sadrži opis metode nadgledanog mašinskog učenja koja je primenjena za predikciju u ovom istraživanju. U trećoj sekciji ukratko je opisana studija slučaja predikcije obima logističkih tokova uvoza i izvoza prehrambenih proizvoda u Republici Srbiji, u kojoj je primenjena opisana metoda. Poslednja sekcija rada sadrži najznačajnije zaključke o metodi i algoritmima mašinskog učenja primenjenim u posmatranoj studiji slučaja, kao i potencijalima mašinskog učenja u logistici, uopšte.

2. METODA PREDIKCIJE BAZIRANA NA NADGLEDANOM MAŠINSKOM UČENJU

Proces mašinskog učenja sastoji se od faza: priprema podataka, izgradnja modela, validacija modela, testiranje modela i primena modela. Mašinsko učenje je iterativan proces u kojem se sve gore nabrojane faze ponavljaju onoliko puta koliko je potrebno. Ponavljanje ovih faza završava se kada se iscrpe svi raspoloživi mehanizmi pripreme podataka, sve kombinacije atributa, svi raspoloživi algoritmi i vrednosti parametara algoritama, ili kada se dođe do modela zadovoljavajućih performansi. U izboru relevantnih atributa značajno pomaže vizuelizacija odnosa zavisne varijable i posmatranog atributa. Jednom, kada testiranje modela pokaže da model ima zadovoljavajuće performanse, može se započeti korišćenje modela u predikciji izabrane varijable.

2.1 Priprema podataka

Priprema podataka sastoji se od: čišćenja sirovih podataka od nepotpunih zapisa ili zapisa sa neispravnim vrednostima, konvertovanja podataka u odgovarajući format, eliminisanja nepotrebnih ili loše popunjenih atributa, upravljanja praznim poljima, itd. U ovoj fazi, izvorni skup podataka prilagođava se zahtevima izabranog softvera za mašinsko učenje, u smislu vrste datoteka i formata podataka. U ovom istraživanju izvorni skup podataka skladišten je u *Microsoft Excel* datotekama. U cilju kreiranja različitih skupova podataka na kojima će se obučavati modeli mašinskog učenja, od izvornih podataka kreirana je baza podataka u relacionom sistemu za upravljanje bazama podataka *Microsoft Office Access 2016*. Uz pomoć velikog broja upita nad inicijalnom bazom podataka selektovani su atributi i/ili zapisi, grupisani i sortirani zapisi, transformisani podaci i izračunavane različite statistike. Rezultati upita skladišteni su u CSV (*Comma Separated Values*) datotekama, prema zahtevima korišćenog softvera za mašinsko učenje *Weka*.

2.2 Izgradnja modela

U ovom istraživanju na raspolaganju je bio označeni skup podataka, tako da su kreirani modeli bazirani na primeni algoritama nadgledanog mašinskog učenja. Izgradnja svakog od modela sastojala se od sledećih faza:

1. Definisanje cilja modela, u skladu sa ciljevima prediktivne analitike,
2. Izbor ciljne promenljive (labela, klasa), tj. atributa iz skupa podataka čiju vrednost želimo da predvidimo primenom modela mašinskog učenja,
3. Izbor algoritma nadgledanog mašinskog učenja, u skladu sa prirodom ciljne promenljive i atributâ,
4. Izbor relevantnih atributa skupa podataka,

5. Priprema skupova podataka za učenje i za testiranje modela, prema zahtevima izabranog algoritma,
6. Podešavanje modela, tj. vrednosti hiperparametara specifičnih za svaku vrstu algoritma mašinskog učenja. Hiperparametri upravljaju učenjem modela, tako da njihove vrednosti moraju biti izabrane pre nego što započne process učenja modela.
7. Učenje (treniranje) modela – primena izabranog algoritma mašinskog učenja na skup podataka za učenje, u cilju dobijanja hiperparametara modela.

S obzirom na strukturu raspoloživog skupa podataka o logističkim tokovima, definisani su sledeći ciljevi budućih modela: predikcija obima uvoza – neto težina u kg, predikcija obima uvoza – iznos u EUR, predikcija obima izvoza – neto težina u kg, predikcija obima izvoza – iznos u EUR.

Kao ciljne promenljive, izabrani su sledeći atributi: Neto težina u kg i Iznos u EUR.

Dve osnovne vrste problema nadgledanog mašinskog učenja su regresija i klasifikacija. Regresija je problem predviđanja neprekidne ciljne promenljive. Klasifikacija je problem predviđanja kategoričke ciljne promenljive. Kategoričkim se smatraju promenljive koje uzimaju konačan broj vrednosti među kojima nema uređenja. S obzirom na to da su prepoznata četiri različita cilja budućih modela, zadatak je bio da se izgrade četiri grupe modela mašinskog učenja. *Data mining* je eksperimentalna nauka. Na početku istraživanja ne može se unapred znati koji algoritam mašinskog učenja će najviše odgovarati definisanom cilju modela. S obzirom na to da su ciljne promenljive našeg skupa podataka (Neto težina u kg i Iznos u EUR) neprekidne, izgrađeni su modeli mašinskog učenja bazirani na najpopularnijim regresionim algoritmima:

- linearna regresija (eng. *Linear Regression*),
- *k* najbližih suseda (eng. *K-Nearest Neighbors*),
- drvo odlučivanja (eng. *Decision Tree*),
- metoda potpornih vektora za regresiju (eng. *Support Vector Machines for Regression*),
- neuronska mreža (eng. *Neural Network*).

Izbor relevantnih atributa ima za cilj da izdvoji atribute koji utiču na vrednost ciljne promenljive, kao i da redukuje broj neophodnih atributa kako bi model bio što jednostavniji (Linford et al., 2019). Redukcija broja atributa vrši se, pre svega, prepoznavanjem međusobno zavisnih atributa i eliminacijom svih atributa koji jednoznačno zavise od nekog drugog atributa. Izbor relevantnih atributa nije jednokratni zadatak, već se ponavlja, često i više puta u izgradnji jednog modela. Tek kada se izvrši obučavanje modela i validacija modela, može se zaključiti da li izabrani atributi više ili manje utiču na vrednost ciljne promenljive.

Priprema podataka obuhvata transformacije vrednosti atributa i/ili vrednosti ciljne promenljive, kao što su: transformacija nominalnih vrednosti u binarne, numeričkih u nominalne, numeričkih u binarne, normalizacija, diskretizacija, itd. Da li je neka transformacija neophodna zavisi od inicijalnog skupa podataka i od toga koji su tipovi atributa i labela dopušteni za izabranu vrstu algoritma. Kod nekih algoritama obavezni su određeni tipovi atributa i/ili labela, pa se transformacija vrši zbog zahteva algoritma. Transformacija se može vršiti i kada nije neophodna, da bi se ispitalo na koji način tipovi atributa utiču na performanse modela.

Model mašinskog učenja je rezultat algoritma učenja primenjenog na skupu podataka za obučavanje. Parametri modela određuju pravila na koji način će se x prevesti u y. Oni se uče tokom obučavanja modela (minimiziranjem funkcije gubitka). U regresiji, npr. koeficijenti koji stoje uz atribute su parametri modela.

2.3 Validacija modela

Pored treniranja i testiranja modela, najčešće se radi i validacija modela, kako bi se:

- izabrao najbolji model između više kandidata,
- odredila optimalna konfiguracija parametara modela,
- izbegli problemi prevelikog podudaranja (eng. *overfitting*) i nedovoljnog podudaranja (eng. *underfitting*). Preveliko podudaranje odnosi se na situaciju u kojoj model savršeno nauči da vrši predikciju za instance iz trening skupa, ali ima veoma slabu sposobnost predikcije za instance koje se i malo razlikuju od naučenih. Nedovoljno podudaranje odnosi se na slučaj kada model ne uspeva da aproksimira podatke za trening, tako da ima slabe performance čak i na trening skupu podataka.

Kada se radi validacija modela, a raspolaže se dovoljnim brojem instanci u skupu podataka, onda se ukupan skup podataka obično deli u procentualnom odnosu 60/20/20 na podatke za trening, validaciju i testiranje. Drugi pristup, koji omogućava efikasnije korišćenje raspoloživih podataka, je unakrsno vrednovanje

(eng. *cross-validation*). Ovaj pristup, za ocenu performansi modela, koristi samo podatke za trening, a sastoji se od sledećih faza:

1. Raspoloživi skup podataka za treniranje modela deli se na K jednakih delova-podskupova (eng. *folds*). Najčešće se deli na 10 podskupova (eng. *10-fold cross validation*).
2. Model se trenira na K-1 podskupova podataka (npr. na prvih K-1 podskupova).
3. Model se ocenjuje na jedinom preostalom (K-tom) podskupu podataka.
4. Koraci 2 i 3 ponavljaju se K puta. U svakoj iteraciji uzima se jedan deo podataka za potrebe validacije modela, dok se ostatak (K-1 delova) koristi za učenje. Bira se uvek različit podskup koji će se koristiti za validaciju modela.
5. Performanse modela izračunavaju se kao aritmetičke sredine performansi dobijenih u K iteracija.

Validacija (ocenjivanje) modela vrši se za svaki izabrani skup vrednosti hiperparametara modela. Nekoliko različitih mera može se koristiti za ocenjivanje uspešnosti numeričke predikcije (Witten et al., 2017). Projektovane vrednosti ciljne promenljive, dobijene za skup instanci za validaciju modela su: $p_1, p_2, \ldots, p_n$; dok su stvarne vrednosti ciljne promenljive: $a_1, a_2, \ldots, a_n$.

Srednja kvadratna greška (1) je glavna i najčešće korišćena mera.

$$Srednja\ kvadratna\ greška = \frac{(p_1-a_1)^2+\cdots+(p_n-a_n)^2}{n} \quad (1)$$

Srednja apsolutna greška (2) je prosečna veličina individualnih grešaka bez uzimanja u obzir njihovog znaka. Srednja kvadratna greška ima tendenciju da preuveličava efekat izuzetaka - slučajeva kod kojih je greška predviđanja veća nego kod drugih, dok apsolutna greška nema ovaj efekat: sve veličine greške se tretiraju ravnomerno prema njihovoj veličini.

$$Srednja\ apsolutna\ greška = \frac{|p_1-a_1|+\cdots+|p_n-a_n|}{n} \quad (2)$$

Kvadratni koren srednje kvadratne greške (3) izračunava se na očigledan način.

$$Kvadratni\ koren\ srednje\ kvadratne\ greške = \sqrt{\frac{(p_1-a_1)^2+\cdots+(p_n-a_n)^2}{n}} \quad (3)$$

Relativna kvadratna greška (4) odnosi se na nešto potpuno drugačije. Greška se računa u odnosu na ono što bi bilo da se koristi jednostavni prediktor. Jednostavni prediktor je samo prosek stvarnih vrednosti iz podataka za trening, označen sa $\bar{a}$. Dakle, relativna kvadratna greška uzima ukupnu kvadratnu grešku, i normalizuje je tako što je deli ukupnom kvadratnom greškom podrazumevanog prediktora.

$$Relativna\ kvadratna\ greška = \frac{(p_1-a_1)^2+\cdots+(p_n-a_n)^2}{(a_1-\bar{a})^2+\cdots+(a_n-\bar{a})^2} \quad (4)$$

Kvadratni koren relativne kvadratne greške (5) izračunava se na očekivani način.

$$Kvadratni\ koren\ relativne\ kvadratne\ greške = \sqrt{\frac{(p_1-a_1)^2+\cdots+(p_n-a_n)^2}{(a_1-\bar{a})^2+\cdots+(a_n-\bar{a})^2}} \quad (5)$$

Relativna apsolutna greška (6) je ukupna apsolutna greška, sa istom vrstom normalizacije.

$$Relativna\ apsolutna\ greška = \frac{|p_1-a_1|+\cdots+|p_n-a_n|}{|a_1-\bar{a}|+\cdots+|a_n-\bar{a}|} \quad (6)$$

Poslednja mera tačnosti predikcije je koeficijent korelacije (7), koji meri statističku korelaciju između vrednosti a i p. Koeficijent korelacije uzima vrednosti od 1 za rezultate koji su u potpunoj korelaciji, preko 0 kada nema korelacije, do -1 kada su rezultati u savršeno negativnoj korelaciji.

$$Koeficijent\ korelacije = \frac{S_{PA}}{\sqrt{S_P S_A}}, \quad (7)$$

gde je:

$$S_{PA} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i-\bar{p})(a_i-\bar{a})}{n-1} \quad (8)$$

$$S_P = \frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i-\bar{p})^2}{n-1} \quad (9)$$

$$S_A = \frac{\sum_{i=1}^{n}(a_i-\bar{a})^2}{n-1} \quad (10)$$

Postavlja se pitanje: koja od ovih mera je odgovarajuća u datoj situaciji? Srećom, ispostavlja se da je u većini praktičnih situacija najbolji prediktivni model istovetan bez obzira na to koja mera greške se koristi.

Na kraju ovog procesa, imaćemo unakrsno vrednovani rezultat za svaki skup vrednosti hiperparametara za svaki algoritam. Za svaki algoritam ćemo izabrati najbolji skup hiperparametara i ponovo obučiti model na celom skupu podataka za trening (bez unakrsne validacije).

2.4 Testiranje modela

Do sada se koristio jedan "najbolji" model za svaki algoritam, koji je podešen kroz unakrsnu validaciju. Što je najvažnije, korišćeni su samo podaci za trening. Da bi predvideli performanse modela na novim podacima, potrebno je proceniti mere njihovih performansi na skupu podataka koji nije igrao nikakvu ulogu u formiranju modela. Ovaj nezavisni skup podataka naziva se skup podataka za testiranje. Pretpostavlja se da su i podaci za trening i podaci za testiranje, reprezentativni uzorci podataka. Proces je veoma jednostavan:

1. Uz pomoć svakog od modela treba napraviti predviđanje na skupu podataka za testiranje.
2. Izračunati mere tačnosti predikcije svakog modela, koristeći ta predviđanja i vrednosti ciljne varijable iz skupa za testiranje.

Sledeća faza je poređenje performansi modela dobijenih na skupu podataka za testiranje sa performansama dobijenim na skupu podataka za trening. Ono omogućava da se izbegne problem prevelikog podudaranja. Ako model radi veoma dobro na podacima za trening, ali slabo na podacima za testiranje, onda postoji problem prevelikog podudaranja.

Na kraju, da bi bio izabran najbolji model, potrebno je odgovoriti na sledeća pitanja:

- Koji model je imao najbolje performanse na skupu podataka za testiranje?
- Da li se model pokazao kao dobar prema različitim merama performansi?
- Da li model ima najbolji ili jedan od najboljih rezultata unakrsne validacije na skupu podataka za trening?
- Da li model rešava postavljeni poslovni problem?

2.5 Primena modela

Da bi se predvidele vrednosti izabranih ciljnih promenljivih u budućnosti, potrebno je pripremiti odgovarajući skup podataka i na njega primeniti model mašinskog učenja koji je izabran kao najbolji. Skup podataka koji se koristi za predikciju mora imati strukturu i format podataka potpuno identičan strukturi i formatu podataka u skupu za obučavanje i skupu za testiranje modela.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Skup podataka koji je korišćen u ovom istraživanju sadrži podatke o logističkim tokovima u spoljnoj trgovini Republike Srbije u prehrambenoj industriji, za period od januara 2015. do maja 2018. godine. Inicijalni skup podataka sastojao se od 8 manjih skupova: 2015NetoTežinaKG, 2015IznosEUR, 2016NetoTežinaKG, 2016IznosEUR, 2017NetoTežinaKG, 2017IznosEUR, 2018NetoTežinaKG i 2018IznosEUR. Priprema podataka započeta je objedinjavanjem 8 manjih skupova u jedan veliki skup podataka. Novi skup podataka sastojao se od ukupno 772517 zapisa, pri čemu je svaki zapis sadržao podatke o jednom poslu uvoza ili izvoza robe. Atributi novog skupa podataka bili su: Uvoz/Izvoz, Carinska procedura, Matični broj, PIB, Naziv kompanije, Zemlja porekla, Zemlja uvoza, Zemlja izvoza, Carinska tarifa, Naziv carinske tarife, Godina, Mesec, Kvartal, Trgovačko ime, Jedinica mere, Količina, Neto težina u kg, Iznos u EUR. Kao najvažniji nedostatak inicijalnog skupa podataka uočen je nedostatak podataka za sve mesece u 2018. godini, tako da je 2018. godina morala biti isključena iz dalje analize.

Kao skup podataka za učenje izabrane su instance koje se odnose na 2015. i 2016. godinu, dok su instance koje se odnose na 2017. godinu ostavljene za testiranje obučenih modela mašinskog učenja. Nad različitim skupovima podataka za trening kreirani su modeli mašinskog učenja, namenjeni za predikciju obima uvoza ili izvoza, izraženog u kg ili EUR. Svaki model je izgrađen nad jednim izabranim podskupom skupa nezavisnih varijabli (Carinska procedura, Matični broj, PIB, Naziv kompanije, Zemlja porekla, Zemlja uvoza, Zemlja izvoza, Carinska tarifa, Naziv carinske tarife, Mesec, Kvartal, Trgovačko ime, itd.) i jednom izabranom zavisnom varijablom (Neto težina u kg ili Iznos u EUR).

Sve faze procesa mašinskog učenja, koje su opisane u drugoj sekciji rada, realizovane su u *data mining* softverskom alatu *Weka* (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*). *Weka* je softver otvorenog koda, kreiran na Univerzitetu Waikato na Novom Zelandu. Ovaj softver predstavlja kolekciju algoritama mašinskog učenja koji se koriste u poslovima otkrivanja zakonitosti u podacima. Na različitim podskupovima izabranih atributa raspoloživog skupa podataka, u softverskom alatu *Weka*, primenjeno je sledećih osam algoritama mašinskog učenja: *Linear Regression*, *Multilayer Perceptron* (*Neural Network*), *SMOreg* (*Support Vector Machine for Regression*), *IBk* (*k-Nearest Neighbors*), *M5P*, *Random Forest*, *Random Tree* i *REPTree*. U nastavku je predstavljen jedan primer predikcije koja je izvršena primenom gore opisane metode u softverskom alatu *Weka*.

Primer - skup podataka za trening: Izvoz u EUR po godini, mesecu, matičnom broju firme i carinskoj proceduri; ukupan broj instanci: 14967; nezavisne varijable: Mesec, Matični broj, Carinska procedura; zavisna varijabla: Iznos u EUR; Test mod: *10-fold cross validation*.

Korišćenjem gore nabrojanih osam algoritama mašinskog učenja kreirano je osam modela mašinskog učenja za predikciju obima izvoza izraženog u EUR, a u zavisnosti od meseca u godini, firme koja izvozi i carinske procedure. Performanse pet najboljih modela, dobijene na skupu podataka za trening, prikazane su u Tabeli 1. Može se videti da je tih pet najboljih modela bazirano na algoritmima tipa drvo odlučivanja (*Random Tree*, *Random Forest*, *REPTree* i *M5P*) i algoritmu *k* najbližih suseda (*IBk*). Modeli u Tabeli 1 rangirani su prema vrednostima njihovih mera performansi, od najboljeg do najgoreg. U Tabeli 1 može se videti da model koji ima najbolju vrednost za jednu meru performanse (npr. koeficijent korelacije) ima najbolje vrednosti i za sve ostale mere performansi. Model koji ima drugu najbolju vrednost koeficijenta korelacije, ima druge najbolje vrednosti i za sve ostale mere performansi, itd.

Tabela 1. Performanse pet najboljih modela predikcije merene na skupu podataka za trening

Algoritam	Koeficijent korelacije	Srednja apsolutna greška	Kvadratni koren srednje kvadratne greške	Relativna apsolutna greška (%)	Kvadratni koren relativne kvadratne greške (%)
REPTree	0.9192	78668.8724	332727.4526	35.2742	39.4846
Random Forest	0.871	101848.0621	414328.8252	45.6674	49.1682
Random Tree	0.8347	103430.7636	485536.2364	46.3771	57.6184
IBk	0.7424	125383.7061	595421.0813	56.2205	70.6584
M5P	0.719	106262.1113	637277.5216	47.6467	75.6255

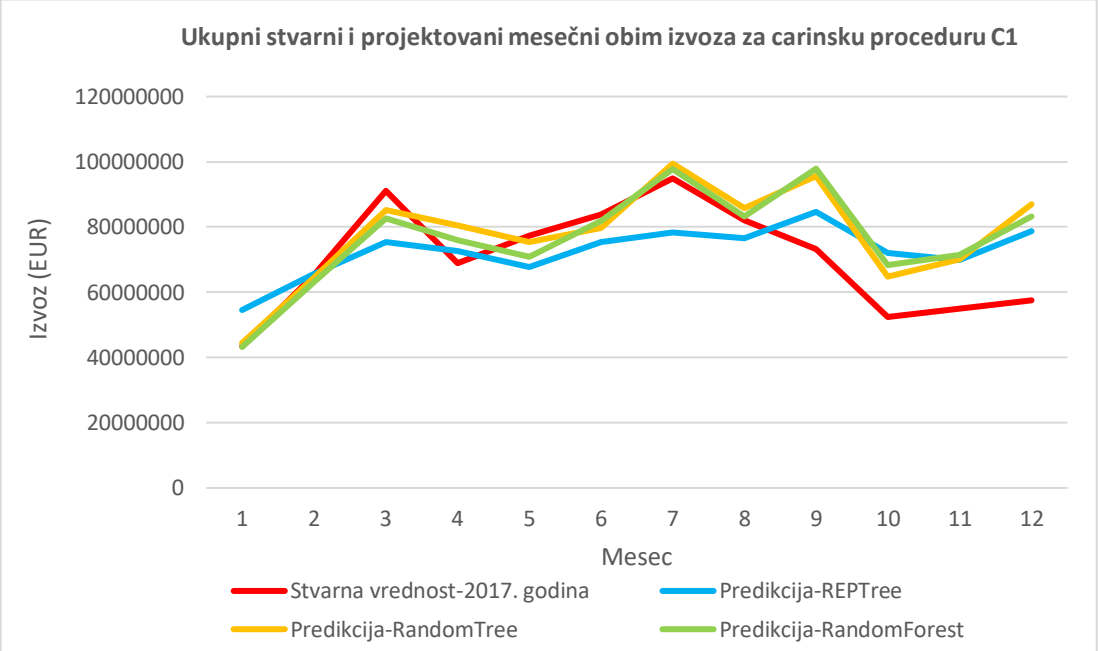
Predikcija je urađena primenom prva tri najbolja modela mašinskog učenja (*REPTree*, *Random Forest* i *Random Tree*) na skupu podataka za testiranje. Skup podataka za testiranje čine 8064 instance, koje obuhvataju podatke o mesečnom obimu izvoza (izraženom u EUR) za svih 12 meseci 2017. godine, za svaku od 1758 firmi i za svaku od tri carinske procedure (C1, C2 i C3). Performanse tri najbolja modela, dobijene na skupu podataka za testiranje, prikazane su u Tabeli 2. U Tabeli 2 može se videti da su performanse modela baziranih na algoritmima *Random Forest* i *Random Tree*, izmerene na skupu podataka za testiranje, bolje u odnosu na performanse istih modela koje su merene na skupu podataka za trening. Kod modela zasnovanog na algoritmu *REPTree*, performanse merene na skupu podataka za testiranje slabije su od performansi merenih na skupu podataka za trening. Prateći korake opisane u sekciji 2.4, kao najbolji model predikcije izabran je model baziran na algoritmu *Random Forest*, jer su njegove performanse poboljšane na skupu podataka za testiranje u odnosu na skup podataka za trening i zbog toga što on pokazuje najbolje performanse na skupu podataka za testiranje.

Tabela 2. Performanse tri najbolja modela predikcije merene na skupu podataka za testiranje

Algoritam	Koeficijent korelacije	Srednja apsolutna greška	Kvadratni koren srednje kvadratne greške	Relativna apsolutna greška (%)	Kvadratni koren relativne kvadratne greške (%)
REPTree	0.9092	82432.4999	327910.3861	39.1005 %	42.5445 %
Random Forest	**0.9226**	**85760.01**	**302245.9499**	**40.6789 %**	**39.2147 %**
Random Tree	0.9081	85783.7245	336776.1734	40.6901 %	43.6948 %

Radi boljeg uvida u ukupne rezultate predikcije, izračunat je ukupni stvarni i projektovani obim izvoza u EUR, po mesecima i carinskim procedurama, za sve firme zajedno. Odnos stvarnog i projektovanih mesečnih

obima izvoza u EUR za carinsku proceduru C1, za sve firme zajedno, može se videti na Slici 1. Na Slici 1 lako se uočava da su rezultati predikcije prema *Random Forest* i *Random Tree* modelu veoma slični i da najbolje prate krivu stvarnih vrednosti. To potvrđuje da testiranje modela prema metodologiji opisanoj u sekciji 2.4 daje dobre rezultate.



Slika 1. Ukupni stvarni i projektovani mesečni obim izvoza za carinsku proceduru C1 (EUR)

4. ZAKLJUČAK

U okviru ovog istraživanja, za predikciju obima i strukture logističkih tokova u spoljnoj trgovini jedne zemlje, predložena je metoda prediktivne analize bazirana na nadgledanom mašinskom učenju. Predložena i opisana metoda primenjena je u studiji slučaja tokova spoljne trgovine prehrambene industrije Republike Srbije. Implementacija opisane metode u studiji slučaja pokazala je da, kada se u skupu podataka izaberu atributi koji su relevantni za ciljnu varijablu, jedan broj algoritama mašinskog učenja omogućava izgradnju modela predikcije zadovoljavajućih performansi. Dakle, predložena metoda predikcije verifikovana je u realizovanoj studiji slučaja. To je najznačajniji pozitivan rezultat obavljenog istraživanja.

Studija slučaja pokazala je, takođe, da je izbor relevantnih atributa najozbiljniji izazov u primeni opisane metode predikcije. U ovom istraživanju, izbor relevantnih atributa baziran je na deskriptivnoj statistici prethodno obavljenoj na raspoloživom skupu podataka u Microsoft Office Access bazi podataka. Ovaj pristup zahteva mnogo vremena a podrazumeva mnogo bezuspešnih pokušaja. U cilju unapređenja efikasnosti celokupnog procesa predikcije trebalo bi unaprediti metodu selekcije atributa. Softver *Weka*, u kojem su kreirani i primenjivani modeli mašinskog učenja u ovom istraživanju, poseduje i alate za automatsku selekciju atributa. Buduće istraživanje trebalo bi da uključi automatsku, umesto ručne (intuitivne) selekcije atributa.

U studiji slučaja primenjeno je osam različitih algoritama mašinskog učenja: Linear Regression, Multilayer Perceptron (Neural Network), SMOreg (Support Vector Machine for Regression), IBk (k-Nearest Neighbors), M5P, Random Forest, Random Tree i REPTree. Najbolje performanse pokazali su modeli bazirani na algoritmima tipa drvo odlučivanja (Random Forest, Random Tree i REPTree).

ZAHVALNICA

Ovaj rad delimično je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta pod brojem 036012. Podatke o spoljnoj trgovini Republike Srbije, koji su korišćeni u ovom istraživanju, obezbedila je firma CUBE Team d.o.o iz Beograda.

5. LITERATURA

Arunachalam, D., Kumar, N., & Kawalek, J. P. (2017). Understanding big data analytics capabilities in supply chain management: Unravelling the issues, challenges and implications for practice. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 114(C), 416-436.

Burkov, A. (2019). The Hundred-page Machine Learning Book. Andriy Burkov.

Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., Dubey, T., Wamba, S. F., Childe, S. J., Hazen, B., & Akter, S. (2017). Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance. Journal of Business Research, 70(C), 308-317.

Hazen, B. T., Skipper, J. B., Ezell, J. D., & Boone, C. A. (2016). Big data and predictive analytics for supply chain sustainability: A theory-driven research agenda. Computers & Industrial Engineering, 101(C), 592-598.

Linford, S., Bogdanovic, B., Chao, K.M., Janković, S., Maraš, V., Bugarinović, M., & Trochidis, I. (2019). Data Analysis on Big Data Applications with Small Samples and Incomplete Information. Proceedings of the 2019 IEEE 23rd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design - IEEE CSCWD 2019, May 6-8, 2019, Porto, Portugal, 146-151.

Mishra, D., Gunasekaran, A., & Papadopoulos, T. (2018). Big Data and supply chain management: a review and bibliometric analysis. Annals of Operations Research, 270(1-2), 313-336.

Sanders, N. R. (2016). How to Use Big Data to Drive Your Supply Chain. California Management Review, 58(3), 26-48.

Wang, G., Gunasekaran, A., Eric W. T. N., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. International Journal of Production Economics, 176(C), 98-110.

Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., & Pal, C. J. (2017). Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. Fourth Edition, Morgan Kaufmann, Burlington, USA.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

EVALUATING EFFICIENCY OF LOGISTICS PERFORMANCE BY USING RADIAL AND NON-RADIAL DEA MODELS

OCENJIVANJE EFIKASNOSTI LOGISTIČKIH PERFORMANSI KORIŠĆENJEM RADIJALNIH I NERADIJALNIH DEA MODELA

Predrag Ralević[a], Mladenka Blagojević[b], Sanja Ilić[c]

[a] *High Railway School of Vocational Studies Uroševac, 24. Novembra without number, Leposavić 38218, Serbia, ralevicpredrag@gmail.com*

[b] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, m.blagojevic@sf.bg.ac.rs*

[c] *'Rico training centre', Arčibalda Rajsa 27, Belgrade 11000, Serbia, sanjailic@verat.net*

Abstract: *The main aim of this paper is to present radial and non-radial efficiency measurements on the selected data set involving more Decision Making Units (DMUs) operating in the field of transport by using Data Envelopment Analysis (DEA). Herein, we demonstrate that a DMU can be efficient or inefficient in its use of inputs to achieve outputs. The results indicate that the non-radial measurement is stricter in evaluating the efficiency than the radial measurement for each of the inefficient DMUs.*

Key words: *Efficiency measurement, Radial and non-radial DEA models, Optimization*

Apstrakt*: Glavni cilj ovog rada je da predstavi radijalno i neradijalno merenje efikasnosti na izabranom numeričkom primeru koji uključuje više jedinica odlučivanja (DMU) koje rade u oblasti transporta korišćenjem analize obavijanja podataka (DEA). Ovde je pokazano da DMU može biti efikasna ili neefikasna u korišćenju ulaza prilikom postizanja izlaza. Rezultati ukazuju da je ocenjivanje efikasnosti neradijalnim merenjem u poređenju sa radijalnim merenjem strože za svaku neefikasnu DMU.*

Ključne riječi: *Merenje efikasnosti, radijalni i neradijalni DEA modeli, optimizacija.*

1. UVOD

Analiza obavijanja podataka (DEA) (Farrell 1957; Charnes i sar. 1978) je linearni programski pristup za merenje efikasnosti višeulazne i višeizlazne radne jedinice. U DEA literaturi ove jedinice su poznate kao jedinice odlučivanja (Decision Making Units) (DMUs). Merenje efikasnosti uključuje poređenje između posmatranih izlaza sa maksimalno mogućim izlazima koji mogu da se dobiju od ulaza, ili poređenje posmatranih ulaza sa minimalno potrebnim ulazima koji su neophodni za stvaranje izlaza. Oba slučaja uključuju poređenje trenutnih performansi sa optimalnim performansama koje se nalaze na empirijskoj granici efikasnosti, a koja se razvija različito u svakom od ova dva slučaja. Prvi slučaj je ulazno orijentisani kod kojeg se ulazi minimiziraju, dok se izlazi održavaju na trenutnim nivoima. Drugi slučaj je izlazno orijentisani kod kojeg se izlazi maksimiziraju, a ulazi održavaju na trenutnim vrednostima.

Postoje dva tipa modela u DEA za ocenjivanje efikasnosti (Zhu 2003). Jedan je radijalni, a drugi je neradijalni. Radijalni modeli se odnose na proporcionalne promene ulaza ili izlaza. Kao takvi, ovi modeli odražavaju proporcionalnu maksimalnu ulaznu (izlaznu) stopu povećanja (smanjenja) koja je zajednička za sve ulaze (izlaze). Tako, radijalna merenja efikasnosti optimizuju sve ulaze i izlaze od DMU u određenom odnosu jer ova merenja pretpostavljaju da se svi ulazi (izlazi) ponašaju na proporcionalan način. U praksi, može da se uoči da ova pretpostavka može da bude pogrešna. Drugi nedostatak radijalnih modela je zanemarivanje ulaznih i izlaznih slakova (Input and output slacks) u izveštavanju ocena efikasnosti jer ovi slakovi ostaju na optimalnoj radijalnoj projekciji. Konkretnije, mogu da se pojave slučajevi gde i pored izvršene optimalne radijalne projekcije ostaju ulazni slakovi - nepotpuno iskorišćeni ulazi ili izlazni slakovi - nepotpuno ostvareni izlazi.

Generalno, postojanje slakova u ulazima pokazuje da postoji neumerenost u korišćenju ulaza, dok postojanje slakova u izlazima ukazuje da postoji deficit u ostvarenim rezultatima (Ralević, 2014).

Za razliku od radijalnog merenja efikasnosti, Färe i Lovell (1978) su uveli neradijalno merenje efikasnosti dopuštajući neproporcionalna smanjenja pozitivnih ulaza ili širenja pozitivnih izlaza. Ovde, pozitivni ulazi i izlazi podrazumevaju ulazne i izlazne promenljive koje imaju vrednosti veće od nule. Neradijalna merenja utiču direktno na slakove i mogu da odbace različite odnose originalnih ulaza i izlaza. Za razliku od radijalnih modela, ulazni i izlazni slakovi ne postoje u neradijalnim modelima. Korisno je naglasiti da i radijalni i neradijalni modeli ocenjuju efikasnost određujući istu granicu efikasnosti, ali mogu da naprave različite optimalne ciljne vrednosti za ulaze i izlaze. Emrouznejada i Yang (2018) ukazuju na brojne DEA primene u javnom i privatnom sektoru koje su publikovane između 1978. i 2016. godine.

Kada se govori o oblasti saobraćaja i transporta, u DEA literaturi može da se pronađe veći broj empirijskih radova u kojima je razmatrana efikasnost u svim vidovima saobraćaja. Na primer, u sektoru transporta gde logistika sve više igra ključnu ulogu u međunarodnim trgovinskim odnosima, neki od značajnijih radova su, između ostalih i radovi (Andrejić i sar, 2013; Markovits-Somogyi i Bokor, 2014; Ming-Miin i Bo, 2016; Andrejić i sar, 2016; Ralević i sar, 2016; Marti i sar, 2017; Wong i Tang, 2018). Andrejić i sar. (2013) razmatraju merenje efikasnosti distributivnih centara upotrebom DEA gde pokazuju da su mali distributivni centri efikasniji od velikih. Ovi autori u svojoj analizi efikasnosti objedinjuju više pokazatelja kao što su pokazatelji pogona, kvaliteta, energije, transporta i skladišta. Markovits-Somogyi i Bokor (2014) su razmatrali logističku efikasnost na makro nivou uključujući 29 evropskih zemalja korišćenjem nove DEA-PC metodologije i originalne DEA metode. Marti i sar. (2017) procenjuju logističke performanse korišćenjem neparametarske DEA analize uvođenjem indeksa logističkih performansi (Logistics Performance Index) (LPI). U radu (Ming-Miin i Bo, 2016) se koristi LPI indeks gde se meri efikasnost izabranih zemalja, a rezultati nude nekoliko menadžerskih predloga za one zemlje sa neefikasnim LPI indeksom. U radu (Andrejić i sar, 2016), autori su predložili novu metodologiju za merenje globalne logističke efikasnosti koja integriše međunarodne i domaće pokazatelje u jedinstvenu meru. Ovde je pokazano da predloženi pristup može biti korišćen za procenu logističkih aktivnosti na globalnom nivou. Wong i Tang (2018) su otkrili glavne odrednice logističkih performansi sprovodeći analizu logističke efikasnosti na 93 izabrane zemlje za period od 2007. do 2014. godine. Ralević i sar. (2016) predložili su originalni višeulazni i višeizlazni model za merenje troškovne efikasnosti dostavnih jedinica poštanske mreže kao velike logističke mreže koji se bazira na neparametarskoj DEA analizi. Analizirana je dostavna mreža javnog poštanskog operatora u Srbiji koja uključuje 1194 dostavne jedinice. Između ostalog, ovde je utvrđeno da najmanje 794 dostavne jedinice imaju mogućnost za poboljšanje samo na osnovu realokacije resursa. Istražen je uticaj ekonomije obima na efikasnost dostavnih jedinica gde je utvrđeno da ona ima jači uticaj na efikanost malih jedinica u poređenju sa velikim jedinicama.

Cilj ovog rada je da predstavi radijalno i neradijalno merenje efikasnosti korišćenjem neparametarske DEA analize i primeni DEA metod na numeričkom primeru logističke organizacije koja obavlja distribuciju robe. U vezi s tim, s jedne strane, usredsređujući se na resurse (ulaze), ova analiza omogućava da se odrede optimalne vrednosti za broj vozača, potrošnju goriva i troškove. S druge strane, fokusirajući se na rezultate rada (izlaze), istraživanje u ovom radu pokazuje kako mogu da se odrede ciljne vrednosti kada se razmatraju prihodi i broj jedinica prevezene robe.

Ostatak ovog rada je organizovan na sledeći način. U sekcijama 2 i 3 su predstavljena radijalna i neradijalna merenja efikasnosti korišćenjem DEA. U sekciji 4 opisan je proizvoljno izabran numerički primer koji je uključio više jedinica odlučivanja. Rezultati i diskusija u vezi sa merenjem efikasnosti svake DMU iz posmatranog skupa predstavljeni su u sekciji 5. Konačno, u sekciji 6 dati su zaključci rada.

2. DEA METOD

Kao što je to već bilo spomenuto u uvodnom delu rada, DEA je metod merenja relativne efikasnosti za grupu DMU gde su poznate relativne vrednosti za promenljive. Ovaj metod dopušta da DMU ima više ulaza i više izlaza i da DMU može takođe da uključi egzogene promenljive koje opisuju okolinu kao što je to utvrđeno u radu (Banker i Morey, 1986). DEA ocenjuje relativnu efikasnost svake DMU na posmatranom skupu DMU korišćenjem linearnog programiranja koje ne zahteva pretpostavku o statističkim karakteristikama promenljivih. To bi moglo biti izvršeno korišćenjem DEA modela klasifikovanih unutar pet kategorija (Fukuyama 2014):

- Ulazno orijentisani i radijalni,
- Izlazno orijentisani i radijalni,
- Ulazno orijentisani i neradijalni,

- Izlazno orijentisani i neradijalni,
- Ostali razvoji.

Ovde, konstantni povraćaj na obim (CRS) i promenljivi povraćaj na obim (VRS) su dve pretpostavke koje se koriste. CRS pretpostavka podrazumeva da proporcionalno povećanje ulaza izaziva proporcionalno povećanje izlaza. VRS pretpostavka ukazuje da analizirana DMU prikazuje povećanje, smanjenje ili konstantan povraćaj na obim.

Neka se pretpostavi da je skup (A) od n DMU gde svaka DMUj ($j \in A$) koristi ulaze $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_m) \in (R^+)^m$, za pravljenje izlaza $y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_s) \in (R^+)^s$, pri čemu je R^+ skup pozitivnih realnih brojeva. Proizvodna tehnologija transformiše ulaze (resurse) u izlaze (rezultate rada), praveći kombinacije ulaza i izlaza koje su tehnološki izvodljive. Tako, tehnologija može biti predstavljena proizvodnim skupom kao $T = \left[(y, x) : x \text{ može da proizvede } y\right]$.

2.1 Radijalna merenja efikasnosti primenom DEA modela

Radijalna efikasnost podrazumeva proporcionalno ulazno smanjenje ili proporcionalno izlazno povećanje u merenju i procenjivanju efkasnosti posmatrane DMU. Ulazno orijentisano radijalno merenje efikasnosti svake DMU minimizira ulaze dok održava postojeći nivo izlaza. Za DMUo, $o \in A$, (DMUo označava jednu od n DMU) ulazno orijentisani radijalni DEA model (IOR DEA model) unutar VRS pretpostavke je definisan sa (1) kao model gde $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T$ označava vektor intenziteta (Banker i sar. 1984). Izlazno orijentisani radijalni DEA model (OOR DEA model) koji je određen sa (2) se odnosi na razvijanje izlaza posmatrane DMU koji mogu biti proporcionalno povećani bez promena ulaznih vrednosti (Banker i sar. 1984).

$$\theta^* = \min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^{m} s_i^- + \sum_{r=1}^{s} s_r^+\right) \qquad (1)$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io}, \quad i = 1,2,3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1,2,3, \dots, s;$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1;$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1,2,3, \dots, n.$$

$$\phi^* = \max \phi - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^{m} s_i^- + \sum_{r=1}^{s} s_r^+\right) \qquad (2)$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1,2,3, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi y_{ro}, \quad r = 1,2,3, \dots, s;$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1;$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1,2,3, \dots, n.$$

Kod modela predstavljenih sa (1) i (2), DMUo označava jednu od n DMU unutar granice efikasnosti, dok x_{io} i y_{ro} označavaju i-ti ulaz i r-ti izlaz za DMUo, respektivno. Dalje, s_i^- je ulazni slak kao višak u ulazu, a s_r^+ je izlazni slak koji predstavlja manjak u izlazu. U funkciji cilja oba modela, ε označava ne-Arhimedovo ε.

Konačno, u ovim modelima, θ^* i ϕ^* označavaju ulazno orijentisane i izlazno orijentisane radijalne ocene efikasnosti posmatrane DMU*o*, respektivno. Prema oba modela, DMU*o* je efikasna ako i samo ako je $\theta^* = 1$ (model (1)) ili $\phi^* = 1$ (model (2)) i $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$ za svako i i r. Ako $\theta^* = 1$ ili $\phi^* = 1$ i $s_i^{-*} \neq 0$ i (ili) $s_r^{+*} \neq 0$ za neke i i r, onda DMU*o* je slabo efikasna. Seiford i Thrall (1990) su izveli vezu između ova dva modela. Ovi autori su pokazali ako je θ^* optimalno rešenje modela (1), postoji odgovarajuće optimalno rešenje ϕ^* modela (2) tako da je $\phi^* = \frac{1}{\theta^*}$.

2.2 Neradijalna merenja efikasnosti primenom DEA modela

Za razliku od radijalnih DEA modela koji optimiziraju sve ulaze ili izlaze posmatrane DMU u određenom odnosu, neradijalni DEA modeli dopuštaju neradijalno smanjenje pozitivnih ulaza ili povećanje pozitivnih izlaza. Za DMU*o*, ulazno orijentisani i izlazno orijentisani neradijalni DEA modeli (IONR i OONR DEA modeli) unutar VRS pretpostavke su određeni sa (3) i (4), respektivno (Färe i Lovell, 1978).

$$\theta^* = \min\left(\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\theta_i - \varepsilon\sum_{r=1}^{s}s_r^+\right) \qquad (3)$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} = \theta_i x_{io,} \quad i = 1,2,3,\dots,m;$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro,} \quad r = 1,2,3,\dots,s;$$

$$\theta_i \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j = 1;$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1,2,3,\dots,n.$$

$$\phi^* = \max\left(\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\phi_r - \varepsilon\sum_{r=1}^{s}s_r^+\right) \qquad (4)$$

Uz uslove:

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io,} \quad i = 1,2,3,\dots,m;$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj} = \phi_r y_{ro,} \quad r = 1,2,3,\dots,s;$$

$$\phi_r \geq 1;$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j = 1;$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1,2,3,\dots,n.$$

Kao što je na to već ukazano, ulazni slakovi ne postoje u ulazno orijentisanom neradijalnom DEA modelu (model (3)), a izlazni slakovi ne postoje u izlazno orijentisanom neradijalnom DEA modelu (model (4)). Za (3), to je jer $\theta_i^* \leq 1$, $\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\theta_i^* \leq 1$ i $\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\theta_i^* = 1$ ako i samo ako je $\theta_i^* = 1$ za svako i. Tako, $\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\theta_i^*$ može biti

korišćen kao efikasan pokazatelj. Analogno, za (4), to je jer $\phi_r^* \geq 1$, $\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\phi_r^* \geq 1$ i $\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\phi_r^* = 1$ ako i samo ako je $\phi_r^* = 1$ za svako r. Zbog toga, $\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\phi_r^* = 1$ može biti korišćen kao pokazatelj efikasnosti.

3. NUMERIČKI PRIMER

Ocenjivanje efikasnosti korišćenjem radijalnog i neradijalnog merenja efikasnosti predstavljeno je na izabranom numeričkom primeru koji uključuje 16 jedinica odlučivanja (DMU). Izabrane DMU predstavljaju posebne organizacione jedinice posmatrane logističke organizacije koja se bavi distribucijom robe. Svaka DMU je definisana sa tri ulazne i dve izlazne kvantitativne promenljive. Ulazi su okarakterisani sa brojem vozača, količinom utrošenog goriva izraženog u tonama i troškovima izraženim u hiljadama evra u određenom vremenskom periodu. Ovi troškovi pored troškova goriva obuhvataju i sve ostale troškove povezane sa radom posmatrane organizacione jedinice. Izlazi su određeni sa ukupnim ostvarenim prihodima po osnovu distribucije robe izraženim u hiljadama evra, kao i ponderisanim brojem jedinica distribuirane robe za isti vremenski period. Ukupan broj (n) razmatranih DMU ispunjava uslov da je $n \geq \{m \times s, 3 \times (m + s)\}$ kao što je to utvrđeno u (Cooper i sar, 2007), gde oznake m i s označavaju ukupan broj ulaza i ukupan broj izlaza posmatrane DMU, respektivno. Opisne statistike prosečnih vrednosti za ulazne i izlazne promenljive su date u Tabeli 1.

Tabela 1. Opisne statistike za prosečne vrednosti ulaznih i izlaznih promenljivih

Ulazi i izlazi	Srednja vrednost	Standardna devijacija	MAX	MIN
Ulaz 1	16	8	30	3
Ulaz 2	34.81	13.43	50	12
Ulaz 3	76.38	18.16	100	49
Izlaz 1	209.25	65.46	359	103
Izlaz 2	381.50	52.75	498	308

4. REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom radu izvedena je analiza efikasnosti za svaku posmatranu DMU koja je modelirana kao višeulazna i višeizlazna jedinica korišćenjem DEA. Za ovu svrhu primenjeni su radijalni i neradijalni DEA modeli unutar VRS pretpostavke na izabranom numeričkom primeru. U prvom delu rezultati su razvijeni pod pretpostavkom da DMU ima bolje ishode ako koristi manji ili u graničnom slučaju jednak nivo ulaza za pravljenje postojećeg nivoa izlaza. S obzirom na to da se analiza usredsređuje na ulazne promenljive, rezultati su izvedeni korišćenjem IOR i IONR DEA modela (videti modele određene sa (1) i (3)). Analitički rezultati ovih merenja su predstavljeni u Tabeli 2.

Na osnovu izračunavanja procenjeno je da je prosečna efikasnost posmatranih DMU oko 77% na osnovu radijalnog merenja, a oko 59% na osnovu neradijalnog merenja. Rezultati u kolonama 2 i 3 Tabele 2 ukazuju da postoje značajne varijacije u efikasnosti DMU sa vrednostima u rasponu između 30% i 100%. Obe radijalne i neradijalne DEA ocene ukazuju da DMU2, DMU4, DMU7 i DMU8 imaju efikasan status. Dalje, moglo bi da se prihvati da sve DMU koje imaju IOR i IONR DEA ocene preko ili približno jednake prosečnim vrednostima (0.77384 i 0.59331) imaju dobre ishode. Ovde, takav status ima jedino DMU1 sa IOR i IONR ocenama 0.89728 i 0.75141, respektivno. Ostale DMU iz posmatranog skupa imaju viškove u ulazima što može da se okarakteriše kao neumerenost u korišćenju ulaza. Zbog toga, ove DMU imaju značajne mogućnosti za poboljšanje kapaciteta svojih ishoda, gde prema oba pokazatelja IOR i IONR prednjači DMU15.

Sledeća kolona Tabele 2 pokazuje DMU (označene brojevima) koje mogu da budu odgovarajući benčmarkovi za svaku neefikasnu DMU. Na primer, radijalna efikasnost od 0.55367 i neradijalna efikasnost od 0.40597 za DMU3 su dobijene koristeći prosečne težinske koeficijente jedinica DMU4 i DMU8 kao odgovarajućih benčmarkova. Može da se uoči da je DMU4 jedna od 4 najboljih DMU, kao i da se ova DMU uvek pojavljuje kao odgovarajući benčmark kod neefikasnih DMU.

Tabela 2. Ulazno orijentisani radiajalni i neradijalni DEA rezultati

DMU	Radijalne DEA ocene	Neradijalne DEA ocene	Referentni skup	Tekući-radijalni-neradijalni ulazi		
				Ulaz 1	Ulaz 2	Ulaz 3
DMU1	0.89728	0.75141	4, 8	5-3-3	19-13-13	55-49-49
DMU2	Efikasna	Efikasna	2	9-9-9	34-34-34	86-86-86
DMU3	0.55367	0.40597	4, 8	12-4-4	42-14-14	90-50-50
DMU4	Efikasna	Efikasna	4	4-4-4	15-15-15	50-50-50
DMU5	0.83999	0.50700	4, 8	17-4-4	29-14-14	59-50-50
DMU6	0.69048	0.47340	2, 4, 7	12-5-4	48-16-17	75-52-53
DMU7	Efikasna	Efikasna	7	28-28-28	46-46-46	100-100-100
DMU8	Efikasna	Efikasna	8	3-3-3	12-12-12	49-49-49
DMU9	0.85165	0.49205	4, 7	28-7-7	47-18-18	65-55-55
DMU10	0.56932	0.32970	4, 8	30-4-4	45-14-14	87-50-50
DMU11	0.59251	0.48722	4, 8	11-4-4	24-14-14	94-50-50
DMU12	0.73400	0.49871	4, 8	14-4-4	19-14-14	99-50-50
DMU13	0.56945	0.38114	4, 8	22-4-4	33-14-14	87-50-50
DMU14	0.70133	0.41658	4, 7	26-5-5	45-16-16	74-52-52
DMU15	0.51728	0.31036	4, 8	19-3-3	50-12-12	95-49-49
DMU16	0.86441	0.43944	4, 8	17-3-3	49-13-13	57-49-49
Prosek	0.77384	0.59331		16-6-6	35-17-17	76-56-56

Ostale kolone Tabele 2 nude optimalne vrednosti za ulazne promenljive za svaku DMU koja je određena kao neefikasna. Na primer, prema radijalnom merenju, optimalne vrednosti tri posmatrana ulaza za DMU6 su 5, 16 i 52, dok su prema neradijalnom merenju 4, 17 i 53, respektivno. Za ostale neefikasne DMU, optimalne vrednosti ulaza su iste prema oba merenja. Tako, na primer, DMU15 koja ima najveću mogućnost za poboljšanje treba da trenutne vrednosti ulaza od 19, 50 i 95 svede na 3, 12 i 49, respektivno.

Za razliku od rezultata u prvom delu, u drugom delu dobijeni se rezultati povezani sa izlaznim promenljivim veličinama. Konkretno, za svaku posmatranu DMU ispitano je kako se upotreba ulaza i njihova potrošnja odražavaju na izlaze. Zbog toga korišćena su izlazno orijentisana radijalna i neradijalna DEA merenja. Izlazno orijentisani DEA rezultati za obe izlazne varijable su prikazani u Tabeli 3. Kolone 2 i 3 Tabele 3 pokazuju DEA ocene dobijene izlazno orijentisanim radijalnim i neradijalnim merenjima efikasnosti. Za posmatrana dva izlaza, ova dva merenja daju različite rezultate, a granicu efikasnosti prave kao u prvom slučaju DMU2, DMU4, DMU7 i DMU8. Jedinice odlučivanja koje se nalaze na granici efikasnosti nemaju sposobnost da poboljšaju svoje izlaze jer svaka od ovih DMU je okarakterisana DEA ocenom koja ima vrednost 1. To znači da su njihove trenutne vrednosti za izlaze ujedno i optimalne vrednosti. Za ostale DMU važi da mogu potencijalno da poboljšaju tekuće izlaze korišćenjem trenutnih ulaza bez povećanja ulazne potrošnje. U kolonama 4 i 5 Tabele 3 predstavljene su optimalne vrednosti izlaza za svaku od ovih jedinica.

Tabela 3. Izlazno orijentisani radiajalni i neradijalni DEA rezultati

DMU	Radijalne DEA ocene	Neradijalne DEA ocene	Tekući-radijalni-neradijalni izlazi	
			Izlaz 1	Izlaz 2
DMU1	1.16883	1.43994	165-274-283	359-420-418
DMU2	Efikasna	Efikasna	212-212-212	450-450-450
DMU3	1.22533	1.30329	250-306-306	320-442-442
DMU4	Efikasna	Efikasna	280-280-280	414-414-414
DMU5	1.20202	1.32928	202-294-294	357-429-429
DMU6	1.07440	1.19592	230-279-306	417-448-442
DMU7	Efikasna	Efikasna	359-359-359	498-498-498
DMU8	Efikasna	Efikasna	103-103-103	377-377-377
DMU9	1.03830	1.61951	138-304-304	423-439-439
DMU10	1.44729	1.58268	197-338-338	329-476-476
DMU11	1.15365	1.22412	234-303-303	380-438-438
DMU12	1.05945	1.19837	217-290-290	401-425-425
DMU13	1.27838	1.45796	199-326-326	362-463-463
DMU14	1.12339	1.12960	283-318-318	400-454-454
DMU15	1.53807	2.04148	128-289-329	309-475-467
DMU16	1.38234	1.65494	151-291-291	308-426-426
Prosek	1.16822	1.32357	209-285-290	382-442-441

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Ovaj rad prikazuje radijalno i neradijalno merenje efikasnosti na izabranom numeričkom primeru koji uključuje više jedinica odlučivanja (DMU) korišćenjem analize obavijanja podataka (DEA). Rezultati ovih merenja potvrđuju pretpostavku da i radijalni i neradijalni modeli ocenjuju efikasnost tako što određuju istu granicu efikasnosti, ali mogu da naprave različite optimalne ciljne vrednosti za ulaze i izlaze. Pored toga, rezultati merenja efikasnosti su pokazali da je drugo merenje strože u ocenjivanju efikasnosti od prvog merenja. To znači da ocene efikasnosti izvedene neradijalnim DEA modelima su manje ili jednake od ocena efikasnosti dobijenih radijalnim DEA modelima.

Konkretno, u ovom radu, na proizvoljno izabranom skupu DMU, primenjeni su ulazno orijentisani i izlazno orijentisani radijalni i neradijalni DEA modeli u zavisnosti od toga da li se merenje efikasnosti usredsređuje na ulaze ili izlaze. U prvom slučaju, usmeravajući se na ulaze, rezultati omogućavaju da se pronađu jedinice odlučivanja sa najvećim kapacitetom i dobrim ishodima, kao i one sa malim kapacitetom i siromašnim ishodima. U drugom slučaju, usredsređujući se na izlaze, za svaku posmatranu DMU, pronađeno je kako se upotreba i potrošnja ulaza odražavaju na izlaze. U vezi s tim, uočeno je da DMU može biti efikasna ili neefikasna u upotrebi ulaza u odnosu na ostvarene izlaze. Za posmatrani slučaj jedinica odlučivanja koje obavljaju disribuciju robe, s jedne strane, pronađene su optimalne vrednosti u vezi sa brojem vozača, potrošnjom goriva i troškovima, dok s druge strane, određene su optimalne vrednosti u vezi sa ciljnim prihodima i brojem jedinica prevezene robe.

6. LITERATURA

Andrejić, M, & Kilibarda, M. (2016). Measuring global logistics efficiency using PCA-DEA approach. Tehnika, 63(5), 733-740.

Andrejić, M., Bojović, N., & Kilibarda, M. (2013). Benchmarking distribution centres using principal component analysis and data envelopment analysis: a case study of Serbia. Expert Systems with Applications, 40(10), 3926-3933.

Banker, R. D., & Morey, R. C. (1986). Efficiency analysis for exogenously fixed inputs i outputs. Optical Research, 34(4), 513-521.

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30(9), 1078-1092.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, *2(6), 429-444.*

Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver Software. (2nd ed.). New York: Springer.

Emrouznejada, A., & Yang, G-I. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. Socio-Economic Planning Sciences, 61, 4-8.

Färe, R., & Lovell, C. A. K. (1978). Measuring the technical efficiency. Journal of Economic Theory, 19(1), 150-162.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of Royal Statistical Society A, 120(3), 253-290.

Fukuyama, H. (2014). Radial efficiency measures in data envelopment analysis. In J. Wang (Eds.), Encyclopedia of business analytics and optimization (5 Volumes) (1967-1976). Hershey (Pennsylvania): IGI Global.

Markovits-Somogyi, R., & Bokor, Z., (2014). Assessing the logistics efficiency of European countries by using the DEA-PC methodology. Transport, 29(2), 137-145.

Martí, L., Martín, J. C., & Puertas, R. (2017). A DEA-logistics performance index. Journal of Applied Economics, 20(1), 169-192.

Ming-Miin, Y., & Bo, H. (2016). Measuring the technology gap and logistics performance of individual countries by using a meta-DEA–AR model. Maritime Policy & Management, 43(1), 98-120.

Ralević, P. (2014). Model optimizacije resursa javnog poštanskog operatora baziran na merenju efikasnosti pružanja poštanskih usluga. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd.

Ralević, P., Dobrodolac, M., Marković, D. (2016). Using a nonparametric technique to measure the cost efficiency of postal delivery branches, Central European Journal of Operations Research, 24(3), 637-657.

Seiford, L. M., & Thrall, R. M. (1990). Recent developments in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis. Journal of Econometrics, 46(1-2), 7-38.

Wong, W. P., & Tang, C. F. (2018). The major determinants of logistic performance in a global perspective: evidence from panel data analysis. International Journal of Logistics Research and Applications, 21(4), 431-443.

Zhu, J. (2003). Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets and DEA Excel Solver. Boston: Kluwer Academic Publishers.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

TECHNICAL TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DELHAIZE STARA PAZOVA DISTRIBUTION CENTER

TEHNIČKO TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE DISTRIBUTIVNOG CENTRA DELHAIZE STARA PAZOVA

Rade Petrović[a], Marko Vasiljević[a], Željko Stjepanović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, petrovicrade4@gmail.com, marko.vasiljevic@sf.ues.rs.ba, zeljko.stjepanovic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Taking into account that the delivery of goods is carried out in the same way in the same way, where as a result we have a greater number of goods flows in the supply chain, this paper will show how the easier distribution of goods and capital in the presence of logistics elements in the distribution downtown Delhaize Stara Pazova. An overview description of the main characteristics of the distributive center has been provided as the significance of general consuption goods supply on the territory of the city of Belgrade. The distribution center is characterized and stands in comparison to other standard heart of the quality of logistics services. The construction of the distribution center and by connecting it to the global distribution network conditions have been created for the considerable increase in the productivity of logistic elements in all the total logistic system, Serbia. These distribution center is fully enabled the creation of an efficient distribution network solutions, increasing the efficiency of the implementation of commodity flows, opened the possibility of presence of local manufacturers and distributors of goods and capital at the regional and partly on the international level, which gives the terms and conditions for the total acceleration of the flow of goods capital and thus increases the efficiency of logistic elements.*

Key words: *commodity flows, goods supply, distribution center*

Apstrakt*: Uzimajući u obzir da isporuka robe u cijelom svijetu se vrši na isti način, gdje za posledicu imamo veći broj robnih tokova u lancu snabdijevanja, u ovom radu bit će prikazano na koji način je poboljšano lakše distribuisanje robe i kapitala uz prisustvo logističkih elemenata u distributivnom centru Delhaize Stara Pazova. Dat je pregled i opisane su glavne karakteristike distributivnog centra, važnost snabdijevanja robom široke potrošnje na teritoriji grada Beograda. Distributivni centar karakteriše i izdvaja u odnosu na druge standardne centre je kvalitet logističke usluge. Izgradnjom ovog distributivnog centra i njegovim povezivanjem u globalnu distributivnu mrežu stvoreni su uslovi za značajno povećanje produktivnosti logističkih elemenata u sve ukupnom logističkom sistemu Srbije. Navedeni distributivni centar u potpunosti je omogućio stvaranje efikasnog distributivnog mrežnog rješenja i povećao je efikasnost za realizaciju robnih tokova, otvorio je mogućnosti prisustva domaćih proizvođača i distributera robe i kapitala na regionalnom i dijelom na međunarodnom novou, što daje pretpostavku i uslove za ukupno ubrzanje protoka robe i kapitala samim tim se povećava efikasnost logističkih elemenata.*

Ključne riječi*: robni tokovi, snabdijevanje robom, distributivni centar.*

1. UVOD

Logistika je veoma stara oblast poslovanja koja se usavršavala paralelno s razvojem civilizacije. U savremenim uslovima poslovanja logistika se posmatra kao mlada naučna disciplina i istovremeno kao savremena i nova oblast poslovanja. Logistika kao pojam upotrebljava se u dva značenja kao naučna disciplina i specifična poslovna funkcija u okviru tehničkih, organizacionih, društvenih i drugih sistema. Kao nauka logistika predstavlja ekonomsku disciplinu koja ima svoje naučne ciljeve i metode. Izučava tokove i transformacije ekonomskih sadržaja u okviru poslovnih i drugih sistema i time daje naučna rješenja za ubrzavanje tokova materijala, povećanje efikasnosti i prevazilaženje prostorne i vremenske dinamike procesa reprodukcije. Kao poslovna funkcija, logistika predstavlja skup aktivnosti u organizaciji koje podržavaju izvršenje njegovog osnovnog zadatka i omogućavaju nesmetano odvijanje procesa reprodukcije prema (Vasiljević M., 2015.). U radu je dat pregled stanja, sistema skladištenja robe, distribucije robe iz distributivnog centra Delhaize iz Stare

Pazove do maloprodajnih objekata širom Srbije, bitno je napomenuti da je distributivni centar udaljen od centra Beograda 33 kilometra. Kompanija je primijenila novi način poslovanja online digitalizacijom prodaje proizvoda i prepoznatljiva je na prostorima Srbije i regiona po proizvodima iz svog asortimana koji su privatni brend u vlasništvu trgovinskog lanca.

2. OPŠTE KARAKTERISTIKE KOMPANIJI DELHAIZE

Kompanija Delhaize Group je međunarodni lanac maloprodajnih objekata iz Belgije koji djeluje u jedanaest zemalja na tri kontinenta, Sjedinjenim Američkim Državama, Belgiji, Jugoistočnoj Evropi i Aziji. Kompanija je vodeći svjetski maloprodajni lanac sa 6.500 prodavnica širom svijeta i sa 370.000 saradnika, nedjeljno opslužuje 50 miliona zadovoljnih kupaca. Poseban osvrt u radu bit će na djelovanju kompanije Delhaize na poslovnom tržištu Srbije. Moto kompanije jeste da snagu komapnije čine njeni zaposleni. Danas kompanija Delhaize zapošljava preko 12.500 ljudi u Srbiji, koji opslužuju 1,2 miliona zadovljnih kupaca na mjesečnom nivou. Kao lider u maloprodaji na prostoru Srbije posluju na različitim formatima i ostvaruju godišnje prihode od skoro 800 miliona EUR-a i svrstavaju se među prvih pet uspješnih poslodavaca u Srbiji. Stalna ulaganja u rast, razvoj i zadržavanje zaposlenih ogledaju se u činjenicama što pokazuju i istraživanja da zaposleni ostvaruju rezultate koji su iznad prosjeka za maloprodaju.

2.1. Poslovanje kompanije Delhaize na prostoru Srbije

Kompanija je najveći Retail lanac u Srbiji sa 423 maloprodajna objekta različitih formata, od najmanjih Shop&Go najčešćih u samom gradskom jezgru, preko Maxi supermarketa, do hipermarketa Tempo. Najmoderniji distributivni centar Delhaize Srbija, u čiju je izgradnju kompanija uložila 50 miliona EUR-a, otvoren je 2014.-te godine, smješten je na području opštine Stara Pazova. Na prostoru od 25 hektara distributibni centar sa pomoćnim objektima zauzima oko 80.000m^2, unutrašnje saobraćajnice zauzimaju oko 70.200m², ovo je prva faza objekta, u skorijoj budućnosti plan je da se objekat proširi na konačnih 125.000m^2. U distributivnom centru, po samom otvaranju zaposleno je 750 radnika, dok je do kraja 2014.-te zaposlenje dobilo još 400 radnika razne struke i profila. U skladu sa razvojnim planom kompanije do 2020.-te godine planiraju da zaposle dodatnih 350 radnika. Kompanija još od 2008. godine kao pionir projekat na tržištu Srbije pokrenula je program implementacije i zapošljavanja osoba sa invaliditetom kojima se pružaju jednake šanse za rad, danas kompanija zapošljava više od 250 osoba sa različitim invaliditetom širom Srbije. Od ukupnog broja zaposlenih kompanije 70% su žene, dok je u menadžmentu kompanije zaposleno 50% žena.

Plan menadžmenta kompanije bio je da se svakoga dana isporučuje iz distributivnog centra 7.000 paleta, taj plan je i ostvaren, zadražan je kontinuitet rasta, što je količina robe dovoljna za snabdijevanje 500 prodavnica koja može u potpunosti da podrži rastuću maloprodajnu mrežu ove kompanije. Objekat distributivnog centra je povezan sa tri ključna putna pravca Koridor 10, autoput E75 i obilaznica oko Beograda. Iz distributivnog centra dnevno kreće oko 250 drumskih vozila, a na raspolaganju je 120 utovarno-istovarnih rampi i više od 300 viljuškara.

Slika 1. Uprava kompanije Delhaize Srbija (lijevo) i distributivni centar Delhaize Stara Pazova (desno)

Izvor: https://www.wdconcordwestdoo.com; https://www.ekapija.com/real-estate/

2.2 Privatne robne marke kompanije

Kompanija je jedan od lidera u privatnim robnim markama. One su osvojile potrošače širom svijeta, zato što su potrošači uvidjeli da nije potrebno izdvajati više novca za proizvode koji su neophodni svaki dan. **Niža maloprodajna cijena postiže se tako što su troškovi marketinga minimalni, snižavaju se troškovi dizajniranja pakovanja, iz cijene se isključuju fiksni troškovi koje proizvođač ima u svojoj fabrici.** Privatni brend je marka proizvoda u vlasništvu trgovinskog lanca, koja se može kupiti isključivo u tom trgovinskom lancu.

Proizvodi Premia

Premia robna marka koja je po treći put dobitnik priznanja „Najbolje iz Srbije 2016". Premia kao brend na tržištu Srbije postoji od 2009. godine i do danas bilježi izuzetan rast, kako prodaje, tako i povjerenja potrošača. U kategoriji prehrane Premia je brend sa najvećim brojem proizvoda na tržištu Srbije. Preko 90% Premia proizvoda su domaćeg porijekla, ali se isto tako pod ovim brendom mogu naći proizvodi renomiranih proizvođača iz drugih zemalja: Njemačka, Španija, Italija, Holandija, Tajland, Vijetnam, Turska, Belgija, Grčka i Austrija.

Proizvodi Care i home

Briga o ljepoti i zdravlju je veoma važna. Care je pravi izbor koji će vam omogućiti da za sebe i svoju porodicu imate kompletnu njegu, a uz to čuva i budžet kupca. Širok asortiman proizvoda renomiranih proizvođača omogućiće vam da pronađete sve što vam treba. Care proizvode možemo naći u kategorijama kao što su: lična higijena i kozmetika, papirna galanterija i bebi kozmetika.

Home brend nudi veliki izbor kuhinjskog pribora, posuđa modernog dizajna i mnogih drugih proizvoda za domaćinstvo. Home obuhvata i proizvode sa kategorije kućnog tekstila, opreme za kupatilo, proizvode za domaćinstvo, kućnu hemiju i mnoge druge.

3. SKLADIŠNI PROSTOR DISTRIBUTIVNOG CENTRA DELHAIZE STARA PAZOVA

Skladište je prostor za uskladištenje robe u rasutom stanju ili u ambalaži, s namjerom da poslije određenog vremena roba bude uključena u daljni transport, proizvodnju, distribuciju ili potrošnju, u njemu se roba preuzima i otprema, čuva od raznih fizičkih, hemijskih i atmosferskih uticaja. Osnovne funkcije skladištenja robe su: prijem robe, identifikacija robe, sortiranje robe, otprema robe do mjesta gdje će se smjestiti, čuvanje robe, opoziv selekcija ili odabiranje robe, slaganje za isporuku, otprema pošiljke. Jedna od funkcija zaliha je izjednačavajući efekat i obezbjeđenje od nesigurnosti u snabdijevanju ukoliko dođe do otkaza odnosno dispozicije između ponude i tražnje, zalihe se moraju zaštititi, čuvati, dopremati i otpremiti, za šta je potreban određen prostor.

Distributivni centar raspolaže sa 83.000 paletnih mijesta, gdje posjeduju skladišni prostor od 70.200 m², što ga čini jednim od najvećih objekata ove namjene na Balkanu. Kompanija je uradila moderno skladište za čuvanje robe sa područje Srbije i regiona, regali su dužine 93 metra i visine 12 metara. Skladište je podijeljeno u dvije zone. Veličina A zone je veličine 46.000m² gdje postoji glavni i jedan potencijalni prolaz kroz regal. Dio B zone je namijenjen za minus režim, dok je zona A projektovana za ambijentalni režim. Veličina zone B je veličine 24.000m² koja je temperaturno kontrolisan dio ima četiri temperaturna režima u rasponu od -25°C do +4°C, sastoji se od komora za smrzutu robu, svježe meso, delikates, mlijeko i mliječene proizvode, voće i povrće. Skladište je urađeno po standardu o primjeni i održavanju skladišne opreme EN15635 prema najvišim svjetskim standardima. Distributivni centar je prilagođen najširem obliku reciklaže otpadnih voda, kao i reciklaže svih materijala koji se pojavljuju kao proizvodi u procesima skladištenja robe.

Slika 4.Unutrašnjost skladišnog prostora distributivnog centra Delhaize Stara Pazova

Izvor: https://www.google.com/distributivni centar delhaize stara pazova/

4. TRANSPORT ROBE DO MALOPRODAJNIH OBJEKATA

Polazeći od samog imena, latinske riječi transportus, može se reći da riječ transport u suštini znači prenošenje ili prevoženje putnika i robe. Pod transportom prema u širem smislu podrazumijevaju se sve aktivnosti neophodne za obavljanje prevoza i drugih prevoznih radnji, čuvanja i obezbjeđenja stvari i dokumentacije tokom transportnog procesa, kojima se mijenjaju prostorne karakteristike odnosno koordinate tereta u prostoru označavaju se kao čist transportni prevoz odnosno utovar, istovar ili čist pretovar. Transportom se obavljaju različite funkcije: utovar, prevoz, istovar, pretovar i čuvanje materijala, poluproizvoda i proizvoda u toku navedenih radnji.

Kada je riječ o transportu robe kompanija **danas koristi vlasitih 50 transportnih vozila, a p**reko svojih poslovnih partnera koriste još do 180 vozila različite nosivosti, tako da ukupno oko 230 vozila različite nosivosti prevozi robu svakog dana od centralnog skladišta do 423 maloprodajna objekta koliko ih trenutno ima u Srbiji, u potpunosti obezbjeđuju očuvanje kvaliteta robe, potpunu kontrolu temperature tokom transporta. Kompanija je pristupila primjeni jednog osnovnog koncepta logistike sabiranju zahtjeva u vremenu i prostoru i centralizovanju svojih isporuka, unapređenja usluge u maloprodajnim objektima integrisanim posmatranjem čitavog lanca snabdijevanja od police do izvora nabavke različitih formata. Specifičnost u ovom dijelu transporta jesu objekti koji se nalaze na raznim lokacijama, u svojoj dostavi robe imaju četiri razna banera dostave, koji imaju četiri različite specifičnosti koje treba podmiriti odnosno izvršiti distribuciju robe ka svima njima što je jeftinije moguće. Osnova transporta robe jeste optimizovanje transportnog troška same distribucije robe. Glavni izazov u transportu robe prema maloprodajnim objektima jeste što u svakom danu količina robe koja se isporučuje varira. Dodatne specifičnosti jesu što imaju objekte u centru grada kojima se može pristupiti samo u određenom dijelu dana ili im se može pristupiti nakon određenog dijela dana. Dok drugi objekti su preveliki pa njima distribuciju robe vrše određenom strukturom vozila najvećom mogućom, dok za ostale objekte koriste manja transportna vozila. Posao transporta robe u ovoj kompaniji je dinamičan radi se u tri smjene, gotovo nikada se ne staje, pa se moraju konstantno organizovati kako bi krajnji kupac bio što je bolje moguće uslužen.

5. ONLINE TRGOVINA I SPECIFIČNOSTI DOSTAVLJANJA ROBE KUPCIMA U KOMPANIJI DELHAIZE SRBIJA

Elektronsko poslovanje predstavlja izvršavanje poslovnih transakcija preko internet, a te mogućnosti su: direktna prodaja korisnicima, raspoloživost 24 časa sa bilo koje lokacije, širi asortiman proizvoda i agregiranje informacija, brzi plasma novih proizvoda, fleksibilnost vezana za cijenu, prilagođavanje cijena i usluga, efikasan transfer novčanih sredstava, manja vjerovatnoća nedostatka zaliha, ovakšano poslovanje.

Kompanija **„Ahold Delhaize Grupe“** je jedan od lidera na svjetskom tržištu u ovom segmentu poslovanja kroz **Peapod, Bol.com**, kao i druge online ponude razvijene na različitim tržištima. Srbija i regija su u početnoj fazi prodaje namirnica putem interneta, ali jasno je da će budućnost maloprodaje izgledati prilično drugačije nego danas. Kompanija Delhaize Srbija je specifična u odnosu na druge kompanije, jer je primijenila novi način elektronske usluge poslovanja online digitalizacijom prodaje što se tiče brenda Maxi i Maxi online koji su lideri

digitalnih promocija kupovine putem online u Srbiji još od 2017. godine. Digitalna prodavnica online pomaže potrošačima u kupovini tako da radnici prodavnice dostavljaju robu kupcu na kućnu adresu i to je osnovni cilj ovog načina kupovine. Maxi digitalna prodavnica nudi novo iskustvo potrošačima na prostoru Srbije, ona je optimizovana i digitalizovana gdje potrošač pristupa aplikaciji putem mobilnog telefona ili računara i naručuje robu kako bi se olakšala njegova kupovina, najbitnija stvar jeste da je prodavnica dostupna 24 časa svih 7 dana. Kupac sam bira kada želi da mu se dostavi roba na kućnu adresu ili bilo koju adresu koju kupac odredi. Važno je napomenuti da usluga isporuke robe na kućnu adresu je besplatna, prodavnica je prilagođena za pravna i fizička lica. Maxi Online shop korisnicima omogućava plaćanje gotovinom ili platnim karticama prilikom isporuke robe. Logistika u ovom slučaju daje vrijednost proizvodima čineći ih dostupnim na pravom mjestu i u pravo vrijeme. S toga realan cilj logistike je balans između usluga koje se daju kupcima i troškova njegovog ostvarenja. Ukoliko je proizvod dostupan na mjestu gdje za njim postoji potreba tada je logistika pružila dodatnu pogodnost vezanu za lokaciju, ako se isporuči pravovremeno tada logistika ima dodatnu vremensku pogodnost.

6. VIZIJA I STRATEGIJA UNAPREĐENJA POSLOVANJA KOMPANIJE DELHAIZE NA PROSTORU SRBIJE

Kompanija ima definisanu viziju poslovanja i svog djelovanja na prostoru Srbije, vrijednosti, strategiju i specifičnosti u odnosu na ostale kompanije koje se bave distribucijom i prodajom namirnica hrane. Postavljena vizija i vrijednost baziraju se na: ekonomskom rastu i razvijanju kompanije, efikasnošću i tržišnoj održivosti na prostoru Srbije. Bitne odlike vizije kompanije su: distribucija hranjivih namirnice, prvenstveno zdravih, dostupnih na pravom mjestu i u pravo vrijeme i održivost kompanije na poslovnom planu. Kompanija svakodnevno teži da obogati život svojih kupaca, poslovnih partnera i saradnika kao i lokalne zajednice gdje svoje poslovanje unapređuju na održiv način. Održava poslovne veze sa svim poslovnim partnerima i saradnicima u okviru formirane grupe. Kontinuirano obučavanje zaposlenog kadra posebno onih iz menadžmentu kompanije kroz razne vrste obuke i seminare, gdje se razvija talenat zaposlenih i stvaraju inovacije svojih novih brendova. Menadžement kompanije u potpunosti podržava, poštuje i inspiriše svaku ideju zaposlenih po pitanju inovacija, a sve u funkciji stvaranja kapitala i dodatne vrijednosti. Kompanija shodno viziji poslovanja i vrijednostima ima dosta specifičnih principa poslovanja od kojih se izdvajaju najbitniji, a to su:

- Svakodnevna komunikacija sa kupcima putem anketiranja, razvijanje strategije poslovanja u skladu sa primljenim povratnim informacijama od strane kupaca,
- Kreiranje poslovanja sa zajedničkom jedinstvenom razvojnom vizijom i vrijednošću u okviru djelovanja u poslovnoj grupi,
- Poklanjaju posebnu pažnju poslovnom širenju i zaštiti značajnih tržišta sa akcentom u ovom slučaju na prostor Srbije,
- Poboljšavaju produktivnosti kompanije kreiranjem odgovarajuće vrijednosne pozicije,
- Lideri su u održivom poslovanju na prostoru Srbije,
- Tim kompanije čine vrhunski stručnjaci iz različitih oblasti, s odličnim poslovnim rezultatima,
- Vizija kompanije jeste što je poslovanje jednostavnije to je bolje.

Razvojna strategije kompanije je da u skorijoj budućnosti dođu do željenog proširenja distributivnog centra Delhaize Stara Pazova na konačnih 125.000m^2 povećanje broja maloprodajnih objekata uskladu sa razvojnim planom i u skladu sa planom zapošljavanja do 2020.-te godine zaposle još dodatnih 350 radnika raznih profila kako bi unaprijedili bolje poslovanje. Kompanija svakodnevno kroz komunikaciju i anketiranje sa kupcima prati njihove potrebe i u skladu sa tim razvijaju strateški plan pokrivanja cijele teritorije Srbije sa novim načinom elektronske usluge poslovanja online digitalizacijom prodaje što se tiče svojih maloprodajnih objekata, oni su već lideri digitalnih promocija kupovine putem online u Srbiji. U funkciji razlike od drugih kompanija asortiman se prilagođava zahtjevima lokalnih kupaca, razvijanjem dodatnih privatnih robnih marki i brendova, cijene trebaju biti prihvatljive za sve kupce primjenjujući savremenu tehnologiju u poslovanju.

7. ZAKLJUČAK

Prikazano je poslovanje kompanije Delhaize koja ukazuju na to da ista ima vrlo značajan tržišni udio u ukupnim poslovnim prihodima na maloprodajnom tržištu u Srbiji. Ona praktično u velikoj mjeri "diktira" uslove poslovanja na tržištu Srbije. Od početka poslovanja i izgradnje distributivnog centra 2014. godine, kompanija stalno ostvaruje pozitivne poslovne i financijske rezultate u Srbiji, značajnu posvećenost daje unapređenju kvaliteta održivog izvještavanja u segmentu poslovanja. Ove aktivnosti se u potpunosti odražavaju na njezine

ukupne finansijske i poslovne performanse. Nastavkom ovog načina i razvoja kompanije u skorijoj budućnosti će doći do željenog proširenja distributivnog centra Delhaize Stara Pazova na konačnih 125.000m^2 i u skladu sa razvojnim planom do 2020.-te godine da zaposle još dodatnih 350 radnika.

U cilju poboljšanja poslovnih i finansijskih performansi u budućnosti kompanija Delhaize u Srbiji treba preduzimati relevatne mjere po pitanju upravljanja troškovima u kompaniji, stalnom unapređenju odnosa sa dobavljačima kao i kupcima, uvođenjem modernih i inovativnih tehnologija u rad posebno kad je u pitanju unapređenje kvaliteta domaćih brendova.

Kompanija će nastavkom primjene osnovnog koncepta logistike sabiranje zahtjeva u vremenu i prostoru i centralizovanju svojih isporuka, unaprijediti usluge bržeg dostavljanja robe do maloprodajnih objekata, samim tim će smanjiti troškove transporta, a krajni potrošač će dobiti gotove finalne proizvode po nižim i povoljnijim cijenama.

Nastavkom proširenja digitalnih usluga online trgovine dat će kompaniji bolju poziciju i privući će veće povjerenje građana u rad kompanije. Stalan promotivni rad daje rezultat povećanja prodaje, a to dovodi do značajnog upravljanja profitom u Srbiji.

8. LITERATURA

Adamović M., Uvod u saobraćaj, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1993. godina.

Beker I., Stanivuković D., Logistika-organizacija i menadžment, Saobraćajni fakultet, Novi Sad, 2003. godina.

Božičković, Z., Stjepanović, Ž., Upravljanje informacijama u logistici, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, 2013. godina.

Banjanin, M., Marketing logistika, Megatrend, Beograd, 2002. godina.

Vukićević S., Skladišta, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1995.godina.

Vasiljević M., Logistika u saobraćaju, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, 2015. godina.

Vasiljević M., Stević Ž., Logistički kontroling, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, 2018. godina.

Golubović V., Logistika, Megatrend, Beograd, 2009. godina.

Lukic R., Evaluacija poslovnih performansi u maloprodaji, Ekonomski fakultet, Beograd, 2011. godina

Marković N., Poslovna logistika, Novi Sad, 2006. godina

Regodić D., Logistika, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2011. godina

Regodić D., Logistika, četvrto izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2014. godina

Tanacković I., Stojić G., Logistika, fakultet za poslovni menadžment, Bar, 2008. godina.

http://plutonlogistics.com/logistika/ kompanija delhaize/

https://www.maxi.rs/ownbrand

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

TRADE TRANS RAILPORT INTERMODAL TERMINAL – LOCATION DETERMINATION MODEL

TRADE TRANS RAILPORT INTERMODALNI TERMINAL – MODEL ODREĐIVANJA LOKACIJE

Biljana Mićić[a]

[a] *'TRADE TRANS TERMINAL Doboj', Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, biljana_mcc@yahoo.com*

Apstract: *Intermodal transport represents an imminent segment in optimizing the flow of goods flows. The places of transformation of commodity streams, or changes in the mode of transport, and the terminals play a key edge in enabling the functioning of intermodal transport. The paper presents the TRADE TRANS RALIPORT intermodal terminal in Arad as a kind of "dry port" according to location characteristics. The segments of the terminal location as well as the ways of attracting the goods flow into the defined gravitational area were examined. The functionality of the terminal was analyzed in a multi year scenerio and provides a good example of practice, which is located according to location selection criteria that do not agree with the theoretical models for determining the optimal location of such systems. The aim is to demonstrate, through a practical example, the lack of theoretical models for determining the macro and micro locations of logistics systems.*

Key words: *intermodal terminals, TRADE TRANS RAILPORT ARAD, optimal location of terminal*

Apstrakt: *Intermodalni transport predstavlja neizostavan segment prilikom optimizacije kretanja robnih tokova. Mjesta transformacije robnih tokova odnosno promjene vida transporta to jest terminali igraju ključnu ulugu u omogućavanju funkcionisanja intermodalnog transporta. U radu je predstavljen intermodalni terminal TRADE TRANS RALIPORT u Aradu. Sagledani su segmenti lociranja terminala kao i načini privlačenja robnih tokova u defInisano gravitaciono područje. Analiziran je rad terminala na višegodišnjem nivou te je predstavljen jedan dobar primjer prakse funkcionisanja terminala koji je lociran po kriterijumima izbora lokacije koji se ne slažu sa teoretskim modelima određivanja optimalne lokacije ovakvih sistema. Cilj je da se kroz praktičan primjer prikaže manjkavost teoretskim modela za određivanje makro i mikro lokacije logističkih sistema.*

Ključne riječi: *intermodalni terminal,TRADE TRANS RAILPORT ARAD, optimalna lokacija terminala*

1. UVOD

Intermodalni transport predstavlja neizostavan segment savremene organizacije kretanja robnih tokova od izvorišta do odredišta. Neupitan je značaj intermodalnog transporta u cjelokupnom transportnom sistemu svih vidova saobraćaja. Sam intermodalni transport iskorištava prednosti korištenja različitih tranportnih sredstava, te sa logističkog aspekta kreira optimalne načine prevoza robe koji su najpodobniji kako sa ekonomskog tako i sa funkcionalnog, strateškog i ekološkog aspekta.

S druge strane, intermodalni transport ima veoma značajnu ulogu u saobraćajnoj politici Evropske Unije. Cilj transportne politike je da se omogući smanjenje transportnih i logističkih troškova, da se omogući povoljnije oblikovanje transportnih sistema, da se postigne racionalna potrošnja energije, očuvanje životne sredine i poboljšanje sigurnosti u transportu i uopšteno u odvijanju saobraćaja.

Suština intermodalnosti je poboljšavanje povezanosti između svih vidova transporta kao i njihova integracija u jedinstven sistem. Sve pomenuto se postiže uz pomoć terminala koji predstvaljaju glavni sistem za povezivanje različitih vidova transporta u procesu realizacije transportne usluge. Cilj ovog rada je da se na praktičnom primjeru pokaže kako sam terminal svojim puštanjem u rad kreira pogodne uslove za sopstveno uspješno funkcionisanje uprkos lošim početnim prognozama i samim izborom lokacije terminala koji se ne slaže sa teoretskim modelima određivanje makro i mikro lokacije terminala.

2. INTERMODALNI TRANSPORT I INTERMODALNI TERMINALI – TEORIJSKI ASPEKTI

Jedna od najbitnijih definicija intermodalnog transporta je ona koju je istakla Konferencija evropskih ministara transporta (European Conference of Ministers of Transport, ECMT) koja glasi: ″ Kretanje robe (u jednoj te istoj utovarnooj jedinici ili vozilu), pri kojem se uzastopno koristi više različitih vidova transporta (drumski, željeznički, vodeni ili vazdušni), a bez rukovanja samom robom kod promjene transportne grane u transportnom lancu „od vrata do vrata“ (ECMT).

Osnovna prednost intermodalnog transporta je ta što omogućuje u jednom putovanju kombinaciju specifičnih prednosti svakog vida transporta: fleksibilnost drumskog transporta, veliki kapacitet željeznice i niske troškove prevoza unutrašnjim plovnim putevima i morem.

Jedan od najvažnijih podsistema intermodalnog transporta su svakako intermodalni terminali. Intermodalni terminal se odnosi na vrstu terminala na području kojeg se izvršavaju operacije pretovara intermodalnih jedinica transporta sa jedne na drugu vrstu transporta. U zavisnosti prema broju vrsta transporta koje su prisutne ovakvi terminali mogu biti sljedeći: unimodalni, bimodalni te trimodalni terminali.

Idealan intermodalni terminal nije određena fizička konfiguracija kolosijeka i staza, već organizacija usluga integrisana sa fizičkim postrojenjem koje zadovoljava poslovne potrebe određenog tržišta (Bask, 2011).

Ove fizičke konfiguracije mogu imati različite oblike i na njih utiču mnogi različiti činioci kao što su okruženje, blizina morskih luka ili većih industrijskih kompleksa, položaj u odnosu na glavnu željezničku infrastrukturu ili udaljenost od mreže glavnih drumskih saobraćajnica u državi.

Ne postoji opšti dogovor o mjerenju učinkovitosti terminla, međutim ukupna vremena tranzita i što je još važnije, pouzdanost vremena tranzita kupci najčešće navode kao ključne faktore izbora (Bask, 2011).

Prema autorima, postoje tri glavna područja djelovanja vezana za: korisničku službu, operativnu učinkovitost i produktivnost terminala. Većina mjera performansi koja se koriste u nadzoru terminala jesu djelimični pokazatelji produktivnosti, pri čemu su ključna pitanja tranzitno vrijeme i pouzdanost tranzitnog vremena (Caris, 2008). Stoga, vrijeme obrade kupaca i vremena prolaska voza ključni su pokazatelji uspješnosti terminala.

Ostali pokazatelji učinkovitosti terminala odnose se na produktivnost postrojenja i ljudskih resursa i operativne troškove po jedinici proizvedene usluge (Caris, 2008).

Izbor optimalne lokacije terminala se vrši pomoću dobro poznatih pravila definisanja mikro i makro lokacijskih uslova. Veoma je rizično ulagati u izgradnju terminala bili u oni u javnom ili privatnom vlasništvu ukoliko isti ne zadovoljavaju uslove mikro i makro lokacije koji u najvišoj mjeri govore o transportnoj povezanosti i mogućnosti privlačenja i povezivanje robnih tokova u gravitacionom području terminala.

Mnogi modeli vezani za transport u literaturi su korišteni za pronalaženje optimalnog položaja intermodalnih terminala, kao što su (Rutten, 1998; Macharis, 2004; Racunica i Wynter 2005). Macharis (2004) koristi GIS-ov model analize lokacije za intermodalne terminale, dok Kayikci (2010) primjenjuje AHP metodu i umjetne neuronske mreže u procesu donošenja odluka za izbor najprikladnijeg mjesta za intermodalni teretni centar. U svom istraživanju o lokalizaciji centara za konsolidaciju teretnih vozila, (Olsson, 1965 i Woxenius, 1998) istražuju potencijal uspostavljanja tih objekata iz perspektive gradskog saobraćaja.

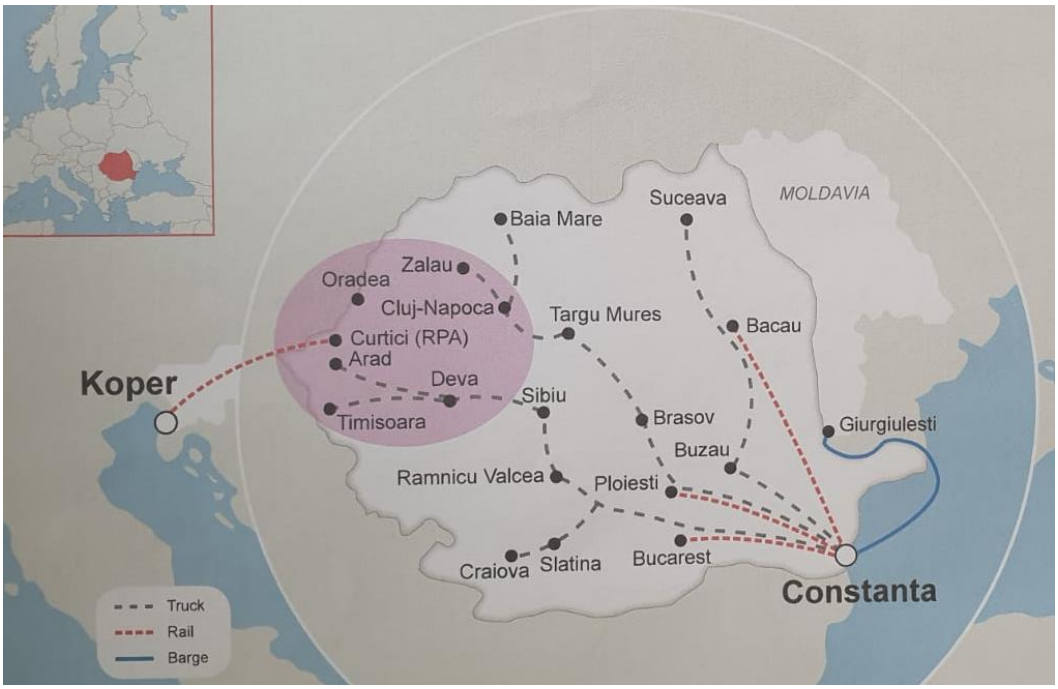
Höltgen (1995) razmatra osnovni problem razlikovanja konvencionalnih terminala za pretovare i različitih tipova intermodalnih logističkih centara. Nadalje, autor pokušava pronaći jedinstvenu definiciju intermodalnih logističkih centara, budući da koncept varira od države do države. Međutim, postoji zajednička osnova: ona bi trebala pridonijeti intermodalnom transportu, promicati regionalnu privrednu aktivnost i poboljšati korištenje zemljišta i lokalnu distribuciju dobara.

Ipak takav slučaj nije bio za terminal koji je predstavljen u ovom radu. Na taj način se dolazi do saznanja o odličnom primjeru prakse koji teoretski nije bio niti opravdan niti podržan. Dakle, primjena različitih modela za određivanje optimalne lokacije intermodalnog terminala ne garantuje adekvatno rješenje. Teoretski modeli određivanje makro i mikro lokacije ne mogu uzeti u obzir sve realne parametre i uslove, te se može desiti da i lokacije koje teoretski nisu optimalne mogu biti izuzetno efikasne, što se može vidjeti na primjeru koji je objašnjen u poglavlju 3.

3. TRADE TRANS RAILPORT – INTERMODALNI TERMINAL

TRADE TRANS RAILPORT je intermodalni terminal u vlasništvu Trade Trans Grupacije a lociran je u Rumuniji u blizini Arada u neposrednom graničnom području Rumunije sa Srbijom i Mađarskom. Sama ideja o osnivanju terminala na ovom području nije bila podržana ni sa aspekta teoretičara a ni „praktičara".

Osnovni nedostatak ideje posmatran sa aspekta stručnjaka je bila neadekvatna lokacija te isti nisu vidjeli kako se može organizovati kretenje robnih tokova pomenutom linijom gdje bi sučeljavanje vidova transporta i sam pretovar se vršio u Kurtićima, nedaleko od Arada.



Slika 1: Položaj Trade Trans Railport-a u odnosu na okolne luke

Vlasnici Trade Trans grupacije su razmatrali mogućnosti preusmjeravanja kretanja robnih tokova na pomenutoj lokaciji na bazi ranijeg iskustva sa radom terminala ali uzimajuću u obzir i političke i socijalne prilike u Rumuniji u poređenju sa ostatkom Evrope, te se na taj način odlučili na ovaj poslovni poduhvat.

Na slici 1. prkazan je položaj TRADE TRANS RAILPORT-a u odnosu na okolnne luke.

Luka Constanta u Rumuniji, gdje se vrši slivanje ogromne količine robnih tokova je udaljena od Arada 830 km, s druge strane luka Kopar je na udaljenosti od 900 km dok je luka Rijeka na udaljenosti od oko 760 km. Odabrana lokacija za izgradnju terminala nije predstavljala ni industrijko žarište grada Arad ni potencijal za razvoj iste u budućem periodu.

TRADE TRANS RAILPORT je otvoren 2009.godine sa početnim kapacitetom od dva kolosijeka dužine 650 m. U drugoj fazi je izgrađeno još dva kolosijeka koji su direktno vezani sa kolosijecima željezničke stanice u Kurićima. Sljedeća faza je dovela do izgradnje još četiri kolosijeka dužine 650 m.

Prve godine rada terminala nisu bile na zavidnom nivou. Bilo je potrebno par godina da se postigne puni kapacitet rada a potom je isti i premašio sva očekivanja što je dovelo do dodatnog proširenja kapaciteta terminala.

Izgradnja intermodalnog terminala u Aradu je dovela do velikih ekonomskih i industrijskih promjena u regionu. Izvršeno je ogromno preusmjeravanje kretanja robnih tokova sa drumskog na željeznički transport. Time se doprinijelo razvoju i jačanju obima željezničkog transporta ali je i znatno rasterećena mreža drumskih saobraćajnica. S druge strane, blizina terminala i pruženje alternative drumskom transportu dovelo je da preusmjeravanja industrije u regionu. Zahvaljujući prostornoj raspoloživosti grada Arada kao i opštine Kurtići, mnoge kompanije su prepoznale računicu da svoje proizvodne i skladišne potencijale lociraju u neposrednoj blizini terminala.

Dodatni faktor od ogromnog značaja je što terminal pruža mogućnost manipulacije i skladištenja poluprikolica. Naime, inicijativa Evropske Unije je da se smanjuje zakrčenost drumskih saobraćajnica te se u

ime toga daju i podsticaji za transport željeznicom. Transport drumskih priključnih vozila, odnosno poluprikolica, kao i manipulacija sa istim daju dodatne mogućnosti korisnicima usluga.

Pored pretovara i skladištenja kontejnera i poluprikolica, terminal nudi i uslugu skladištenja robe koja se konsoliduje u terminalu i čeka dalju otpremu.

U sklopu TRADE TRANS RAILPORT-a posluje nekoliko nezavisnih firmi koje zajedno sa terminalom pružaju kompletnu logističku uslugu korisnicima. Veoma važan segment u ovoj vrsti poslovanja je saradnja i sa organizatorima pomorskog transporta i samim brodarima. U TRADE TRANS RAILPORT-u oko 90 % brodskih pošiljki dolazi pod organizacijom COSCO-a. Ugovorom sa brodarima se dobijaju posebno definisani uslovi upotrebe i korištenja kontejnera.

Ukupna površina na kojoj se nalazi terminal je 9 ha. Kapacitet skladištenja je 3000 TEU. Terminal opslužuje šest kranova pozicioniranih iznad kolosijeka. Godišnji kapacitet terminala je oko 300.000 TEU. Skladište je površine 6000 m2.

U tabeli 1. su prikazane postojeće redovne transportne linije železničkog transporta do i od terminala.

Tabela 1: Redovne transportne linije

Relacija		Mjesečni obim
Kurtići	Genk	6
Kurtići	Duisburg DKT	9
Kurtići	Lambach	4
Budimpešta	Kurtići	3
Kurtići	Brno	3
Kurtići	Sindos	3
Kurtići	Köln	3
Kurtići	Malmo	3
Kurtići	Bratislava	3

Na slici 2. prikazan je izgled intermodalnog terminala TRADE TRANS RAILPORT u Aradu.

Slika 2: Trade Trans Railport Arad

U budućem periodu su planirane i direktne transportne linije od Kurtića do Istanbula, Beograda, Lambacha, Brna, Verone i Lodža.

Tabela 2: Obim rada terminala posljednje četiri godine

	2014	2015	2016	2017	2018
Broj ITJ	31735	44578	52788	61503	79766
Dani skladištenja	16516	57110	46263	34315	53066
Kontejneri/ostale ITJ	30 %	26%	36%	50%	55 %

U tabeli 2. su predstavljeni pokazatelji rada terminala od 2014. do 2018. godine gdje se može vidjeti konstantan i znatan pokazatelj porasta rada terminala. Povećanje obima rada je uporedo vodilo i do proširenja kapaciteta terminala i prelazak izgradnje iz faze 1 u fazu 2 i 3.

Posmatrajući podatke u prethodnoj tabeli, svakako se može zaključiti da terminal posluje i više nego pozitivno sa trendom budućeg povećanja obima poslovanja, uprkos njegovom pozicioniranju na lokaciji za koju se smatralo da nije optimalna ni sa jednog teoretskog stanovišta.

4. ZAKLJUČAK

Sumiranjem pregleda literature na temu intermodalnih terminala te kriterijuma za odabir optmalne lokacije koji se prvenstveno odnose na pristupačnost željzničkih transportnih linija, drumsku povezanost te udaljenost od luka sa jedne strane kao i blizina i razvoj industrije sa druge strane, te definišući činjenične aspekte osnivanja i rada intermodalnog terminala TRADE TRANS RAILPORT, može se neupitno zaključiti da pomenuti terminal predstavlja izuzetak i razliku u odnosu na teoretski defnisane parametre.

Osnivanje intermodalnog terminala, TRADE TRANS RAILPORT, je svakako primjer dobre prakse kako je jedan ovakav sistem poslije svog puštanja u rad sam stvorio pogodne činioce za sopstveno funkcionisanje. Naime, kao što je već obrazloženo, terminal je svojim postojanjem izvršio preusmjeravanje kretanja robnih tokova kao i centralizaciju industrijske zone u gravitacionom području terminala te izvršio privlačenje kako domaćeg tako i stranog kapitala.

Cilj rada je bio da se prikažu nedostaci teorijskih modela za određivanje optimalne lokacije intermodalnih terminala. Pravac budućih istraživanja u ovoj oblasti je potrebno usmjeriti na istražiavanje realnih parametara funkcionisanja terminala koji svojim egzistiranjem stvaraju uslove za efiksno funkcionisanje, te uključivanje istih u teoretske modele određivanja optimalne lokacije.

5. LITERATURA

Bask, A., Lipponen, M., Rajahonke, M. & Tinnila, M. (2011). Framework for modularity and custimization: service perspective. Journal of Business & Industrial Marketing, 26(5), 306-319.

Caris, A., Macharis, C. and Janssens, G.K. (2008). Planning problems in intermodal freight transport: accomplishment and prospects. Transportation Planning and Technology 31(3), 277-302.

Eurostat European Conference of Ministers of Transport, ECMT. (2002). Glossary for Transport Statistics. Available online: https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=4303, last accessed on 26.10.2019.

Höltgen, D. (1995). Terminals, Intermodal Logistics Centres and European Infrastructure Policy, PhD Thesis, University of Cambridge, Cambridge.

Kayikci, Y. (2010). A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions, Procedia Social and Behavioral Sciences 2(2010), 6297-6311

Macharis, C. (2004). A methodology to evaluate potential locations for intermodal barge terminals, Transport Developments and Innovations in an Evolving World, 211-234.

Olson, M. (1965). The Logic of Collective Action, Harvard University Press, Cambridge.

Racunica, I., Wynter, L. (2005). Optimal location of intermodal freight hubs, Transportation research part B, Methodological, 39, 453-477.

Rutten, B.J.C.M. (1998) Transport, Infrastructure and Logistics: Competition, Innovation and Creativity, Proceedings, Netherlands Research School for Transport, Infrastructure and Logistics

Woxenius, J. (1998) Development of Small-Scale Intermodal Freight Transportation in a System Context, PhD Thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

MATHEMATICS IN THE SHIP'S ROLLING MECHANISM OBSERVED AS A SET OF ELECTONIC FILTERS

MATEMATIKA U SLUŽBI NJIHANJA BRODA POSMATRANOGA KAO SKUP ELEKTRONIČKIH FILTERA

Tatjana Stanivuk[a], Marina Laušić[a], Petra Zemunik[b], Petar Milat[a]

[a] *Faculty of Maritime Studies, Ruđera Boškovića 37, Split 21 000, Croatia, tstanivu@pfst.hr, msarac@pfst.hr, petmil50@pfst.hr*

[b] *Institute of Oceanography and Fisheries, Šetalište I. M. 63, Split 21 000, Croatia, zemunik@izor.hr*

Abstract: *Maritime bussiness can be defined in the strict sense and in the broader sense of the world; in the strict sense of the word maritime bussiness is an art of sailing or a skill to manage and manouvre the ship. In broader sense of the word it includes all operations which are in any way (direct or undirect) connected with exploaration of the sea and through two approaches - sea as a media of communication and sea as a resource of natural goods. Matemathics, as one of the oldest science, helps us in many calculations in close relation to maritime business. Ships stability, swinging on the waves and navigation are just some of the problems that can be solved by using mathemathics. Theme of this work is explaining, disassembleing and simplifying physical models of ships swinging.*

Key words: *waves, wave spectrum, triangle course, frequency*

Apstrakt*: Pomorstvo se može definirati u užem i širem smislu riječi; u užem smislu pomorstvo je umijeće plovidbe tj. vještina upravljanja i manevriranja brodom. U širem smislu obuhvaća sve djelatnosti koje su na bilo koji način vezane (izravno ili neizravno) uz korištenje mora i to kroz dva pristupa - more kao medij komunikacije i more kao resurs prirodnih dobara. Matematika, kao jedna od najstarijih znanosti, služi za mnoge izračune u pomorstvu. Stabilitet broda, njihanje broda na valovima, i primjena u navigaciji su samo mali broj problema koji se rješava uz pomoć matematike. Tema ovog rada je objašnjavanje, razlaganje i pojednostavljenje fizičkih modela njihanja broda.*

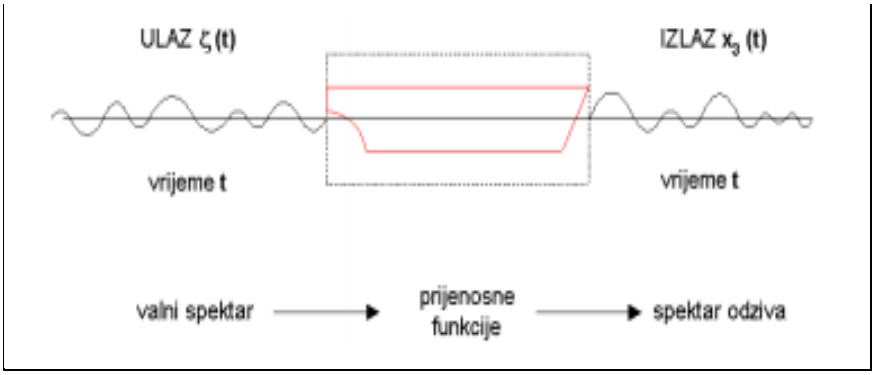
Ključne riječi: *valovi, spektar valova, kursni kut, frekvencija*

1. UVOD

Brod je plovni objekt namijenjen za plovidbu morem, rijekama i jezerima koji služi za prijevoz robe i putnika. Brod je, u pomorskom pravu, definiran nekim značajkama koje ga razlikuju od ostalih plovnih objekata poput toga da je brod plovilo duže od 12 m, BRT-a više od 15 i ovlašten je prevoziti više od 12 putnika. U pravnom prometu brod je pokretnina izjednačena sa nekretninom po principu vrijednosti. Brod se također može koristiti, osim u prijevozu robe i putnika, i za iskorištavanje morskih izvora i zaliha, za izvođenje različitih radova i poslova te ratnim operacijama. Kako su se brodovi razvijali, od prvih splavova do željeznih brodova, tako su se razvijale i znanosti koje su potpomogle razvoju sadašnjih modernih brodova. Matematika i fizika su najviše pomogle u tome. Modeli upravo tih znanosti su počeli unaprijeđivati brodove. Njihanje broda uzrokovano je energijom koju nailazni val predaje brodu prilikom susreta. Dio energije utroši se na razbijanje vala odnosno difrakciju što uzrokuje promjenu smjera te amplitude vala, dio energije val predaje brodu, a dio zadržava te nastavlja napredovati iza broda. Difrakcijski val zadržava valnu duljinu odnosno frekvenciju i nakon susreta s brodom. Energija vala predana brodu, osim što uzrokuje njihanje broda, sastoji se od energije inercijskih sila, energije povratnih sila nastalih pomakom tijela iz ravnotežnog položaja te energije valova koji se šire oko broda prilikom njihanja tj. valova radijacije. Nakon sudara vala sa tijelom energija će mu biti manja od početne i promijenit će se, a pošto energija ne može nestati njena razlika prije i poslije sudara je utrošena na stvaranje nove valne komponente (u obliku difrakcijskog vala) i energiju njihanja tijela (u slučaju da tijelo nije nepomično).

2. NJIHANJE BRODA NA NEPRAVILNIM VALOVIMA

St. Denis i Pierson su svojim otkrićem prvi put omogućili razmatranje njihanja i efekata njihanja broda na nepravilnim valovima, kao i procjenu rizika premašivanja određenih vrijednosti. Oni su smatrali brod kao jednu vrstu elektroničkog filtra gdje ulazni signal čine određeni broj različitih frekvencijskih komponenti koje se pojačavaju i mijenjaju kako bi se proizveo izlazni signal.



Slika 1. Analogija broda s elektroničkim filterom

Analogijom broda sa elektroničkim filterom omogućuje se prolazak valovima umjesto elektroničkim signalima. Stoga se ulaznim signalom smatraju valovi koje brod prima te kao izlazni signal proizvodi njihanje broda. Brod se može gledati kao i skup elektroničkih filtera jer postoje prijenosne funkcije koje ovise o brzini broda i kutu susretanja valova. Prijenosne funkcije se dobiju kao odzivi broda na pravilnim valovima. Pri vrlo velikim valovima, odnosno niskim valnim frekvencijama njihanje poniranja je u potpunosti sinkronizirano s gibanjem vala. S druge strane kad brod nailazi na valove male duljine, odnosno valove više frekvencije, amplitude odziva poprimaju zanemarive vrijednosti, te ne nastupaju u istoj fazi s njihanjima broda. Analogijom s uskopojasnim filtrom, proizlazi da brod propušta samo niske frekvencije.

2.1 Definicija spektra valova

Primjenom spektra valova određuje se odziv broda na nepravilnim valovima. Valni spektar se definira sljedećom jednadžbom:

$$S_\zeta(\omega)d\omega = \frac{1}{2}\zeta_a^2(\omega) \tag{1}$$

Na sličan način se definira i spektar odziva broda:

$$S_r(\omega)d\omega = \frac{1}{2}r_a^2(\omega) = \left|\frac{r_a}{\zeta_a}(\omega)\right|^2 \cdot \frac{1}{2}\zeta_a^2(\omega) \tag{2}$$

$$S_r(\omega) = \left|\frac{r_a}{\zeta_a}(\omega)\right|^2 \cdot S_\zeta(\omega) \tag{3}$$

Za procjenu odziva broda na nepravilnim valovima važno je odrediti samo amplitude odziva broda na pravilnim valovima. Za detaljniju procjenu je potrebno odrediti prijenosne funkcije za kutove susretanja valova i određene brzine. Za svih šest njihanja bi trebalo odrediti 126 spektara odziva koje daje jednostavna računica množenja broja brzina i susretnih kuteva, no u praksi se najčešće uzimaju za ona njihanja koja su najnepovoljnija i prema kojim se određuju brzina plovidbe i planira putovanje. Statistički gledano, potpuno je svejedno kako izgleda nepravilni val u vremenu, već je važno samo kolike su amplitude i frekvencije pojedinih komponenti pravilnih valova koje određuje spektar. Spektar odziva se sastoji od određenog broja komponenti - matematički beskonačnog, ali je u praksi dovoljno uzeti 20 komponenti.

2.2 Transformacija spektra

U specifičnim slučajevima kao što je slučaj u prethodnom potpoglavlju, valna frekvencija ω je jednaka je frekvenciji susretanja valova ω_e. Općenito, $\omega = \omega_e$ je kad je brzina broda $U = 0$ čv i kad je $\mu = 90°$, a brzina nije jednaka nuli. U ostalim slučajevima kad brod plovi određenom brzinom U, frekvencija susretanja valova nije jednaka valnoj frekvenciji. Zbog toga je potrebno transformirati valni spektar u spektar susretanja. Za

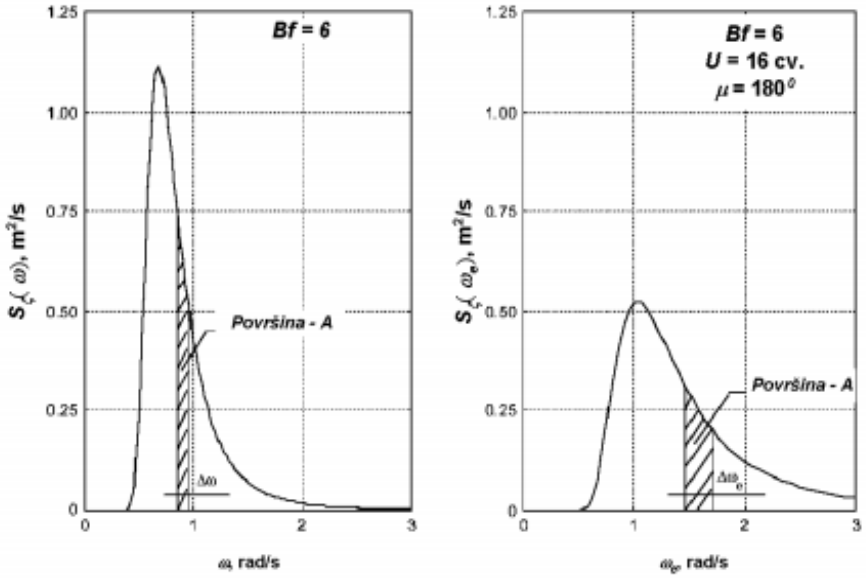
valni spektar $S_\zeta(\omega_e)$ vrijednosti spektralnih ordinata koje ovise o frekvencijama susretanja ω_e nisu jednake vrijednostima spektralnih ordinata $S_\zeta(\omega)$ koje ovise o valnim frekvencijama ω, odnosno:

$$S_\zeta(\omega_e) \neq S_\zeta(\omega) \tag{4}$$

Budući da mora postojati jednaka količina energije unutar intervala $\Delta\omega_e$ i $\Delta\omega$ proizlazi:

$$S_\zeta(\omega_e)d\omega_e = S_\zeta(\omega)d\omega \tag{5}$$

Prema prethodnim jednadžbama da se primjetiti da intervali ne mogu biti jednaki što se vidi na idućoj slici.



Slika 2. Transformacija spektra valova pri pramčanim valovima

Iz prethodne jednadžbe se određuje spektar susretanja:

$$S_\zeta(\omega_e) = \frac{S_\zeta(\omega)}{\frac{d\omega_e}{d\omega}} \tag{6}$$

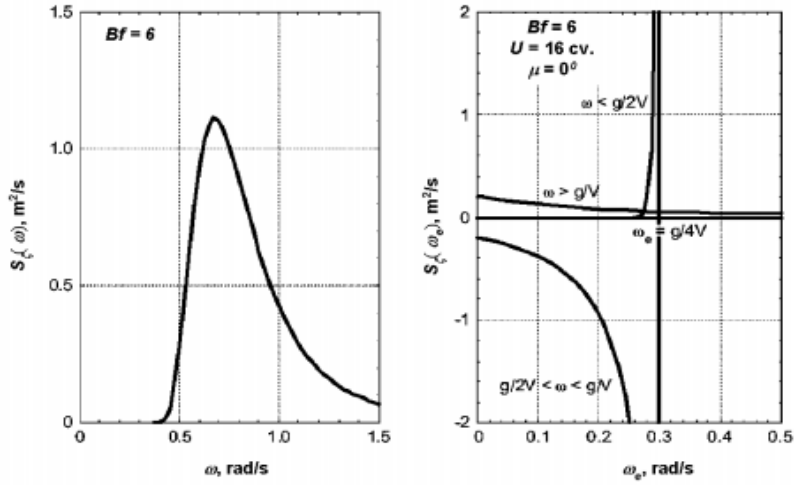
Uvrštavanjem jednadžbe za frekvenciju susretanja valova:

$$\omega_e = \omega - \frac{\omega^2}{g} \cdot U\cos\mu \tag{7}$$

određuje se derivacija po valnoj frekvenciji:

$$\frac{d\omega_e}{d\omega} = 1 - \frac{2\omega}{g} \cdot U\cos\mu \tag{8}$$

Prethodna je prikazala transformaciju spektra za slučaj pramčanih valova, dok iduća pokazuje transformaciju spektra za krmene valove.



Slika 3. Transformacija spektra valova pri krmenim valovima

Važno je primijetiti da se za bilo koji kut susretanja u krmenoj polovici broda $\mu = 90°$ do $270°$ pojavljuju frekvencije susretanja čije su vrijednosti niže od vrijednosti valne frekvencije i za koje mogu postojati po dvije do tri vrijednosti valne frekvencije.

Spektar odziva susretanja određuje se iz sljedeće jednadžbe:

$$S_r(\omega_e) = \left|\frac{r_a}{\zeta_a}(\omega_e)\right|^2 \cdot S_\zeta(\omega_e) \tag{9}$$

Spektralni momenti se određuju prema:

$$m_{nr} = \int_0^\infty \omega_e^n \, S_r(\omega_e) d\omega_e \tag{10}$$

Značajna amplituda odziva predstavlja srednju vrijednost trećine najviših odziva što se izražava sljedećom jednadžbom:

$$r_{a1/3} = 2\sqrt{m_{0r}} \tag{11}$$

Srednji period se određuje sljedećim jednadžbama:

- srednji period amplituda odziva

$$T_{1r} = 2\pi \frac{m_{0r}}{m_{1r}} \tag{12}$$

- srednji period nultih vrijednosti odziva

$$T_{2r} = 2\pi \sqrt{\frac{m_{0r}}{m_{2r}}} \tag{13}$$

Sve ostale statističke mjere određuju se iz spektralnih momenata.

3. NJIHANJE BRODA NA PRAVILNIM VALOVIMA

Da bi se opisalo djelovanje vala na brod te njihanje kao posljedica istoga, potrebno je definirati odgovarajuće koordinatne sustave. Jednadžbe u ovom poglavlju se odnose na brod koji na harmonijskim valovima napreduje konstantnom brzinom U i proizvoljnim smjerom koji sa smjerom valova zatvara kut β. Njihanje broda se, kao i svakog drugog krutog tijela, može prikazati pomoću tri translacije težišta tijela i tri rotacije oko težišta. Ti koordinatni sustavi su:

- nepomični koordinatni sustav (S(x_0, y_0, z_0)):

tzv. fiksni ili inercijski. Vezan je za Zemlju. Ravnina X_0Y_0 leži na mirnoj slobodnoj površini, pozitivan smjer osi x_0 je u smjeru napredovanja vala, a može biti i u smjeru napredovanja broda. Osa z_0 je okrenuta vertikalno put gore.

- koordinatni sustav broda (G(x_b, y_b, z_b)):

Vezan je za brod sa ishodištem u težištu broda G. Osa x_b je u smjeru uzdužne simetrale broda a usmjerena je prema pramcu broda, odnosno u smjeru napredovanja. Osa y_b je usmjerena prema lijevom boku broda dok je z_b okomita na ravninu X_bY_b s pozitivnim smjerom prema gore. U mirovanju broda ravnina X_bY_b paralelna je sa mirnom slobodnom površinom.

- translatirajući koordinatni sustav (O(x, y, z)):

Kreće se brzinom broda U. Ako brod miruje smjerovi koordinatnih osi ovoga sustava jednaki su onima kod koordinatnog sustava broda. Ravnina XY leži na mirnoj slobodnoj površini.

Pomaci broda se promatraju kao pomaci koordinatnog sustava broda u odnosu na translatirajući koordinatni sustav. Val je definiran u nepomičnom koordinatnom sustavu kao:

$$\zeta = \zeta_a \, cos(\omega t - k x_0) \tag{14}$$

gdje ζ_a, ω i k redom predstavljaju amplitudu vala, frekvenciju vala i valni broj.

3.1 Kursni kut i susretna frekvencija

Frekvencija njihanja tijela koja napreduje na valovima najčešće nije jednaka frekvenciji valova. Također ovisi i o brzini broda i kutu pod kojim brod nailazi na valove. Ako brod plovi u smjeru napredovanja valova period susretanja (susretni period) T_e će biti veći od perioda valova, odnosno frekvencija susretanja (susretna frekvencija) manja od frekvencije valova. Ako valovi dolaze sa bokova, neće biti razlike između valne i susretne frekvencije. Susretni ili kursni kut β je kut pod kojim valovi nailaze na brod te se definira kao kut koji zatvaraju vektor brzine broda i vektor brzine vala.

- Valovi u krmu (engl. following sea ($U > c$) ili engl. overtaking sea ($U < c$)) – $\beta = 0° - 30°$ $(330° - 360°)$,
- Valovi koso u krmu (engl. quartering sea) – $\beta = 30° - 60°$ $(300° - 330°)$,
- Bočni valovi (engl. beam sea) – $\beta = 60° - 120°$ $(240° - 300°)$,
- Valovi koso u pramac (engl. bow sea) – $\beta = 120° - 150°$ $(210° - 240°)$,
- Valovi u pramac (engl. head sea) – $\beta = 150° - 180°$ $(180° - 210°)$.
- Promjena susretne frekvencije elementarna je značajka problema njihanja broda i kada se vrednuju pomorstvene značajke nekog broda pretpostavlja se da je ta procjena valjana za određeno stanje mora. Relativna brzina broda u odnosu na valove je $c - U cos\beta$ gdje su λ i c redom valna duljina i brzina. Susretni period T_e izražava se kao potrebno vrijeme da brod prijeđe put od jednog do sljedećeg valnog brijega:

$$T_e = \frac{\lambda}{c - U cos\beta} = \frac{T}{1 - (\frac{U}{c}) cos\beta} \tag{15}$$

gdje je T period vala. Vrijeme koje je potrebno da brod prijeđe put od jednog do susjednog valnog brijega računa se kao omjer valne duljine i brzine napredovanja broda u smjeru napredovanja vala.

Uvrštavajući izraz za susretnu frekvenciju u gornju jednadžbu i sređivanjem dobije se:

$$\omega_e = \omega - \frac{\omega}{c} U cos\beta \tag{16}$$

a znajući da je $k = \omega/c$ slijedi:

$$\omega_e = \omega - k U cos\beta \tag{17}$$

Iz gornjih jednadžbi može se zaključiti:

- $\omega_e > \omega$ za valove kursnog kuta od 90° do 270°. U tom je slučaju drugi dio gornjeg izraza negativan, pa je susretna frekvencija veća od valne.
- $\omega_e > 0$ za valove kursnog kuta od 90° do 270°. U tom je slučaju drugi dio gornjeg izraza negativan pa je susretna frekvencija uvijek pozitivna i veća od valne. Osim navedenog slučaja, susretna frekvencija je veća od nule u slučaju kada dolaze u krmu i prestižu brod, odnosno kada je $c > U cos\beta$.
- $\omega_e = \omega$ za valove u bok ($\beta = 90°$ ili 270°) ili za slučaj kada je brzina broda $U = 0°$. U tom je slučaju drugi dio gornjeg izraza jednak nuli pa je susretna frekvencija jednaka valnoj.
- $\omega_e = 0°$ moguće je jedino u slučaju kada je komponenta brzine broda u smjeru valova jednaka brzini vala ($U cos\beta = c$) odnosno za kursne kutove od 0° do 90° ili za kutove od 270° do 360° i odgovarajuću brzinu broda. U tom slučaju brod ostaje u istom položaju u odnosu na val.
- $\omega_e < 0°$ fizikalno je neodrživo, međutim u teoriji pomorstvenosti izražava slučaj kada brod prestiže valove. To je moguće jedino kada je komponenta brzine broda u smjeru valova veća od brzine vala ($U cos\beta > c$), odnosno za kursne kutove od 0° do 90° tj. za kutove od 270° do 360° i odgovarajuću brzinu broda. U proračunima vezanima uz njihanje broda u ovom se slučaju uzima apsolutna vrijednost susretne frekvencije. Na valovima koso u krmu ili u krmu moguće je da se jedna apsolutna vrijednost susretne frekvencije na brodu može iskusiti za tri različita valna sustava. Sređivanjem prethodne formule dobije se:

$$\omega = \frac{g}{2U\ cos\ \beta}\left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4\omega_e}{g} U\ cos\ \beta}\right) \tag{18}$$

Rješenja gornje jednadžbe za zadanu apsolutnu vrijednost susretne frekvencije su odgovarajuće valne vrijednosti. Za apsolutnu vrijednost susretne frekvencije manju od maksimalne pozitivne moguća su četiri rješenja od kojih su tri valjana dok je jedno rješenje trivijalno. Za valove kursnog kuta od 0° do 90° (ili od 270° do 360°) maksimalna pozitivna vrijednost susretne frekvencije je ona koja daje nultu vrijednost pod korijenom gornjeg izraza odnosno:

$$\omega_{e\,max} = \frac{g}{4U\cos\beta} \tag{19}$$

kada je frekvencija:

$$\omega = \frac{g}{2U\cos\beta} = 2\omega_{e\,max} \tag{20}$$

Susretna frekvencija je jednaka nuli za:

$$\omega = \frac{g}{U\cos\beta} = 4\omega_{e\,max} \tag{21}$$

Ovaj specifičan slučaj odgovara uvjetima pri kojima je komponenta brzine broda u smjeru napredovanja vala jednaka faznoj brzini tj. kada je

$$U\cos\beta = c \tag{22}$$

3.2 Oblici njihanja

Njihanje se sastoji od triju translacijskih gibanja u smjeru osi x, y, z i rotacijskih gibanja oko osi x, y, z.

Zalijetanje (engl. *Surge*): $\eta_1 = \eta_{a1}\cos(\omega_e t + \varepsilon_1)$ (23)

Zanošenje (engl. *Sway*): $\eta_2 = \eta_{a2}\cos(\omega_e t + \varepsilon_2)$ (24)

Poniranje (engl. *Heave*): $\eta_3 = \eta_{a3}\cos(\omega_e t + \varepsilon_3)$ (25)

Ljuljanje (engl. *Roll*): $\eta_4 = \eta_{a4}\cos(\omega_e t + \varepsilon_4)$ (26)

Posrtanje (engl. *Pitch*): $\eta_5 = \eta_{a5}\cos(\omega_e t + \varepsilon_5)$ (27)

Zaošijanje (engl. *Yaw*): $\eta_6 = \eta_{a6}\cos(\omega_e t + \varepsilon_6)$ (28)

Svaki oblik gibanja je u odnosu na val pomaknut za različit fazni kut. Fazni pomak se odnosi na valnu elevaciju u ishodištu translatirajućeg koordinatnog sustava $O\,(x, y, z), \zeta = \zeta_a \cos\omega_e t$. Od položaja broda u stanju mirovanja pozitivan pomak: η_1 odgovara pomaku u smjeru napredovanja, η_2 odgovara bočnom pomaku ulijevo, η_3 odgovara izronu. Rotacijski pomaci slijede pravilo desne ruke odnosno pozitivan pomak: η_4 odgovara uranjanju desnog boka broda, η_5 odgovara uranjanju pramca a η_6 odgovara zakretanju pramca ulijevo.

4. ZAKLJUČAK

Razvojem matematičkih formula i njihovim proširivanjem postižu se optimalni ciljevi u pomorstvu. Uz matematičku znanost, gibanja koja brod izvodi na površini mora proučava još jedna posebna grana znanosti koja se zove brodska hidrodinamika ili hidrodinamika broda. Valja naglasiti da danas suvremeni razvoj znanosti zahtjeva sve veću interdisciplinarnost između stručnjaka raznih profila, pa tako i u pomorstvenosti.

Brod se razlikuje od bilo koje velike konstrukcije u tome što, pored zadovoljavanja ostalih posebnih zahtjeva, mora biti projektiran tako da se omogući njegovo kretanje kroz vodu uz minimalnu vanjsku pomoć. U prošlosti je čovjek na razne načine znao umanjiti otpor vode. Iskustva koja su prenošena s koljena na koljena omogućila su stvaranje sve boljih trupaca, brodica i brodova. Taj je razvoj bio relativno spor, a znanstveni pristup problematici plovidbe novijeg je datuma. Leonardo da Vinci krajem 15. st. provodi opažanja i ispitivanja na modelima iz kojih proizlaze zaključci ispravni i s današnjih saznanja. Njegov je rad o gibanju i mjerenju vode publiciran 300 godina nakon smrti i nije imao utjecaja na daljnji razvoj znanosti. U knjizi „Matematička načela prirodnih znanosti“, 1687. godine, početke analize mehanizama otpora postavlja Isaac Newton. Nakon njega, 1749. godine Leonhard Euler poznat kao osnivač teorijske hidrodinamike objavljuje radove u kojima izlaže znanstvene osnove teorije broda i izlaže kritici neke stavove I. Newtona o otporu tijela. Tijekom 18. st. razvija se teorija hidrodinamike i provode prvi pokušaji određivanja otpora broda na osnovi ispitivanja modela (Bird, D'Alambert).

Cijeli svoj vijek brod je u stalnom dodiru s morem. Ta čvrsta veza najčešće je obilježena dinamikom plovidbe u raznim vremenskim uvjetima, uvjetima akvatorija i situacijama na plovnom putu. Pomorac, zaposlen na brodu, treba razumjeti uzroke i posljedice njihanja broda na valovima. Da bi iste mogao razumjeti, a samim tim ih na vrijeme i koliko toliko predvidjeti neophodna je primjena matematike.

5. LITERATURA

Belamarić, G. (2012). Glavne mjere broda, Split.

Čorić, V., & Prpić – Oršić, J. (2006). Pomorstvenost plovnih objekata, Rijeka.

Henč-Bartolić, V., & Kulišić, P. (1989). Valovi i optika, Zagreb.

Milat, P. (2017). Model njihanja broad, Završni rad, Pomorski fakultet u Splitu.

Radan, D. (2004). Uvod u hidrodinamiku broda, Sveučilište u Dubrovniku.

Stanivuk, T., Galić, S., & Bojanić, M. (2017). Mathematics as a Science and Marine Activity Follow Each Other Throughout History. Transactions on Maritime Science. 6, 1, 55-60.

Tabain, T. (1972). Njihanja broda na nepravilnim valovima, Brodarski institut, Zagreb.

Vučinić, A. (1996). Hidromehanika broda, Otpor broda u mirnoj vodi, Rijeka.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

INTERNET OF VEHICLES: CHALLENGES AND DEVELOPMENT TRENDS

INTERNET VOZILA: IZAZOVI I PRAVCI RAZVOJA

Goran Marković[a], Slobodan Mitrović[a], Valentina Radojičić[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, g.markovic@sf.bg.ac.rs, s.mitrovic@sf.bg.ac.rs, valentin@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *IoV(Internet of Vehicles) as an extension and application of the state-of-the art IoT (Internet of Things) concept in the vehicular environment represents highly interestingresearch topic that is triggered during the last few years by leading automotive manufacturers, telecom operators and service providers, research institutions, regulatory bodies and other stakeholders. Rapid development of information and communication technologies together with their intensive integration withthe automotive industry provides an opportunity for the IoV concept to be realized in the near future. It is expected that the IoV concept will gain huge commercial interest by developing a broad range of applications for various participants in the vehicular environment. The most important task of IoV architecture is to connect vehicles and other participants with heterogeneous wireless networks, as well as with each other, in such a way that the transport and traffic system functions safely, productively and economically, as well as energy efficiently and environmentally friendly. This paper presents the basic concepts of the future intelligent IoV architectures, with an emphasis on reviewing the various research challenges and problems that have to be addressed, with particular reference to security attacks and detection mechanisms.*

Key words*: Internet of Vehicles (IoV), V2X communications, security attacks*

Apstrakt: *IoV(Internet of Vehicles) kao ekstenzija i aplikacija savremenog koncepta Interneta stvari(IoT, Internet of Things), u okruženju za vozila, predstavlja veoma aktuelnu oblast istraživanja koja jeposlednjih nekoliko godina podstaknutaod strane vodećih proizvođača iz domena automobilske industrije,telekomunikacionih operatora i provajdera servisa, naučno-istraživačkih institucija,regulatornih tela i drugih zainteresovanih učesnika. Ubrzani razvoj informacionih i komunikacionih tehnologija i njihova sve šira integracija sa automobilskom industrijompruža mogućnost da IoV koncept postane praktično ostvariv u bliskoj budućnosti. Smatra se da će IoV koncept doživeti ogroman komercijalni interes razvojem širokog spektra aplikacijaza učesnike u okruženju za vozila. Najvažniji zadatak IoV arhitekture je povezivanje vozila i drugih učesnika sa heterogenim bežičnim mrežama, kao i međusobno, na takav način da saobraćajno-transportni sistem funkcioniše bezbedno, proizvodno i ekonomski efikasno, kao i energetski i ekološki prihvatljivo. U ovom radu biće predstavljeni osnovni koncepti realizacije budućih inteligentnih IoV arhitektura, pri čemu će akcenat biti dat na pregled različitihistraživačkih izazova i problema koje treba pri tome rešavati, sa posebnim osvrtom na bezbednosne napade i mehanizme njihove detekcije.*

Ključne riječi: *Internet vozila (IoV), V2X komunikacije,bezbednosninapadi*

1. UVOD

Ubrzan razvoj info-komunikacionih tehnologija zajedno sa njihovom sve intenzivnijomintegracijom sa automobilskom industrijom i saobraćajnim sistemima u celini, otvara široke mogućnosti za realizaciju naprednih sistema i aplikacija za inteligentno upravljanje saobraćajem. U takvom sistemu moguće je kreirati platformu pametnog saobraćaja i pametne usluge za sprečavane saobraćajnih nezgoda, smanjenje saobraćajnih zagušenja, smanjenje vremena putovanja, redukovanje emisije štetnih gasova,kao i za podršku širokog spektraaplikacija informativno-zabavnog(*info-tainment*)karaktera namenjenih za povećanje komfora putnika i vozača u vozilima. Koncept Internet vozila (IoV, *Internet of Vehicles*) podrazumeva sveobuhvatnu povezanost inteligentnih transportnih sistema, putne i ulične infrastrukture, vozila, senzora, ljudi i njihovih pametnih uređajai drugih subjekata u okruženju za vozila. IoV se može posmatrati kao ekstenzija nadolazećeg koncepta Interneta stvari (IoT, *Internet of Things*), odnosno kao njegova aplikacija u okruženju za vozila. Koncept univerzalnog mrežnog IoT okvira uključuje sve postojeće heterogene mreže, povezuje veliki brojfizičkih i virtuelnih "stvari",

uključujući vozila na putu, smart telefone, tablete, laptopove u kancelarijama, televizore, muzičke uređaje, kao i mnogobrojne uređaje (senzore) u našem svakodnevnom životu. Prema nedavno objavljenim prognozama od strane kompanije Cisco, preko 28 milijardi uređajabiće povezano na Internet do kraja 2022. godine, od kojih će uređaji u okruženju vozila predstavljati značajan deo, sa najvećim godišnjim stepenom rasta od 28% (Cisco, 2019). Implementacijanaprednih IoT tehnologijai njihova integracija uVANET(Vehicular ad-hoc Networks) okruženje može značajno unapreditii proširiti funkcionalnosti konvencionalnih mreža za vozila, čime se stvaraju mogućnosti za globalno umrežavanje i interakciju vozila sa okruženjem (putna infrastruktura, putnici, pešaci, senzori i dr) putem Interneta, što predstavlja osnovu IoV koncepta.Baziran na kompleksnom sistemu heterogenih bežičnih komunikacija, IoV ima sposobnost da obrađuje različite informacije prikupljene od strane vozila (senzora), putne infrastrukture, okoline i ljudi (kroz različite aplikacije personalnih pametnih uređaja). Pri tome, primarni zadatak je da se prikupljanje, obrada i distribucijainformacija mora realizovati na brz i pouzdan način, imajući u vidu da podrška aplikacijamavezanih za bezbednost saobraćajazavisiprvenstvenood kašnjenja i tačnosti primljenihinformacija.

U ovom radupredstavljene su ključne karakteristike IoV koncepta i istaknute razlike u odnosu na tradicionalne VANET mreže, razmatrani suistraživački izazovi i otvorena pitanja koja predstoje u dizajniranju i razvoju budućih IoV sistema, a posebno su analizirani potencijalni bezbednosni napadi i mehanizmi zaštite, kao ključni aspekt u realizaciji IoV aplikacija.

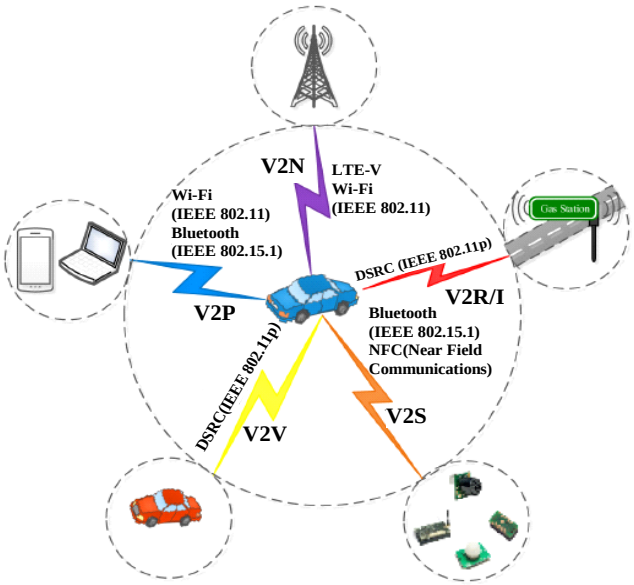
2. EVOLUCIJA VANET KA IOV

Osnovnicilj razvoja i implementacije tradicionalnih VANET-a bio je da unaprede bezbednost i efikasnost saobraćajauzniske operativne troškove, podrškom komunikacijaizmeđu vozila (V2V, Vehicle-Vehicle),kao i komunikacija vozila sa infrastrukturom (V2I,Vehicle-Infrastructure), odnosno jedinicama putne mreže RSU(*Road Side Units*). Kod VANET mrežasvako vozilo opremljeno tehnologijom bežičnog pristupa koje učestvuje u komunikaciji predstavlja bežični ruter (mobilni čvor), omogućavajući vozilima koja se trenutno nalaze u neposrednom okruženju (do par stotina metara) da međusobno komuniciraju i obrazujumobilnu *ad-hoc* mrežu. Međutim, VANET omogućuje formiranjemalih mreža kojesu podložneozbiljnim ograničenjima u pogledu mobilnosti čvorova (česte promene topologije), kao i broju umreženih vozila. Karakteristikesavremenih gradova, kao što su gužve u saobraćaju, visoke zgrade, različita ponašanja vozača i složenostuličneinfrastrukture dodatno otežavajufunkcionisanje VANET-a u takvom okruženju. Povezani VANET objekti su privremeni, slučajni i nestabilni, a dostupnost mreže je ograničena samo na lokalna i diskretna područja, što za posledicu ima da VANET ne pruža kompletne (globalne) i održive aplikacije za korisnike. Kao posledica toga, VANET mreže nisu doživeleširupraktičnuimplementaciju, aočekivani komercijalni interesi nisu se postigli. Stoga je razvoj i upotreba VANET-avremenom počela da stagnira. Ključni problemi komercijalizacijeVANET-a uključuju pitanja vezana za *ad-hoc* mrežnu arhitekturu, nepouzdane komunikacije, bez mogućnosti pristupa Internetu, nekompatibilnost sa personalnim uređajima, nedostupnost *cloud computing*-a i kooperativnu zavisnost mreže. Štaviše, uprkos stalnoj modernizaciji vozila i putne infrastrukture kojoj je bezbednost glavni cilj, sve veći broj ljudskih žrtava u svetu postao je ozbiljan uzrok zabrinutosti. Impementacija brzih, pouzdanih i globalno dostupnihkomunikacijaputem Interneta u realnom vremenu između različitih učesnika u IoV okruženju trebalo bi na tom planu da odigraju značajnu ulogu.Za razliku od VANET-a, IoV ima dva glavna tehnološka pravca: sveprisutno umrežavanje i razvoj pametnih vozila. Inteligentna vozila podrazumevaju integraciju vozača i vozila upotrebom mrežnih tehnologija. Dakle, IoV se fokusira na inteligentnu integraciju ljudi, vozila, stvari i okruženja sa ciljem pružanja različitih usluga. IoV je otvoreni i integrisani mrežni sistem za upravljanje saobraćajem i sastoji se od više korisnika, više vozila, više stvari i više mreža. Inteligentni interfejsi se koriste za integraciju heterogenih mreža. Interoperabilnost između heterogenih uređaja je jedan od glavnih ciljeva IoV-a. Očekuje se da će IoV koncept, na prvom mestu, značajno smanjiti broj ljudskih žrtava u saobraćaju, omogućiti efikasno upravljanje saobraćajem u realnom vremenu, a takođepružiti i visok komercijalni interes kroz podršku širokog spektra aplikacija za putnikei vozače u vozilima, kao i za druge učesnike u okruženju vozila (pešake, bicikliste, motocikliste i dr). IoV podrazumeva integraciju tri tipa mreža: mreže unutar vozila (intra-vehicle network), mreže između vozila (inter vehicle network) i mobilnog Interneta, pri čemu se vozila smatraju inteligentnim objektima opremljenim više-senzorskom platformom i bežičnim komunikacionim interfejsima koji omogućuju interakciju sa okruženjem (Kaiwartya i dr., 2016; Contreras-Castillo i dr., 2017).

3. KARAKTERISTIKE IOV KONCEPTA

IoV kao novi koncept i područje intenzivnog istraživanja, nalazi se u početnoj fazi razvoja u mnogim zemljama. Tako na primer, u SAD su u sve elektronske uređaje povezane na Internet, uključujući i one instalirane u vozilima, instalirani čipovi za identifikaciju korisnika,koji tako postaju zaseban entitet (sa jedinstvenim ID brojem) na Internetu, što je neophodan preduslov za on-line prisustvo vozila. Zahvaljujući uvođenju globalnog Internet ID broja, biće eliminisankoncept GPS zasnovane identifikacije vozila.Evropska komisija preduzela je brojne aktivnosti u okviru projekta razvoja naredne generacije kooperativnih inteligentnih saobraćajnih sistema (C-ITS, *Cooperative Intelligent Transportation Systems*), dok je u SAD, Velikoj Britaniji i Australiji pokrenut razvoj koncepta "povezanih vozila" (CV, *Connected Vehicles*). Kompanija Google je u saradnji sa vodećim proizvođačima automobilske industrije i IT kompanijama pokrenula razvoj Android sistema za "povezana vozila" u okviru konzorcijuma Open Automobile Alliance (OAA), dok je Apple otpočeo sa razvojem sistema "*CarPlay*", koji omogućava vozačima da koriste sve iPhone servise putem displeja u automobilu uz podršku govornih funkcija. Prethodno pomenutiprimeri su početni koraci ka dizajniranju i razvoju budućih IoV sistema.

Za razliku odtradicionalnih VANET-a, koje su podržavale jedino V2V i V2R/Itipove komunikacija, IoVpodrazumeva daleko širi spektar komunikacija, uključujućikomunikacije tipa vozilo-senzor (V2S, vehicle to senzors), vozilo-vozilo (V2V, vehicle to vehicle), vozilo-pešak/personalni uređaji (V2P, vehicle to pedestrian/personal), vozilo-oprema duž puta (V2R, vehicle to roadside), kao i vozilo-komunikaciona mreža (V2N, Vehicles to Networks),poznatepod univerzalnim pojmom V2X(Vehicle-to-anything).V2V komunikacijeomogućuju direktnu razmenu informacija između vozila, dok seV2R/I odnosi na razmenu informacija između vozila i putne infrastrukture (semafori, znakovi upozorenja za rad na putu i dr.). Za razliku od V2V, V2R/I komunikacije podržavaju veće udaljenosti i omogućuju veću skalabilnost mreže. V2V i V2I/R komunikacije tipično su bazirane na WAVE IEEE 802.11p standardukoji je projektovan u skladu sa specifičnim zahtevima interakcije vozila u VANET okruženju. V2X komunikacije u okviru IoVpovezuju vozila,putnu infrastrukturu, senzore, pešake(odnosno njihove personalne uređaje) sa Internetom korišćenjem različitih komunikacionih medija i tehnologija (Kaiwartya i dr., 2016; Contreras-Castillo i dr., 2017).Svaki tip komunikacije vozila omogućen je korišćenjem pogodnebežične pristupne tehnologije (WAT, *Wireless Access Technology*), kao što je predstavljeno na Slici 1. WAT predstavlja heterogeno mrežno okruženje koje integriše različite standarde i tehnologije, poput DSRC(Dedicated Short Range Communication)IEEE 802.11p za V2V i V2R/I komunikacije, Wi-Fi i celularnu mobilnu 4G/LTE tehnologijuza V2N, Wi-FiIEEE 802.11 standard za V2P i NFC(Near Field Communication)/Bluetooth za V2S komunikacije. IoV komunikaciona arhitektura, osim vozila i RSUjedinica uključuje i brojne druge uređaje (tablete, smart mobilne telefone, senzore i dr.). Uključivanje čitavog niza uređaja čini arhitekturu složenijom, ali tržišno orijentisanom u poređenju sa VANET. Okvir heterogene mreže vozila IoV ima značajan potencijal za upravljanje tokovimai nadzor vozila. Ima sposobnost da obezbedi pouzdanu komunikacionu platformu za zahtevne mobilne internet i multimedijalne aplikacije. Realizacija arhitekture heterogene mreže vozila predstavlja izazovan zadatak imajući u vidu dapojedine IoV aplikacije zahtevajuizuzetno malo kašnjenje, visoku pouzdanost i sigurnost komunikacije.



Slika 1. V2X komunikacije u IoV okruženju (Kaiwartya i dr., 2016)

Mreže za vozila imaju nekoliko specifičnih karakteristika koje mogu uticati na dizajn IoV arhitekture i izazove u tehnološkom razvoju IoV (Wu i dr, 2016):

- *Visoko dinamična topologija*. U poređenju sa uobičajenim mobilnim čvorovima, vozila se mogu kretati prilično velikom brzinom. Ovo uzrokuje da se topologija mreže često menja. Ovako visoka dinamika topologije mreže mora biti pažljivo razmotrena u razvoju i implementaciji IoV arhitekture.
- *Promenljiva gustina mreže*. Gustina mreže u IoV varira, u zavisnosti od gustine saobraćaja (vozila), koja može biti veoma visoka u slučaju zagušenja u saobraćaju, ili veoma niska, kao u prigradskim područjima. U bilo kom navedenom slučaju može doći do čestih prekida funkcionalnosti mreže.
- *Mreža velikih razmera.* Opseg mreže može biti veliki u gustim, urbanim područjima, kao što su gradski centri, autoputevi i ulazi u velike gradove.
- *Geografski bazirane komunikacije.* U poređenju sa drugim mrežama koje koriste *unicast* ili *multicast*komunikacije, gde su krajnje tačke komunikacije definisane mrežnom adresom (network ID), mreže vozila zahtevaju novu vrstu komunikacije koja se odnosi na saobraćajno područje u koje se paketi moraju proslediti (*geocast*).
- *Predvidljiva mobilnost.* Mreže vozila se razlikuju od drugih vrsta mobilnih *ad-hoc* mreža u kojima se čvorovi kreću slučajnim pravcima. Vozila su, s druge strane, ograničena topologijom i rasporedom puteva, pod uslovom da se poštuje putna signalizacija, kao i neophodnost reagovanja na druga vozila u okruženju, što dovodi do predvidljivosti u pogledu njihove mobilnosti.
- *Dovoljna energija i skladištenje.* Zajednička karakteristika čvorova u mrežama vozila je da oni imaju dovoljno energije i računarske snage (uključujući i skladištenje i obradu), jer čvorovi su automobili, za razliku od malih personalnih uređaja u konvencionalnim mobilnim mrežama.
- *Različita komunikaciona okruženja*. Mreže vozila se obično nalaze u dva tipična komunikaciona okruženja. Prvo, uscenariju saobraćaja na putevima okruženje je relativno jednostavno i jasno definisano (npr. ograničeno jednodimenzionalno kretanje). Drugo, komunikaciono okruženje u gradskim uslovima postaje daleko složenije. Ulice u gradu su često odvojene zgradama, drvećem i drugim preprekama; prema tome, ne postoji uvek direktna linija vidljivosti u pravcu predviđene komunikacije.

U IoV konceptu, vozila imaju dvostruku ulogu: oni su klijenti koji koriste uslugu sa Interneta i istovremeno su korisnici distribuirane računarske funkcionalnosti. Očigledno je IoV hibridni sistem za koji jednako važe *peer-to-peer* i klijent-server računarske paradigme. Sa paradigmom *peer-to-peer*, vozila mogu sarađivati međusobno kako bi ostvarila distribuirane računarske funkcionalnosti, kao što je deljenje datoteka i kooperativna vožnja. Klijent-server paradigma podrazumeva da vozila mogu koristiti resurse na serverima sa Interneta. Server može biti ili obični računarski čvor ili *data* centar u oblaku. Uz pomoć servera, IoV može da sprovede mnogo složenih zadataka.Serveri ili *cloud* centri mogu pružati razne usluge vozilima. Serveri imaju snažne računarske resurse, kao i resurse za skladištenje. Takođe, raspolažu brojnim informacijama/podacima izvan vozila, tako da napredne ili složene IoV aplikacije moraju uključivati servere na Internetu. Pored tradicionalnih servera, koriste se serveri u oblaku (*cloud-computing*) bazirani na *data* centrima. U oblaku, razni računarski i komunikacioni resursi, uključujući procesore, memoriju, skladištenje mogu biti eksploatisani na fleksibilan i efikasan način. Takva nova računarska paradigma može značajno poboljšati kapacitet/efikasnost i istovremeno smanjiti troškove obrade informacija.

4. ISTRAŽIVAČKI IZAZOVI I PRAVCI RAZVOJA IOV

Cilj IoV-a je integracija većeg broja korisnika, vozila, stvari i mreža, kako bi se uvek osigurala najbolja sposobnost povezivanja koja je upravljiva, kontrolisana, operativna i verodostojna.IoV aplikacije se prilično razlikujuod onih u konvencionalnim mrežama, i shodno tome pojavljuju se brojni specifični zahtevi koji donose nove tehničke izazove istraživanju i razvoju IoV arhitektura (Wu i dr., 2016; Liu i dr., 2019; Kaiwartya i dr., 2016; Contreras-Castillo i dr., 2017):

- *Slaba mrežna povezanost i stabilnost*. Zbog velike mobilnosti vozila i brzih izmena topologije koje dovode do čestih prekida konekcijaililošeg kvaliteta veze, gubitak poruka je neizbežna pojava. Stoga je održavanje što duže neprekidnosti konekcije izazovan problem.
- *Stroga ograničenja kašnjenja*. Mnoge IoV aplikacije imaju stroga ograničenja vezana za kašnjenje, mada se tipično ne zahteva velika brzina prenosa podataka ili propusnost mreže. Na primer, kada se dogodi događaj "naglog kočenja vozila", poruka treba da se prenese i stigne u određeno vreme da bi se sprečio sudar vozila. Obezbeđenje minimalnog kašnjenja je pri tome ključni zadatak.

- *Visoka pouzdanost*. Aplikacije koje se odnose na primene tokomvožnje tipično zahtevaju visoku pouzdanost. Međutim, zbog složene mrežne arhitekture, široke rasprostranjenosti mreže i loše stabilnosti mrežne topologije, postizanje visoke pouzdanosti u IoV predstavlja izazovan zadatak. Poseban dizajn treba da se primeni na različitim slojevima mreže, od mrežnih protokola do aplikacija.
- *Visoka preciznost određivanja lokacije*. Postojeći navigacioni sistemi (GPS i sl.) određuju preciznost lokacije koja je u granicamaoko 5m, dok pojedine IoV aplikacije zahtevaju značajno veću preciznost do 0.5m. Osim toga, lociranje objekata na bazi GPS-a ne uzima u obzir trenutnu brzinu objekata , što svakako predstavlja važan aspekt za implementaciju aplikacija u okruženju za vozila.
- *Visoki zahtevi u pogledu skalabilnosti*. Visok stepen skalabilnosti mreže je još jedan veliki izazov u IoV-u. Kao što je poznato, IoV obuhvata veoma veliki broj čvorova i teritorije raspoređivanja, što svakako zahteva visoku skalabilnost IoV arhitekture.
- *Kvalitet usluge (QoS)*.Različita priroda brojnihIoV komponenti čini značajan izazov zadovoljavanju različitih zahteva QoS-a. Očekuje se da će povezana vozila, RSU i *cloud* servisi igrati ključnu ulogu u budućem ITS-u, vezano za prikupljanje i obradu ogromne količine podataka. IoV sistemi stoga supotrebni za zadovoljenje brojnih zahteva za različitim uslugama. Na primer, usluge bezbednosti zahtevaju malo kašnjenje, visoku efikasnost i pouzdanu isporuku. Zahtevi QoS-a za sigurnosne aplikacije IoV su relativno strogi u smislu propusnosti i kašnjenja, zbog informacija koje treba preneti u realnom vremenu. Slično tome, usluge deljenja medija u IoV-u zahtevaju visoku propusnost i stabilnu vezu. Ovakvi izazovi zahtevaju opsežno istraživanje kako bi se zadovoljili specifični QoS zahtevi različitih IoV aplikacija.
- *Sigurnost i privatnost*. Pouzdana IoV arhitektura treba da obezbedi zaštitu privatnosti i sigurnost komunikacije s kraja na kraj. Prijem pouzdanih informacija iz izvora je važna za primaoca. Međutim, ove informacije mogu narušiti privatnost pošiljaoca. Održavanje razumnog balansa između sigurnosti i privatnosti je jedan od glavnih izazova u IoV-u. U IoV-u, bezbednosne pretnje koje utiču na čak i jedno vozilo mogu rezultirati haotičnim posledicama ugrožavanjem ljudskih života. Postojeća standardizovana bezbednosna rešenja nisu dizajnirana za sisteme kao što je IoV. Na primer, proizvođač može inicijalno da zaštiti svaki pametni deo vozila, međutim buduća bezbednosna ažuriranja bi bila neophodna, tokom njegovog životnog ciklusa. Na primer, otkrivanje bilo kog zlonamernog koda u vozilu koje se kreće treba da bude detektovano bez prekida u uobičajenom radu. U arhitekturi IoV-a, privatnost informacija korisnika je neophodno zaštititi. Štaviše, upravljanje poverenjem između vozila i infrastrukturnih elemenata će biti ključ za osiguranje sigurnosti i privatnosti IoV-a.
- *Energetska efikasnost*. IoV obuhvata nekoliko komponenti koje zahtevaju energiju za njihovo funkcioniranje, vozila, RSU, *Cloud* uređaje, itd. IoV ima sve veći broj komponenti koje mogu značajno povećati potrošnju energije celokupnog sistema. Povezane komponente u IoV-u mogu značajno unaprediti skalabilnost mreže, ali pogoršavaju komunikacione linkove, što rezultira visokom ukupnom potrošnjom energije. Nadalje, dinamičnost i decentralizacija u IoV sistemima pomažu u jačanju individualnih entiteta, koji im daju mogućnost komunikacije sa drugim entitetima mreže. Međutim, individualnost entiteta bi rezultirala obradom, izračunavanjem i skladištenjem određenih informacija na entitetskom nivou, koji bi doveo do eskalacije potrošnje energije na samom entitetu. Energetski efikasna rešenja mogu znatno smanjiti troškove IoV sistema, međutim, potrebno je opsežno istraživanje kako bi se predložio energetski efikasan okvir za skalabilan i fleksibilan sistem.
- *Održivost usluga*. Obezbeđivanje održivosti pružanja usluga u IoV-u predstavlja izazovan zadatak. Postoje brojni izazovi u prilagođavanju svih vozila za pružanje održivih usluga u heterogenim mrežama u realnom vremenu, budući da su podložni ograničenom propusnom opsegu mreže, heterogenom bežičnom pristupu i složenom gradskom okruženju.
- *Radio propagacioni modeli*.Postojeći modeli propagacije radio talasa u mobilnim i *Wi-Fi* radio kanalima nisu adekvatni za primenu u okruženju za vozila, obzirom da suradio talasi u ovakvom okruženju podložni značajnijim degradacijama usled prisustva velikog broja prepreka, kako nepokretnih (zgrade duž ulica, podvožnjaci, mostovi, tuneli i sl.), tako i pokretnih (vozila, autobusi, kamioni i drugi veliki objekti). Stoga se postojeći bežični propagacioni modeli moraju unaprediti kako bi se uzeo u obzir uticaj prepreka na propagaciju radio talasa. Pored toga, postojeći modeli su namenjeni za propagaciju talasa čije su učestanosti niže od onih koje sekoriste za komunikacije u okruženju za vozila (DSRC sistemi koriste opseg od 5.8/5.9 GHz, dok se u budućnosti očekuje i upotreba frekvencija iz mm opsega).Jedan od glavnih izazova je kako održavati liniju optičke vidljivosti neophodnu za potrebe pouzdanih V2X komunikacija za vozila, imajući u vidu da se talasi na tako visokim učestanostima karakterišu lošijim sposobnostima penetracije.

- *Upravljanje resursima.*Komponente IoV sistema, posebno vozila, uglavnom su ograničene resursima, kao što su proračunavanje, obrada, skladištenje i raspoloživi propusni opseg, što rezultira ograničenim računarskim i komunikacionim mogućnostima. Zbog složenih proračunavanja u realnom vremenu, zahtevne obrade aplikacija i skladištenja IoV sadržaja, uključujući zabavne aplikacije u vozilu, društveno umrežavanje, deljenje Interneta i servise zasnovane na lokaciji, postaje sve izazovnije za jedan entitet IoV-a da efikasno podrži sve aplikacije. Da bi se prevazišao ovaj izazov, potrebno je razviti fleksibilnu i robusnu arhitekturu koja može da odgovori na takve zahteve. Zbog dinamičke i heterogene prirode IoV sistema, upravljanje resursima može biti izazovno i može prouzrokovati ozbiljne degradacije performansi. Na primer, bezbednosne aplikacije zahtevaju prioritet pri planiranju resursa; raspoređivanje resursa treba da se vrši sa visokom efikasnošću i pouzdanošću kako bi se sprečili nesretni događaji.
- *Cloud/fog computing.*Implementacija (integracija) tehnologije *cloud/fog computinga* u mreže za vozila ima za cilj unapređenje performansi mobilnih aplikacija (prvenstveno smanjenje kašnjenja i povećanje pouzdanosti komunikacije), povećanje efikasnosti korišćenja resursa mreže, smanjenja računarske kompleksnosti, kao i uštede energije vozila.
- *Softverski definisana mreža (SDN).*SDN predstavlja savremenu mrežnu paradigmu kojom se omogućava značajno unapređenje performansi mreže razdvajanjem upravljačkih funkcija (kontrolne ravni) od funkcije prenosa podataka (ravni podataka). SDN donosi prednosti u pogledu kompatibilnosti, skalabilnosti, brzine prenosa, iskorišćenosti resursa, raspoloživosti, pouzdanosti i sigurnosti komunikacija. Zahvaljujući ovim prednsotima, SDN se smatra veoma atraktivnim pristupom koji može da ispuni izuzetno stroge zahteve pojedinih IoV aplikacija.

5. BEZBEDNOSNI NAPADI U IOV I MOGUĆNOSTI ZAŠTITE

Imajući u vidu heterogenost bežičnih komunikacija, dinamiku saobraćaja i zahteve korisnika, jedan od ključnih izazova se odnosi na informatičko-komunikacionu bezbednost u IoV/VANET okruženju, gde se u fokus mogu staviti napadi tipa vozilo-vozilo (Sakiz i Sen, 2017). Klasifikacija napada koji pripadaju navedenom tipu, može se izvršiti prema vrsti napada u odnosu na pripadnost odgovarajućim slojevima TCP/IP modela (Tabela 1):

Tabela 1.Klasifikacija napada prema pripadnosti slojevima TCP/IP modela (Sakiz i Sen, 2017)

Sloj	**Tip napada**				
Aplikacioni	*Illusion*	*False Positive info*	*Replay*	*Sybil*	
Transportni	*Blackhole*	*Wormhole*			*DoS/DDoS*
Mrežni	/	/	_____	_____	
Fizički /data link	*Passive Eavesdropping*	*GPS spoofing*	*Jamming*	/	

Osim prikazane klasifikacije, česti su i tzv. kombinovani napadi, u kojima se istovremeno primenjuju tehnike koje pripadaju različitim tipovima napada. U nastavku rada dat je kratak pregled osnovnih tipova napada, kao i mogući načini odbrane.

Napadi na fizičkom/datalink sloju. Pasivno prisluškivanje (*Passive Eavesdropping Attack*), po pravilu predstavlja malicioznu aktivnost koja prethodi drugim vrstama napada, poput *Denial of Service* (DoS) ili sl. Suština ove vrste napada je da prikupi informacije o vrsti saobraćaja koja se odvija između targetiranih vozila, koristeći fizičke karakteristike posmatrane bežične komunikacije. Lažiranje GPS pozicije (GPS *spoofing*) predstavlja vrstu napada, gde napadač (upotrebom GPS simulatora sa snažnim predajnikom) šalje lažne GPS informacije targetiranim vozilima, koja su izgubila GPS signal zbog uslova na putu (npr. prolazak kroz tunel). Predloženi mehanizam zaštite (Sakiz i Sen, 2017) podrazumeva upotrebu računskog postupka procene pozicije i brzine na osnovu zapamćenih parametara navigacije u proteklom vremenu. Ometanje signala (*jamming*) je vrsta napada kojim se emitovanjem nelegitimnog saobraćaja, okupira deo RF spektra namenjen odgovarajućim kanalima komunikacije koje koriste targetirana vozila.

Napadi na transportnom sloju. Napadi tipa Crna rupa (*Blackhole*) sprečavaju reemitovanje informacija kroz gubitak paketa u mreži rezultujući da aplikacije koje obaveštavaju vozila o bezbednosti na putu ne mogu slati ili primati kritične podatke. Na primer, sprečavanje distribucije informacija o saobraćajnoj nesreći može da ima kritične posledice po nailazeća vozila. Zaštitna rešenja za ovu vrstu napada generalno sebaziraju na sistemima za nadzor komunikacija ili na sistemima verifikatora kojim se određuje stepen poverenja (reputacije) vozila koje učestvuju u prosleđivanju podataka i vrši „izolacija“ napadača, upotrebom različitih mehanizama, zasnovanim na digitalnim sertifikatima, vremenskim žigovima i sl. (Sakiz i Sen, 2017). Napadima tipa

crvotočina (*Wormhole*), napadači koriste tunelovani saobraćaj za prikupljanje velike količine mrežnih informacija, na osnovu čega mogu nadalje manipulisati saobraćajem.

Napadi na aplikacionom sloju. Napadi stvaranjem iluzije (*Illusion attack*), bazirani su na obmanjivanju targetiranih vozila širenjem lažnih informacija i varanjem senzora, podražavajući specifične situacije u saobraćaju. Jedna od zaštitnih mera predlaže uvođenje tzv. mreže za proveru verodostojnosti (PVN,*Plausibility Validation Network*), koji je u stanju da proveri izlazne podatke senzora i odluči da li su podaci valjani (Sakiz i Sen, 2017). Širenjem lažnih informacija o poziciji (*False position information*) napadač može uzrokovati ozbiljno smanjenje ukupnog odnosa isporuke korisnih informacija među targetiranim vozilima, imajući u vidu da aplikacije koje se odnose na bezbednost u saobraćaju u posmatranom delu puta zahtevaju pouzdane informacije o položaju. Zaštita od ove vrste malicioznih aktivnosti može sadržati različite mehanizme verifikacije, kako na nivou grupe vozila tako i na nivou grupe RSU, formirajući na taj način različite modele poverenja unutar posmatrane grupe vozila (Sakiz i Sen, 2017).

Višeslojni napadi. Napad višestrukim identitetom (*Sybil attack*) može se klasifikovati kao jedan od najopasnijih napada u IoV okruženju. U ovom slučaju vozilo-napadač se predstavlja kao da ima više različitih identiteta, s obzirom da targetirana vozila ne mogu razlikovati da li primljena informacija potiče od jednog ili više vozila. Na ovaj način, napadač može da manipuliše ponašanjem drugih vozila, poput preusmeravanja na alternativne rute ili slanja pogrešnih informacija o stanju na putu okolnim RSU jedinicama. Ipak, kao vid zaštite, razvijeno je više rešenja, poput mehanizma kontrole konzistentnosti, šeme otkrivanja očuvanja privatnosti, DTSA tehnike (*Detection Technique against a Sybil Attack*), *Event Based Reputation System* (EBRS) i sl. (Sakiz i Sen, 2017). Većina navedenih tehnika detekcije napada fokusira se na posmatranje sličnosti putanja kretanja, što je ujedno i najznačajnija karakteristika *Sybil* čvorova. Napad reprodukcijom podataka (*Replay attack*) realizuje se snimanjem legitimnih podataka i njihovim naknadnim emitovanjem, čime se može postići ista reakcija targetovanih vozila, kao u slučaju originalne saobraćajne situacije. Ovaj tip napada može se predupreditи tehnikom vremenskog žiga (Sakiz i Sen, 2017).

Mehanizmi kombinovane zaštite. Mehanizmi kombinovane zaštite, pored navedenih mehanizama detekcije koriste i senzorske grupe na vozilima za verifikaciju postojećeg stanja. Na primer, zaštitni mehanizam verifikuje primljene informacije o susednim vozilima poređenjem sa podacima dobijenim sa prednjeg i zadnjeg radara na vozilu. Analizom sličnosti podataka prikupljenih iz tri različita izvora, donosi se odluka o prihvatanju primljenih podataka (Sakiz i Sen, 2017). Model je dodatno unapređen razvojem adaptivne šeme T-CLAIDS (Kumar i Chilamkurti,2014), na osnovu čega se izračunava tzv. kolaborativni indeks poverenja (CTI, *Collaborative Trust Index*). Nadalje, predložen je i tzv. mehanizam klasterizacije i upotrebe RSU infrastrukture (Sedjelmaci i Senouci, 2015). Osim toga, pokazalo se da pristupi zasnovani na veštačkoj inteligenciji sa mehanizmom posmatranja koji je predložen poslednjih godina imaju potencijal u otkrivanju kombinovanih napada (Sakiz i Sen, 2017), dok noviji pristup (Chen i dr., 2019) uvodi *block-chain* tehnologiju kao efikasno rešenje za izgradnju reputacije vozila.

6. ZAKLJUČAK

IoV kao estenizija IoT paradigme u okruženju za vozila pruža široke mogućnosti za pružanje bezbednosnih aplikacija u saobraćaju, upravljanje saobraćajem u realnom vremenu, kao i podršku brojnih *info-tainment* aplikacija putnicima i vozačima u vozilima. Za razliku od drugih IoT okruženja, vozila imaju niz specifičnih karakteristika u pogledu formiranja mreže, kao što su visok stepen mobilnosti, brza promena topologije, neuniformna distribucija čvorova, različiti uslovi okruženja i dr., koje predstavljaju izazovne probleme koji se moraju rešavati pri dizajniranju i implementaciji IoV arhitektura. U ovom radu sistematizovani su ključni problemi i aspekti razvoja budućeg IoV koncepta, sa posebnim osvrtom na moguće bezbednosne napade. Pravci daljih istraživanja biće usmereni ka rešavanju izazovnih problema i praktičnoj implementaciji IoV sistema u realnim saobraćajnim okruženjima, posebno imajući u vidu trend stalno rastućeg broja vozila i specifičnih zahteva u pogledu njihovog umrežavanja. Pored toga, dalja istraživanja svakako će biti usmerena ka razvoju i primeni metoda veštačke inteligencije, *cloud/fog* računarstva, *big data*, softverski definisanog umrežavanja, kognitivnog radija i drugih naprednih tehnologija u okruženju za vozila, kao ključnih karika u razvoju budućeg koncepta autonomnih vozila.

Zahvalnica

Ovaj rad delimično je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekata pod brojem TR-32025 i TR36012.

7. LITERATURA

Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022, White Paper, February 2019, Document ID:1551296909190103.

Chen, Y. R., Sha, J. R.,& Zhou, Z. H. (2019). IoV Privacy Protection System Based on Double-Layered Chains.Wireless Communications and Mobile Computing, 2019, 1-11.

Contreras-Castillo, J., Zeadally, S., & Guerrero-Ibañez, J. (2017). Internet of Vehicles: Architecture, Protocols, and Security. IEEE Internet of Things Journal. 5(5), 3701-3709.

Kaiwartya, O. et al. (2016). Internet of Vehicles: Motivation, Layered Architecture, Network Model, Challenges and Future Aspects.IEEE Access,4, 5356-5373.

Kumar, N.,&Chilamkurti, N.(2014). Collaborative trust aware intelligent intrusion detection in VANETs.Computers & Electrical Engineering, 40,1981-1996.

Liu, K. et al. (2019). A Hierarchical Architecture for the Future Internet of Vehicles. IEEE Communications Magazine, 57(7), 41-47.

Sakiz, F., & Sen, S. (2017). A survey of attacks and detection mechanisms on intelligent transportation systems: VANETs and IoV.Ad Hoc Networks, 61, 33-50.

Sedjelmaci, H., &Senouci, S.M. (2015). An accurate and efficient collaborative intrusion detection framework to secure vehicular networks.Computers & Electrical Engineering, 43, 33-47.

Wu, W.,Yang, Z.,& Li, K. (2016). Internet of Vehicles and Applications. Internet of ThingsPrinciples and Paradigms. Edited by Buyya, R &Dastjerdi, A.V., 299-317.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

ANALYSIS OF DEVELOPMENT OF THE E-COMMERCE MARKET IN THE REPUBLIC OF SERBIA IN ACCORDANCE WITH THE UNIVERSAL POSTAL UNION PROGRAM

ANALIZA RAZVOJA TRŽIŠTA E-TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI U SKLADU SA PROGRAMOM SVETSKOG POŠTANSKOG SAVEZA

Mladenka Blagojević[a], Momčilo Dobrodolac[a], Dejan Marković[a], Đorđe Popović[b]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, m.blagojevic@sf.bg.ac.rs, m.dobrodolac@sf.bg.ac.rs, mdejan@sf.bg.ac.rs*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, djdjpopovic1970@gmail.com*

Abstract: *The e-commerce market is in the stage of intensive growth throughout the world, primarily in highly developed countries. The growth rate of e-commerce is due to the general penetration of the Internet, as well as higher rate of economic growth. In the past few years this trend is evident in the Republic of Serbia, which greatly affects the operations of postal operators providing services in this segment. The Universal Postal Union has developed a program aimed at improving e-commerce through the creation of a multifunctional, integrated and reliable infrastructure, in order to create a single e-commerce market and accelerate delivery of international parcels. The paper will present the basic principles of the program, will be tested level of development and market potential of the Republic of Serbia in the field of e-commerce. Also, in the paper will be assessed the state and perspectives of further development of e-commerce in accordance with the Universal Postal Union Program in the Republic of Serbia.The economic justification for the introduction of this program in the Republic of Serbia will be examined. This would assess the importance of introducing program for e-commerce development, as well as for better positioning and greater participation of the Republic of Serbia at the global international market.*

Keywords: *parcels, ECOMPRO, e-commerce*

Apstrakt: *Tržište e-trgovine je u fazi intenzivnog rasta u celom svetu, pre svega u visokorazvijenim zemljama. Stopa rasta e-trgovine je posledica opšte penetracije Interneta, kao i veće stope ekonomskog rasta. U poslednjih nekoliko godina ovaj trend se beleži i u Republici Srbiji, što u velikoj meri utiče i na poslovanje poštanskih operatora koji pružaju usluge u ovom segmentu. Svetski poštanski savez je razvio program koji ima za cilj unapređenje elektronske trgovine kroz stvaranje multifunkcionalne, integrisane i pouzdane infrastrukture, kako bi se stvorilo jedinstveno tržište e-trgovine i ubrzala međunarodna dostava paketa. U radu će biti prikazani osnovni principi programa, ispitan nivo razvijenosti i potencijal tržišta Republike Srbije u domenu e-trgovine na domaćem i međunarodnom tržištu. Takođe će biti procenjeni stanje i perspektive daljeg razvoja e-trgovine u skladu sa programom Svetskog poštanskog saveza u Republici Srbiji i ispitana ekonomska opravdanost uvođenja ovog sistema. Time bi se procenio značaj uvođenja programa za unapređenje e-trgovine, kao i za bolje pozicioniranje i veće učešće Republike Srbije na globalnom međunarodnom tržištu.*

Ključne riječi: *paketi, ECOMPRO, elektronska trgovina*

1. UVOD

Poštanski operatori su 2014. godine, pod okriljem Svetskog poštanskog saveza, pokrenuli ambiciozan i revolucionaran razvojni program elektronske trgovine sa ciljem da se poboljša i ubrza međunarodni prenos paketa. Ovaj program nastao je kao reakcija na intenzivan porast obima paketa u međunarodnom saobraćaju koji su, pre svega, posledica e-trgovine i poznat je pod nazivom *UPU E-Commerce Programme*, tj. akronimom *ECOMPRO*.

E-Commerce Programme (ECOMPRO) program je razvijen od strane Svetskog poštanskog saveza (SPS) sa ciljem da se unapredi elektronska trgovina kroz stvaranje multifunkcionalne, integrisane i pouzdane infrastrukture namenjene prvenstveno prodavcima koji učestvuju u procesu e-trgovine (UPU, 2019a). *ECOMPRO* paketska usluga stvorena je kao odgovor na specifične zahteve i promene na tržištu elektronske trgovine i predstavlja poslovnu šansu generisanu sa ciljem da pospeši prekogranični prenos paketa kako bi se stvorilo jedinstveno tržište e-trgovine (UPU, 2019a).

Podatak SPS-a iz 2018. godine govori da je još pri definisanju usluge oko 60 ovlašćenih poštanskih operatora ponudilo *ECOMPRO* paketsku uslugu, u saradnji sa Međunarodnim biroom SPS-a. Zanimljiva je činjenica da je obim *ECOMPRO* pošiljaka narastao od 140 komada u poslednjem kvartalu 2016. godine na impresivnih 1,6 miliona pošiljaka u prvom kvartalu 2018. godine (UPU, 2019a; RATEL, 2019). I pored činjenice da je rast obima ovih pošiljaka značajan, SPS i dalje skreće pažnju ovlašćenim poštanskim operatorima da u svoju ponudu uvrste *ECOMPRO* uslugu, kao i da prihvate uslove pod kojima će se usluga pružati, što je definisano detaljnom *ECOMPRO* specifikacijom koju je SPS definisao i usaglasio sa zemljama članicama.

Sto se tiče tržišta elektronske trgovine u Republici Srbiji, ono je u poslednjih nekoliko godina u fazi intenzivnog rasta, što se u velikoj meri odrazilo i na poslovanje poštanskih operatora koji pružaju usluge u ovom segmentu i koji su e-trgovinu prepoznali kao jedan od bitnih faktora ekonomskog rasta. Imajući to u vidu Vlada Republike Srbije, odnosno nadležno Ministarstvo trgovine turizma i telekomunikacija, u okviru Strategije razvoja poštanskih usluga u Republici Srbiji za period od 2017-2020. godine, predvideli su aktivnosti podrške razvoju e-trgovine u skladu sa *ECOMPRO* programom. Ovim aktivnostima predviđeno je da se do kraja 2020. godine definiše odgovarajući model podrške, razviju i primene odgovarajuće softverske platforme za e-trgovinu od strane poštanskih operatora, razvije jedinstven sistem za praćenje poštanskih pošiljaka e-trgovine od trgovca do kupca od strane poštanskih operatora, a u skladu sa preporukama EU i programom *ECOMPRO*, kao i da se aktivno učestvuje u definisanju sistema za povraćaj robe koja je predmet elektronske trgovine (RATEL, 2019). Svrha i cilj ovog rada je prikazivanje delova istraživanja koje je sprovela Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge upravo u svrhu definisanja samog modela za primenu *ECOMPRO* programa koji doprinosi razvoju e-trgovine u Srbiji.

U radu koji sledi su prikazani osnovni principi *ECOMPRO* programa, analiziran je nivo razvijenosti i potencijal tržišta Republike Srbije u domenu e-trgovine na domaćem i međunarodnom tržištu. Takođe je prikazan odnos između pojedinih zemalja u segmentu e-trgovine i poštanskih usluga u zavisnosti od iskorišćenja resursa koristeći *Data Envelopment Analysis (DEA)* metodu i ispitana ekonomska opravdanost uvođenja ovog sistema u Republici Srbiji. Svi navedeni aspekti doprinose proceni značajnosti uvođenja ovakvog programa za unapređenje e-trgovine. Prikazani rezultati su samo deo rezultata dobijenih studijom Regulatorne agencije za elektronske komunikacije i poštanske usluge (RATEL) sprovedenom na teritoriji Republike Srbije.

2. METODE ISTRAŽIVANJA I OSNOVNI PRINCIPI *ECOMPRO* PROGRAMA

U narednom delu rada prikazani su osnovni principi i odredbe *ECOMPRO* programa, uz prikaz osnovnih rezultata do kojih se došlo tokom istraživanja i analize predmeta rada. Metode koje su korišćene za potrebe istraživanja su opšte metode analize (funkcionalne i komparativne), statističke metode, osnovne ekonometrijske metode i metoda pod nazivom *Data Envelopment Analysis (DEA)*. Ograničenje u radu koje je potrebno istaći je nedostupnost podataka o samom programu u smislu šire zastupljenosti na tržištu i iskustava drugih zemalja u primeni programa. *ECOMPRO* je program Svetskog poštanskog saveza osmišljen da koordinira i ubrza razvoj e-trgovine kroz efikasan poštanski sektor kako bi se olakšala prekogranična trgovina i zasniva se na sledećim osnovnim principima:

- jednostavnost kako za e-prodavca (u maloprodaji), tako i ovlašćenog operatora;
- brza implementacija;
- lako za implementiranje korišćenjem raspoloživih mreža (pisma, paketi i EMS) uz ograničen uslov za dodatno ulaganje;
- održivo rešenje za sve klijente i za ovlašćene operatore porekla/odredišta (RATEL, 2019).

Članovima Svetske poštanske konvencije i Pravilnika svetske poštanske konvencije tarife koje se odnose na *ECOMPRO* pakete definisane su u načelu. Zemlje koje su se prijavile za pružanje *ECOMPRO* paketske usluge dostavile su svoje tarife. Ove tarife su izračunali i dostavili ovlašćeni poštanski operatori i to su:

- iznos po komadu paketa i
- iznos po kilogramu težine paketa.

Ovlašćeni poštanski operatori sami određuju tarife koje plaćaju svi drugi ovlašćeni poštanski operatori zemalja porekla pošiljke. Za određivanje ovih tarifa poštanski operatori razvijaju vlastitu metodologiju koju usklađuju sa ukupnom cenom koštanja usluge, a sa ciljem da kompletna usluga bude profitabilna (RATEL, 2019).

ECOMPRO predstavlja opcionu kategoriju za prenos paketa i svaki ovlašćeni poštanski operator (OPO) može da izabere da pruža uslugu *ECOMPRO* paket. OPO koji želi da ponudi *ECOMPRO* uslugu mora da obavesti Međunarodni biro SPS-a o svojoj nameri da to učini dajući odgovarajući unos u Kompendijum za paketske pošiljke, informacije o izmeničnoj pošti ili aerodromu odredišta koji će vršiti prijem takvih paketa u prispeću (RATEL, 2019). Svaki OPO koji izabere da pruža uslugu *ECOMPRO* mora dostaviti SPS-u sve podatke koji se obavezno skeniraju, a koje prikuplja za ove usluge.

3. NIVO RAZVIJENOSTI I POTENCIJAL TRŽIŠTA REPUBLIKE SRBIJE U DOMENU E-TRGOVINE

Republički zavod za statistiku raspolaže podacima o tipovima aktivnosti korisnika na internetu u Republici Srbiji u 2018. godini. Prema tim podacima 54,6% korisnika je internet koristilo za kupovinu robe ili usluga, pri čemu je nešto više od milion korisnika interneta, odnosno 56,5%, kupovinu ili poručivanje obavilo u poslednja tri meseca.

Posmatrajući period od 2013. do 2018. godine, primećuje se da je broj korisnika interneta koji ga koriste za kupovinu robe ili usluga porastao za više od 50%. Kada je reč o broju stanovnika Srbije koji kupuju preko interneta, on se u ovom periodu duplirao sa oko 900.000 stanovnika koji su obavljali kupovinu u 2013. godini na više od 1.800.000 lica koja su u 2018. godini kupovala ili poručivala robu putem interneta (RZS, 2018). Razmatrajući fizički obim kupovine robe ili usluga putem elektronske trgovine, podaci Narodne banke Srbije (NBS, 2019) govore da je i tu prisutan konstantan intenzivan rast poslednjih nekoliko godina.

3.1 Odnos između pojedinih zemalja u segmentu e-trgovine i poštanskih usluga u zavisnosti od iskorišćenja resursa

Imajući u vidu da Republika Srbija ima status kandidata za članstvo u Evropskoj uniji, od interesa je ispitati odnos država članica Evropske unije i Srbije u segmentu e-trgovine i poštanskih usluga. U studiji RATEL-a analizirana je veza između ulaznih parametara koji utiču na razvoj e-trgovine i poštanskih usluga koje se generišu kao posledica e-trgovine i samih izlaznih parametara koji su od interesa za analizu.

U ovu svrhu upotrebljena je metoda pod nazivom *Data Envelopment Analysis (DEA)*, odnosno analiza obavijanja podataka. Kao ulazne varijable u sistem posmatraju se sledeće:

- procenat korisnika interneta u populaciji jedne zemlje,
- procenat korisnika koji kupuje onlajn iz inostranstva i
- bruto domaći proizvod po stanovniku.

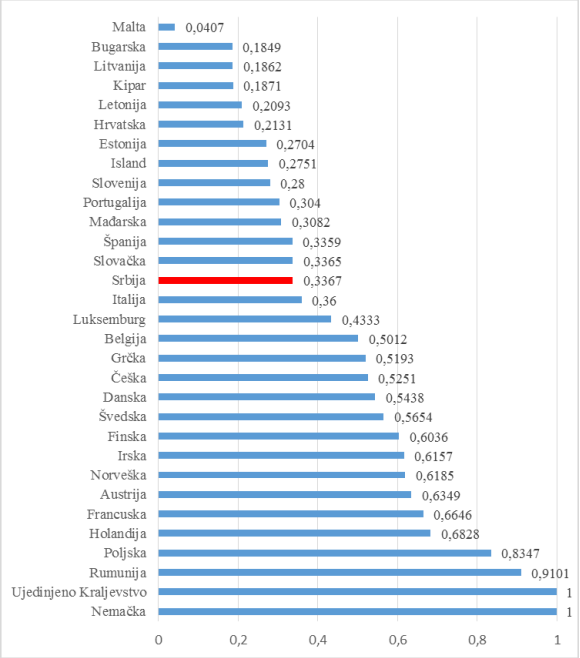
Sa druge strane, kao izlazni rezultat, parametri koji karakterišu tržište e-trgovine i poštanskih usluga, posmatraju se sledeći:

- prihod od e-trgovine po stanovniku i
- broj komercijalnih usluga u državi, tj. KEP pošiljaka (kurirske, ekspres i paketske pošiljke).

Kada je reč o prvoj ulaznoj varijabli, podaci koji su korišćeni u kalkulaciji u okviru *DEA* analize su preuzeti sa portala Internet World Stats. Podaci se odnose na sam kraj 2018. godine. Druga ulazna varijabla opisuje aktivnost posmatrane države u pogledu onlajn kupovine iz inostranstva. Podaci o drugoj ulaznoj varijabli za zemlje Evropske unije preuzeti su iz studije Evropske komisije (European Commission, 2019a). Treća ulazna varijabla odnosi se na kupovnu moć stanovnika u nekoj državi. Za tu svrhu podaci o bruto domaćem proizvodu po stanovniku preuzeti su iz (European Commission, 2019b).

Izlazne varijable u ovoj analizi odnose se na rezultat koji ostvaruje neka država u oblasti e-trgovine. Prva izlazna varijabla odnosi se na prihod od e-trgovine po stanovniku. Druga izlazna varijabla je broj komercijalnih poštanskih usluga u državi, tj. KEP pošiljaka (kurirske, ekspres i paketske pošiljke). Na osnovu opisanih ulaznih i izlaznih varijabli izračunata je efikasnost korišćenja resursa korišćenjem *DEA* metode. Veći koeficijent efikasnosti ukazuje da određena zemlja bolje koristi svoje ulazne resurse za ostvarivanje izlaza, tj. prihoda od e-trgovine i broja KEP pošiljaka. Usled ograničenosti obima rada, svi korišćeni ulazni podaci za *DEA* metodu i svi dobijeni rezultati ne mogu biti tabelarno i u potpunosti prikazani, ali su dostupni na zahtev.

Na Slici 1. rangirane su zemlje prema efikasnosti korišćenja svojih resursa. Kao što se može primetiti, Republika Srbija je na 18. mestu u uzorku od 31 zemlje. Može se reći da je u pitanju solidan rezultat, ali ipak ispod proseka što znači da ima značajnog prostora za unapređenje u polju e-trgovine (RATEL, 2019).



Slika 1. Rangiranje zemalja prema efikasnosti korišćenja resursa

3.2 Daljinska prodaja u unutrašnjem poštanskom saobraćaju

Jedan od značajnih pokretača e-trgovine u današnje vreme svakako jeste i postojanje mogućnosti daljinske prodaje. Daljinska prodaja (daljinska trgovina) generiše rast broja pošiljaka kako u unutrašnjem tako i u međunarodnom poštanskom saobraćaju i na ovaj vid trgovine treba obratiti posebnu pažnju od strane poštanskih operatora u smislu negovanja odnosa sa e-prodavcima i e-kupcima. Plaćanje robe može biti elektronskim putem ili pouzećem, a dostava robe kupcima je posredstvom poštanskih pošiljaka i na domaćem tržištu su to u najvećoj meri ekspres pošiljke. Ova činjenica ide u prilog poštanskim operatorima kao mogućnost za zauzimanje liderske pozicije u dostavi ovakvih pošiljaka i ostvarivanje značajnog uticaja na razvoj e-trgovine u zemlji.

Prema istraživanju koje je sproveo RATEL došlo se do podataka o obimu pošiljaka koje su posledica daljinske prodaje. Pošiljke koje su posledica daljinske prodaje i koje beleže ekspanziju na evropskom tržištu čine skoro 1/3 ukupnih ekspres pošiljaka u 2018. godini na tržištu Republike Srbije.

Pošiljke od daljinske prodaje koje sadrže dokumenta učestvuju sa 7,4% u obimu ekspres pošiljaka koje sadrže dokumenta do 500g, dok pošiljke od daljinske prodaje koje sadrže robu do 500 g učestvuju sa preko 40%. Pošiljke od daljinske prodaje koje sadrže robu učestvuju sa preko 26% u ukupnim ekspres pošiljkama u UPS-u, odnosno pošiljke do 2 kg koje sadrže robu čine preko 20% ukupnih ekspres pošiljaka u UPS-u.

Iz prikazanih podataka može se zaključiti da ekspres usluge prate trend kontinuiranog rasta obima. Takav trend je odraz interesovanja korisnika za uslugama tog tipa, tj. interesovanja korisnika za e-trgovinu i daljinsku prodaju.

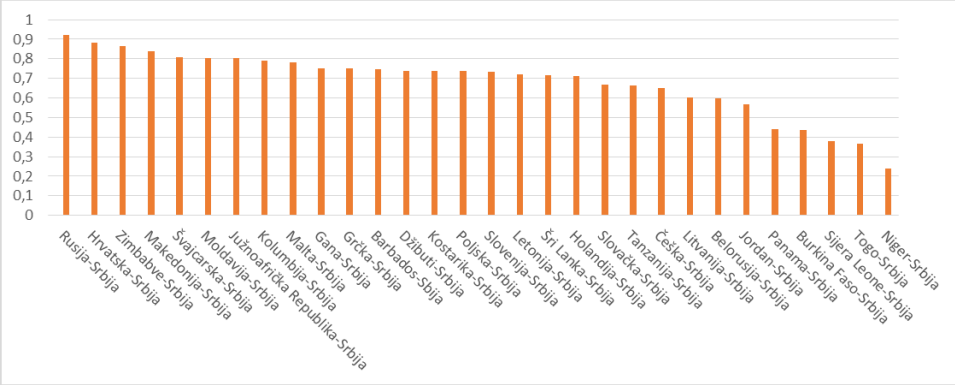
4. STEPEN KORELACIJE IZMEĐU POŠTANSKOG TRŽIŠTA U REPUBLICI SRBIJI I TRŽIŠTA NA KOJIMA JE PRIHVAĆEN *ECOMPRO* PROGRAM

U sprovedenoj studiji RATEL-a po pitanju *ECOMPRO* programa u Republici Srbiji posmatrane su, u pogledu uporedivosti sa tržištem Republike Srbije, zemlje članice *ECOMPRO* programa koje su ovaj program primenile. Da bi tržišta posmatranih zemalja mogla da se porede bilo je neophodno definisati set usluga i parametara po kojima će se poređenje vršiti i time rangirati zemlje čija su tržišta u prihvatljivoj meri kompatibilna sa tržištem u Srbiji. Dobijeni rang služi kao preporuka ovlašćenom poštanskom operatoru u pogledu uspostavljanja saradnje u segmentu *ECOMPRO* usluge.

Za svaku zemlju članicu *ECOMPRO* programa, kao ulazni podaci (parametri) za određivanje međusobnog odnosa te zemlje i Republike Srbije, tj. za dobijanje indeksa kompatibilnosti po raznim parametrima bitnim za *ECOMPRO* program, korišćeni su:

- broj međunarodnih pismonosnih pošiljaka u polazu i dolazu;
- broj međunarodnih KEP (kurirske, ekspres i paketske) pošiljaka u polazu i dolazu;
- procenat korisnika interneta u populaciji jedne zemlje;
- bruto domaći proizvod po stanovniku (u int.$);
- poštarina za dostavu paketa e-trgovine (u *SDR-Special Drawing Rights*) (RATEL, 2019).

Kao izlazni podaci dobijeni su koeficijenti korelacije za vremenske serije (2015., 2016. i 2017. godina) koje opisuju obim međunarodnih pismonosnih pošiljaka u polazu i dolazu svake od posmatranih zemalja i Srbije, koeficijenti korelacije za vremenske serije (2015., 2016. i 2017. godina) koje opisuju obim međunarodnih KEP pošiljaka svake od posmatranih zemalja i Srbije, odnosi vrednosti BDP-a svake posmatrane zemlje i Srbije, odnos procenta korisnika interneta u populaciji svake od posmatranih zemalja i Srbije i odnos vrednosti poštarine za dostavu paketa e-trgovine svake od posmatranih zemalja i Srbije. Na kraju se računa indeks kompatibilnosti svake od posmatranih zemalja sa Srbijom. Indeks je dobijen kao prosečna vrednost izlaza pet prethodno opisanih ulaznih parametara. Veća vrednost indeksa kompatibilnosti ukazuje na veću sličnost poštanskog tržišta posmatrane zemlje sa primenjenim *ECOMPRO* programom i tržišta u Republici Srbiji u domenu *ECOMPRO* programa i njegove buduće primene. Narednom slikom dat je rang zemalja prema indeksu kompatibilnosti (Slika 2).



Slika 2. Rangiranje zemalja prema indeksu kompatibilnosti tržišta

Na osnovu svih posmatranih ulaznih parametara i dobijenih izlaznih odnosa zaključuje se da je iz skupa posmatranih zemalja članica *ECOMPRO* programa našoj zemlji, sa aspekta *ECOMPRO* tržišta, najsličnija Rusija. Zatim slede Hrvatska, Zimbabve, Makedonija, Švajcarska, Moldavija, itd. Ovaj podatak je od značaja za procenu budućih pravaca za uspostavljanje saradnje sa posmatranim zemljama. Na osnovu indeksa kompatibilnosti moguće je definisati kriterijume za identifikaciju potencijalnih zemalja sa kojima bi bilo opravdano zaključiti bilateralne sporazume za saradnju u okviru *ECOMPRO* programa.

5. EKONOMSKA OPRAVDANOST UVOĐENJA *ECOMPRO* PROGRAMA U REPUBLICI SRBIJI

Ekonomska opravdanost uvođenja *ECOMPRO* programa podrazumeva dalji razvoj e-trgovine, na osnovu čega bi se generisao dodatan broj pošiljaka, a time i povećao profit ovlašćenog poštanskog operatora. Očekivani veći obim pošiljaka bio bi u interesu OPO kako u smislu polaza u inostranstvo, tako i u smislu dolaza.

Kada je reč o dolazu, osnovni princip *ECOMPRO* programa jeste da ponudi niže cene dostave u odredišnim zemljama kako bi prenos pošiljaka koje se generišu kao posledica e-trgovine, a prenose ih ovlašćeni poštanski operatori, bile konkurentnije. Međutim, postavlja se pitanje kako se niže cene usluge odražavaju na profit poštanskih operatora.

Pretpostavka je da su troškovi pružanja tradicionalnih poštanskih usluga kojima se do sada prenosila roba kupljena u okviru e-trgovine približno ili potpuno isti kao i troškovi prenosa *ECOMPRO* pošiljaka. U tom smislu, akcenat je na proceni nivoa prihoda u situaciji kada je OPO pristupio *ECOMPRO* programu i kada to nije slučaj.

Prihod, koji je od značaja za donošenje odluke o opravdanosti uvođenja *ECOMPRO* programa u Republici Srbiji, mogao bi se prikazati izrazom 1, *y* predstavlja ostvaren prihod, *c* cenu usluge koju ostvaruje OPO, na primer, u slučaju dolaza cenu dostave, a *x* broj pošiljaka.

$$y = c * x \tag{1}$$

Ako uvedemo sledeće oznake:

y_t – prihod ostvaren u tradicionalnom sistemu rada, tj. ukoliko OPO nije uveo *ECOMPRO* program,

y_e – prihod ostvaren u novom sistemu rada, tj. ukoliko OPO jeste uveo *ECOMPRO* program,

c_t– cena usluge u tradicionalnom sistemu rada, tj. ukoliko OPO nije uveo *ECOMPRO* program,

c_e – cena usluge u novom sistemu rada, tj. ukoliko OPO jeste uveo *ECOMPRO* program,

x_t – obim pošiljaka ostvaren u tradicionalnom sistemu rada, tj. ukoliko OPO nije uveo *ECOMPRO* program,

x_e – obim pošiljaka ostvaren u novom sistemu rada, tj. ukoliko OPO jeste uveo *ECOMPRO* program (www.ratel.rs, 2019).

Iz izraza 1 slede i izrazi 2 i 3.

$$y_t = c_t * x_t \tag{2}$$

$$y_\mathrm{e} = c_e * x_\mathrm{e} \tag{3}$$

Budući da je osnovna pretpostavka *ECOMPRO* programa da je cena usluge manja u odnosu na tradicionalan prenos pošiljke, to se može zapisati nejednačinom 4.

$$c_\mathrm{e} < c_t \tag{4}$$

U slučaju da OPO uvede *ECOMPRO* program, a da obim pošiljaka ostane na istom nivou (tj. u tom slučaju važi x_t=x_e), a imajući u vidu nejednačinu 4, tada je jasno da će prihod u sistemu *ECOMPRO* biti manji nego u tradicionalnom scenariju. Dolazi se do zaključka da je ekonomski opravdano uvesti *ECOMPRO* program samo u slučaju povećanja obima pošiljaka, i to u tolikom obimu da je zadovoljena nejednačina 5, tj. da ukupni prihodi u sistemu *ECOMPRO* budu veći u odnosu na tradicionalni koncept.

$$y_\mathrm{e} > y_t \tag{5}$$

Da bismo došli do konkretne vrednosti obima pošiljaka koji je potrebno ostvariti da bi bilo ekonomski opravdano uvesti *ECOMPRO* program, u nejednačini 5 se zamenjuju odgovarajuće vrednosti (videti nejednačine 6 i 7) (RATEL, 2019).

$$c_e * x_\mathrm{e} > c_t * x_t \tag{6}$$

odakle sledi, budući da je c_e>0,

$$x_\mathrm{e} > \frac{c_t}{c_e} * x_t \tag{7}$$

Odluka o ekonomskoj opravdanosti uvođenja *ECOMPRO* programa donosi se na osnovu ravnotežne tačke gde su prihodi u oba koncepta jednaki, a zatim od nje nastupa deo gde se povećanjem obima *ECOMPRO* pošiljaka, povećava i prihod OPO, što predstavlja oblast gde je ekonomski opravdano uvesti *ECOMPRO* program.

6. UTICAJ RAZVOJA *ECOMPRO* PROGRAMA NA TRŽIŠTE POŠTANSKIH USLUGA

Uvođenjem *ECOMPRO* programa otvara se mogućnost za promenu na tržištu poštanskih usluga u pogledu obima pošiljaka. Za očekivati je da će, pravilnom implementacijom ovog programa, doći do porasta broja pošiljaka, pre svega u domenu paketa, kroz uslugu *ECOMPRO* paket koja je već u periodu od 2016. do 2018. godine zabeležila konstantan porast i to od 140 paketa iz poslednjeg kvartala 2016. godine do 1,6 miliona paketa u prvom kvartalu 2018. godine.

Usled neraspolaganja podacima o broju *ECOMPRO* paketa konkretno po zemljama članicama ovog programa, za potrebe istraživanja uticaja razvoja *ECOMPRO* programa na tržište poštanskih usluga generalno razmatrani su podaci o broju međunarodnih pismonosnih pošiljaka u polazu i dolazu i podaci o međunarodnim

KEP pošiljkama u polazu i dolazu za izabrani set zemalja. Ove usluge su izabrane jer se smatra da *ECOMPRO* pošiljke spadaju u njihov domen. Posebno su posmatrane zemlje članice *ECOMPRO* programa, a posebno ostale izabrane zemlje čiji su podaci bili raspoloživi, a nisu članice *ECOMPRO* programa. Podaci su preuzeti iz baze podataka Svetskog poštanskog saveza i samim tim odnose se na ovlašćene poštanske operatore (RATEL, 2019).

Podaci o pomenutim vrstama pošiljaka posmatrani su u periodu od 2015. do 2017. godine za zemlje članice (uključujući Republiku Srbiju) *ECOMPRO* programa i zemlje koje nisu u *ECOMPRO* programu. Za oba seta zemalja razmatrana je procentualna promena u obimu međunarodnih pismonosnih pošiljaka i međunarodnih KEP pošiljaka, po pomenutim godinama.

Posmatrajući dobijene procente promene broja pošiljaka po godinama, po zemljama, vidimo da u oba seta zemalja dolazi do ravnomerne zastupljenosti i rasta i pada broja pošiljaka u periodu od 2015. do 2017. godine. Otprilike je podjednak broj zemalja u kojima obim pošiljaka raste i u kojima opada.

Kada se posmatra prosečan procenat promene broja pošiljaka na nivou seta zemalja, dobija se sledeći rezultat (Tabela 1):

Tabela 1. Prosečan procenat promene broja međunarodnih pismonosnih pošiljaka i međunarodnih KEP pošiljaka za oba seta zemalja

Zemlje članice *ECOMPRO* programa		**Zemlje koje nisu članice *ECOMPRO* programa**	
Prosečan % promene za pism. poš. za sve zemlje	Prosečan % promene za KEP poš. za sve zemlje	Prosečan % promene za pism. poš. za sve zemlje	Prosečan % promene za KEP poš. za sve zemlje
16,7	14,0	-3,1	12,8

Analizirajući konačan rezultat dat Tabelom 1 može se zaključiti da set zemalja koje su članice *ECOMPRO* programa ostvaruje veći i pozitivniji procenat promene u pogledu oba tipa posmatranih pošiljaka u odnosu na zemlje koje nisu članice *ECOMPRO* programa. Tako, za ovaj set zemalja, prosečan procenat promene obima međunarodnih pismonosnih pošiljaka po svim pripadajućim zemljama iznosi 16,7%, što je bolji rezultat u odnosu na zemlje koje ne primenjuju *ECOMPRO* program i koje ostvaruju procenat promene u vrednosti -3,1% (RATEL, 2019).

U domenu međunarodnih KEP pošiljaka zemlje koje su članice *ECOMPRO* programa takođe ostvaruju bolji procenat promene (14%) koji je veći u odnosu na zemlje koje nisu u *ECOMPRO* programu (12,8%).

Zaključak na osnovu dobijenih rezultata mogao bi se izvesti u pravcu pozitivnog efekta primene *ECOMPRO* programa po pitanju, pre svega, porasta broja KEP pošiljaka, a i međunarodnih pismonosnih jer obe vrste pošiljaka mogu biti posledica elektronske trgovine. Na osnovu raspoloživih podataka može se rezimirati da zemlje sa *ECOMPRO* programom ostvaruju rast broja pošiljaka koji se može pripisati i pozitivnim efektima samog programa. Samim tim dolazi i do pozitivnih promena na tržištu poštanskih usluga, kao posledica primene *ECOMPRO* koncepta (RATEL, 2019).

7. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Pošta Srbije je na određen način krenula da se uključuje u proces međunarodne elektronske trgovine, a ostvarila je i kontakte sa vodećim kompanijama u oblasti e-trgovine. Povezivanje privrednika iz Srbije sa liderima u e-trgovini omogućilo bi plasiranje robe i usluga van zemlje i na taj način bi se pospešio ekonomski razvoj na nacionalnom nivou što bi pozitivno uticalo i na zaposlenost. Tome bi svakako doprinelo i izmena carinskih i poreskih zakona i podzakonskih akata jer bi se na taj način stvorili uslovi za značajniji razvoj e–trgovine u Srbiji.

Sposobnost mikro, malih i srednjih preduzeća da se probiju na strana tržišta putem e-trgovine je pitanje od interesa za sve poštanske operatore, korisnike, trgovinska udruženja i vladine zvaničnike. Neki poštanski operatori u svetu su ostvarili lidersku prednost tako što su svojim korisnicima obezbedili pristup svojim onlajn e-biznis platformama. U tom pravcu i Pošta Srbije je već preduzela određene početne korake kroz pristupanje *ECOMPRO* programu Svetskog poštanskog saveza. Pošta Srbije je kao ovlašćeni poštanski operator za sada samo definisala tarife po kojima nudi *ECOMPRO* paketsku uslugu. Kako bi se Pošta Srbije u potpunosti uključila u *ECOMPRO* projekat potrebno je da u narednom periodu sprovede određene korake u pravcu obezbeđenja razmene elektronskih podataka, obezbeđenja dostavljanja skeniranih podataka SPS, razvijanja elektronskog praćenja do dostave, definisanja sistema vraćanja paketa, potpisivanja bilateralnih ugovora sa OPO

u odabranim zemljama, što bi bili i pravci budućih istraživanja u vezi sa *ECOMPRO* programom u Republici Srbiji.

Kod ovlašćenog poštanskog operatora u Srbiji pošiljke koje nastaju kao posledica e-trgovine nisu u obimu najzastupljenije, ali ono što treba imati u vidu jeste da se mogu smatrati glavnim faktorom rasta i razvoja poštanskog saobraćaja. Takođe, kada su u pitanju privatni poštanski operatori, uglavnom se uočava stalna tendencija rasta u obimu saobraćaja. Određeni poštanski operatori zabeležili su porast poštanskih pošiljaka i do 50% u odnosu na prethodnu godinu, a zasluge za ovaj porast mogu se tražiti upravo u oblasti e-trgovine. Dakle, može se zaključiti da poštanski operatori koji adekvatno iskoriste eksponencijalni rast u oblasti e-trgovine, mogu očekivati odgovarajuće benefite i u sopstvenom poslovanju i tržišnom učešću.

8. LITERATURA

European Commission, (2019a). http://ec.europa.eu/growth/sectors/postal-services/studies_en, pristupljeno 15.07.2019.

European Commission, (2019b). https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/sdg_10_10, pristupljeno 15.07.2019.

https://www.internetworldstats.com/stats.htm, pristupljeno 15.07.2019.

Narodna banka Srbije, (2019). https://www.nbs.rs, pristupljeno 14.07.2019.

RATEL, (2019). www.ratel.rs, pristupljeno 28.07.2019.

RZS, (2018). Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Republici Srbiji, godišnje publikacije

UPU, (2019a). The UPU E-Commerce Programme (ECOMPRO)

UPU, (2019b). www.upu.int, pristupljeno 19.07.2019.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

INTERNET OF THINGS AND SMART CITIES

INTERNET INTELIGENTNIH UREĐAJA I PAMETNI GRADOVI

Pavle Gladović[a], Nemanja Deretić[b]

[a] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradović Square 6, Novi Sad 21000, Serbia, anaipavle@gmail.com*

[b] *Belgrade business academy for applied studies, Kraljice Marije 73, Belgrade 11000, Serbia, nemanja.deretic@bpa.edu.rs*

Abstract: *The application of the internet of things has become especially popular in many different areas: intelligent production, transport, logistics, ecology, health care, smart energy networks, smart homes, smart cities, etc. Internet of things includes sensors, actuators, electronic processing, microcontrollers, software, communication services and information services related to the intelligent devices. According to various estimates, until the year 2050, two-thirds of the population will live in urban areas. This development of the situation will require enormous efforts by all services involved in city management. One of the solutions could be technologies of the smart city, where different aspects have to be taken into account. The paper presents some of standards, architectures, protocols and applications related to the internet of things. The methods used in this paper are: research of case studies, analysis of reports about the application and examples of use of the internet of things in city management. Solving of traffic congestion and parking problems are strong enough reasons for using the internet of things in the smart cities. The paper points to the contribution of the internet of things, both at the individual and community level. At the city level, professional services achieve better productivity because of better use of data in the decision-making process.*

Key words: *information technology, intelligent transport systems, urban development*

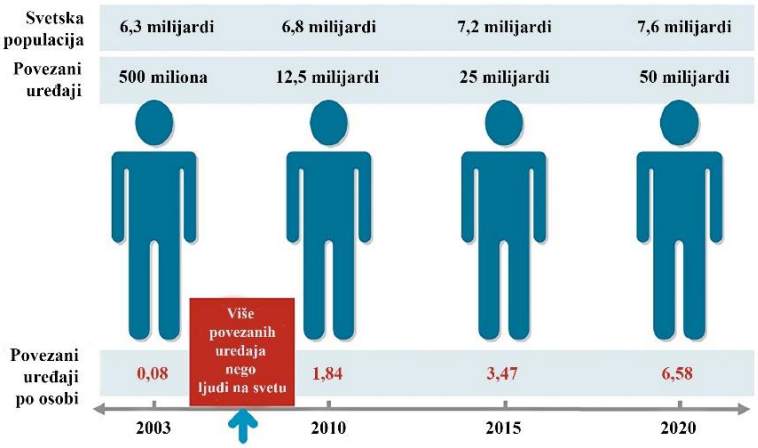
Apstrakt: *Primena interneta inteligentnih uređaja je u poslednje vreme postala naročito popularna u nizu različitih oblasti: inteligentna proizvodnja, transport, logistika, ekologija, briga o zdravlju, pametne energetske mreže, pametne kuće, pametni gradovi i dr. Internet inteligentnih uređaja obuhvata senzore, aktuatore, elektronsku obradu, mikrokontrolere, softver, komunikacione servise i informacione servise vezane za inteligentne uređaje. Prema različitim procenama, do 2050. godine, dve trećine populacije će živeti u gradskim područjima. Ovakav razvoj situacije zahtevaće ogromne napore svih službi koje učestvuju u upravljanju gradom. Jedno od rešenja mogu biti tehnologije pametnog grada, gde se moraju uzeti u obzir različiti aspekti. U radu su prikazane neki od standarda, arhitekture, protokoli i aplikacije vezane za internet inteligentnih uređaja. Metode koje su korišćene u radu su: istraživanje studija slučaja, analiza izveštaja o primeni i primera korišćenja interneta inteligentnih uređaja u upravljanju gradom. Rešavanje saobraćajnih zagušenja i problema parkiranja su dovoljno jaki razlozi za primenu interneta inteligentnih uređaja u pametnim gradovima. Značaj rada je što ukazuje na doprinos korišćenja interneta inteligentnih uređaja, i na nivou pojedinca i na nivou zajednice. Na nivou grada, stručne službe postižu bolju produktivnost zbog boljeg korišćenja podataka u procesu odlučivanja.*

Ključne riječi: *informacione tehnologije, inteligentni transportni sistemi, razvoj gradova*

1. UVOD

Internet inteligentnih uređaja (engl. Internet of Things - IoT) nije novi koncept. Izraz IoT je skovan kasnih devedesetih godina prošlog veka (Walport, 2014), dok mnoge suštinske komponente poput poluprovodnika i bežičnih mreža postoje decenijama unazad. Prema (Evans, 2011), koreni IoT-a kreću od instituta MIT (Massachusetts Institute of Technology), odnosno iz njihovog Auto-ID centra. Ovaj centar je osnovan 1999. godine i radio je u oblasti identifikacije putem radio frekvencije (engl. Radio frequency identification - RFID) i spajanja više tehnologija senzora. Laboratorija se sastojala od sedam istraživačkih univerziteta smeštenih na četiri kontinenta. Ove institucije je izabrao Auto-ID centar za dizajn arhitekture za IoT. U radu (Evans, 2011) se pominje definicija Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), da je IoT nastao u trenutku kada je više

„stvari ili objekata“ bilo povezano na Internet nego ljudi (Slika 1). IoT opisuje svet u kojem su svakodnevni predmeti povezani u mrežu tako da podaci mogu da se dele.



Slika 1. IoT je „rođen“ između 2008. i 2009. godine

Izvor: Evans, D. (2011).

Više milijardi korisnika širom sveta već ima „pametne“ telefone. Prema podacima Statista (2019), u 2018. godini je bilo 3 milijarde korisnika. Ovi telefoni pomažu svom korisniku u donošenju odluka, a pametni telefoni su samo početak. U budućnosti ćemo nositi senzore koji mere parametre našeg zdravlja i kako se krećemo u okruženju u kome živimo. Prema (Walport, 2014), IoT ima potencijal da ima veći uticaj na društvo od prve digitalne revolucije. U skladu sa (Alavi i dr., 2018), zahvaljujući brzom razvoju tehnologije cloud, povećanju kapaciteta skladištenja i efikasnosti obrade podataka, i smanjenju troškova izrade i troškova instalacije, upotreba senzora je značajno porasla u poslednjih nekoliko decenija. Koristeći razne informaciono-komunikacione tehnologije, prema navedenom izvoru, očekuje se od 50 do 100 milijardi uređaja povezanih sa Internetom do kraja 2020. godine.

Prema (Chen i dr., 2014), u Kini je 2014. godine postojalo najmanje 9 milijardi međusobno povezanih uređaja, a očekuje se da će dostići 24 milijarde uređaja do 2020. godine. Prema navedenom izvoru, Kina ubrzava razvoj IoT-a i definiše ga kao novi motor ekonomskog rasta. Razvojni planovi „pametnih“ gradova su u Kini podeljeni u tri faze: 1) faza inicijalne izgradnje infrastrukture; 2) faza izgradnje postrojenja za obradu podataka; i 3) faza za izgradnju uslužno-servisne platforme. Savremeni gradovi suočavaju se sa kritičnim nivoom u efikasnosti upravljanja i ostalim pitanjima kvaliteta života u gradu zbog njihovog brzog rasta.

Prema (Evans, 2011; Walport, 2014), „pametni“ grad se može definisati kao moderan grad koji funkcioniše na inteligentan i održiv način kako bi se osigurala održivost i efikasnost. Ovaj cilj se može postići integrisanjem raznolike infrastrukture i usluga u udružene jedinice tako da ih inteligentni uređaji mogu nadgledati i kontrolisati.

2. TEHNOLOGIJE U IOT

Standardi igraju centralnu ulogu u omogućavanju stvaranja tržišta za nove tehnologije. Kao što je to tipično za nove tehnologije, postoji konkurencija između korporacija u nametanju standarda i kod IoT. Ako se pitanju standarda ne posveti u dovoljnoj meri, postoji rizik od restriktivnih standarda koje postavljaju i sprovode monopolistički pružaoci usluga. Sa druge strane, može da se desi segmentacija tržišta što bi uticalo na smanjenje interoperatibilnosti uređaja. Sve navedeno može da usporava rast IoT i da smanji mogućnost primene IoT. Da bi IoT napredovao, princip interoperabilnosti mora da se primenjuje u svim delovima sistema, uključujući prenosne mreže i podatke koji se prenose, a takođe trebalo bi da podrži energetsku efikasnost. Prema izveštaju (EY, 2019), osnovnu arhitekturu sistema potrebnu za IoT čine sledeći elementi (Slika 2):

- Aplikacija i interakcija korisnika – saradnja koja uključuje ljude, aplikacije i poslovne procese.
- Cloud server – Računarski sistemi/platforme sa obradom podataka u realnom vremenu i kapacitetom za analizom podataka, skladištenjem i dostavom sadržaja, i hosting aplikacije.
- Mreža – Internet pristup: wireless/wired, Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, VPN, Cellular 2G/3G/4G.
- Gateway – Komunikacioni standardi i protokoli koje omogućavaju povezivanje do senzora i do mreže.

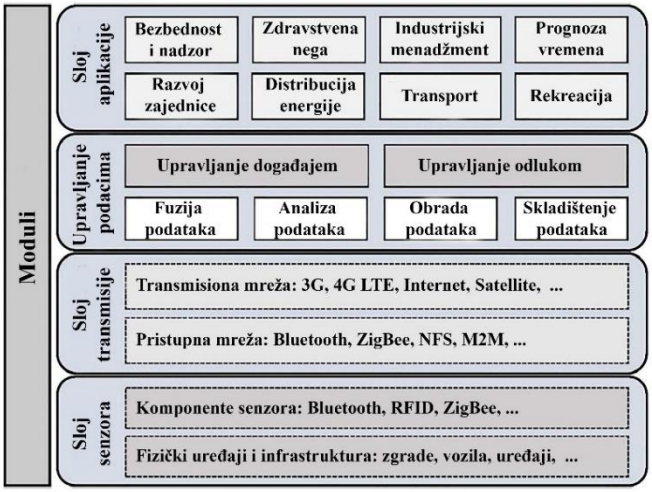
- Fizički objekti i uređaji – Objekti su opremljeni senzorima i aktuatorima i na taj način je data mogućnost da emituju, primaju i obrađuju signale. Senzori pretvaraju informacija iz fizičkog okruženja u signal. Aktuatori reaguju na signal senzora i pretvaraju u izlaz.

Slika 2. Osnovna arhitektura sistema potrebna za IoT

Izvor: EY. (2019). Internet of Things, Human-machine interactions that unlock possibilities.

Prema dostupnim izveštajima (Evans, 2011; Walport, 2014), nekoliko potencijalnih prepreka ima potencijal da uspori razvoj IoT-a. Tri najveće prepreka su primena IPv6 (Internet Protocol version 6), napajanje senzora i dogovor o standardima. U pogledu primene IPv6, na svetskom nivou je ponestalo IPv4 (Internet Protocol version 4) adresa u februaru 2010. godine. U široj javnosti, ovo nije imalo odjeka, ali ova situacija je mogla da uspori napredak IoT, jer su za milijarde novih senzora potrebne jedinstvene IP adrese.

Pored toga, IPv6 olakšava upravljanje mrežama zahvaljujući mogućnosti automatske konfiguracije i nudi poboljšane sigurnosne funkcije. Da bi IoT dostigao svoj puni potencijal, senzori trebaju da budu samoodrživi. Potrebno je osmisliti načine na koji će senzori da generišu napajanje iz elemenata okoline kao što su: vibracije, svetlost, strujanje vazduha i dr. Iako je postignut veliki napredak u oblasti standarda, potrebno je da se učine veći napori, a posebno u oblastima bezbednosti, privatnosti, arhitekture i komunikacija. Organizacija IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) je samo jedna od organizacija koje rade na rešavanju ovih izazova osiguravajući da IPv6 paketi mogu biti preusmereni na različite tipove mreža. U radu (Silva, Khan i Han, 2018), je prikazana slojevita arhitektura pametnog grada (Slika 3).



Slika 3. Slojevita arhitektura „pametnog" grada

Izvor: Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018).

3. TRENDOVI RAZVOJA IOT U PAMETNIM GRADOVIMA

U razvoju IoT, prema (Stanley, 2014), postoji više značajnih trendova. Prvi značajan trend je dostupnost jeftinijih poluprovodnika. Sakupljanje složenih i vrednih podataka ne bi bilo moguće bez ekonomski isplativih senzora, kontrolera i predajnika. Za uređaje IoT ovi čipovi takođe moraju da ispunjavaju zahteve u pogledu veličine i snage. Drugi značajan trend je veća dostupnost mreže i povećanje mrežnih kapaciteta. Mreže fiksne telefonije, wi-fi i mobilne mreže su se proširile kako bi ispunile zahteve više milijardi korisnika Interneta širom sveta. Treći značajan trend su poboljšanja u upravljanju i skladištenju podataka. Dugi niz godina, serveri za skladištenje podataka su zauzimali veliki deo budžeta za informacione tehnologije. Porast softvera otvorenog koda, poboljšanje hardvera i korišćenje skladištenja podataka zasnovanom na oblaku su smanjili troškove i pojednostavili čuvanje i organizovanje mnogo većih skupova podataka. Četvrti značajan trend je razvoj sve

snažnije analitike i aplikacija. Nove tehnike i tehnologije su razvijene za korišćenje mnoštva podataka koji su stvoreni na osnovu tri prethodna trenda. Tehnike i algoritmi mašinskog učenja postaju poslovna potreba u mnogim industrijama, omogućavajući im da shvate ogromne količine podataka u skoro realnom vremenu.

Kako se navodi u radu (Grimaldi, i Fernandez, 2019), inicijative za razvijanje „pametnih" gradova se najčešće javljaju kako bi se zadovoljilo pet tipova gradskih potreba:

- Podaci o saobraćaju omogućavaju građanima da znaju putanju i trajanje putovanja do svog odredišta na osnovu trenutnog protoka vozila na gradskoj mreži i prosečnih brzina vozila. Gradske službe za regulisanje saobraćaja mogu koristiti ove informacije o blokadi ili saobraćajnim nezgodama kako bi u realnom vremenu preduzele akcije za upravljanje saobraćajem, pozivanjem policije ili službi hitne pomoći.
- Informacije o vremenskim uslovima poput temperature, kiše, vlage, pritiska, brzine vetra i nivoa vode na rekama, jezerima, branama i drugim rezervoarima vode omogućavaju vlastima da spreče poplave i probijanje brane i pravilno upravljaju akumulacijama kako bi zadovoljili potrebe građana za vodom.
- Informacija o najbližem slobodnom parking mestu ima za cilj smanjenje potrošnje goriva i smanjenje gubitka vremena koji se mogu utrošiti drugačije, u kupovini ili u drugim aktivnostima kao što su zabava ili sport.
- Podaci o zagađivanju okoline, uključujući informacije o stanju zagađenosti vazduha kao što su prisustvo teških metala, ugljen-monoksida, sumpor-dioksida, omogućavaju da se pravovremeno obavesti javnost kada bilo koja od ovih materija prelazi dozvoljeni prag. Ovi podaci su od posebnog značaja, kako bi se sprovele neophodne akcije za zaštitu dece, starih lica, ljudi koji se bave fizičkim aktivnostima na otvorenom ili hronično obolelih ljudi.
- Kamere instalirane u gradu za nadgledanje ljudskih aktivnosti pružaju relevantne informacije iz bezbednosnih razloga. Koristi ovog sistema su velike kao npr. za rešavanje pljački, ukradenih automobila, ukradenih ličnih stvari, fizičkih napada, ali i u reagovanju protiv bilo kakvih ilegalnih demonstracija ili okupljanja ljudi.

4. PRIMENA IOT U PAMETNIM GRADOVIMA

U ovom delu rada su date neke preporuke iz niza studija slučaja i izveštaja pravljenih na osnovu primene IoT u praksi. One nisu namenjene da budu sveobuhvatna lista mogućnosti koje stvara tehnologija IoT. U praksi će se vrednost IoT tehnologija u potpunosti pokazati kada različite aplikacije i uređaji budu zajedno neometano radili unutar različitih sektora, kao što je to slučaj u budućem „pametnom" gradu. Računari visokih performansi, prikupljanje podataka, analitika i otvoreni podaci stvaraju uslove za napredak u transportu. IoT i „pametni" gradovi su bili predmet intenzivnih istraživanja poslednjih godina. Rezultati primene mnogih aplikacija koje uključuju IoT platforme i „pametne" gradove su u poslednjoj deceniji objavljeni u vidu izveštaja i studija slučaja (Alavi i dr., 2018), a analiza usluga aplikacija je data u tabeli 1.

Tabela 1. Glavni slojevi usluga zasnovanih na IoT-u u „pametnim" gradovima

Oznaka sloja	Naziv	Namena
I	Uređaj	Identifikacija objekata i prikupljanje specifičnih informacija sa senzorskih uređaja
II	Mreža	Slanje podataka prikupljenih sa sloja uređaja na sisteme za obradu informacija
III	Softver (Middleware)	Procesi obrade informacija i raznih izračunavanja
IV	Aplikacija	Globalno upravljanje aplikacijama zasnovano na informacijama koje obrađuje srednji softverski sloj
V	Poslovanje	Upravljanje ukupnim performansama IoT sistema

Izvor: Alavi, A. H., Jiao, P., Buttlar, W. G., & Lajnef, N. (2018).

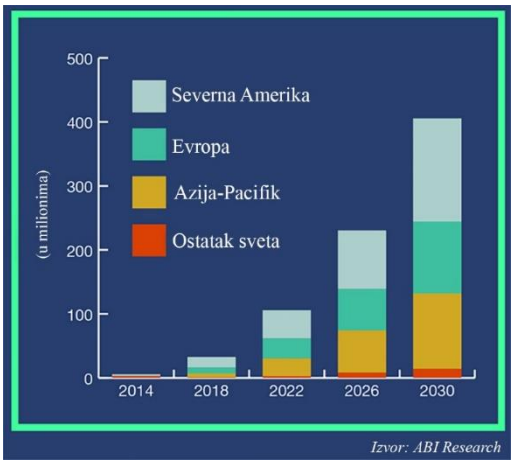
Prenosni računari i „pametni" telefoni su omogućili korisnicima da koriste sve veći broj aplikacija za rezervisanje transportnih usluga i planiranje putovanja. Povezivanjem različitih vidova transporta multimodalnog putovanja, IoT može značajno da poboljša način na koji se ostvaruje putovanje. Broj senzora u motornim vozilima i sistemima javnog masovnog transporta putnika neprekidno raste. Današnji prosečni porodični putnički automobil ima veću moć obrade podataka od prvog lunarnog modula.

Mnogi proizvođači električnih vozila sada nude aplikacije koje mogu daljinski da prate stanje baterije i da upravljaju planom punjenja baterija. Gledajući dalje u budućnost, potpuno autonomna vozila će se integrisati u transportni sistem „pametnih“ puteva, semafora, saobraćajnih znakova, uličnih svetala i parkirališta. Prema izveštaju (Walport, 2014), primenom IoT ostvaruju se tri značajne mogućnosti u transportu: poboljšanje putovanja putnika, povećanje bezbednosti saobraćaja i efikasniji transport robe. Prema radu (Cookson, 2019), u izveštaju INRIX je prikazano da tipični američki vozač prosečno provede 17 sati godišnje tražeći parking mesto, sa tendencijom povećanja prosečnog vremena traženja u velikim gradovima (npr. grad Njujork – 107 sati godišnje).

U skladu sa (Al-Turjman i Malekloo, 2019), izdvajaju se tri slučaja uobičajene upotrebe „pametnih“ parking sistema:

- The Smart Payment System (SPS) koristi beskontaktni, kontaktni i mobilni način za plaćanje parkiranja. U beskontaktnom režimu se koriste pametne kartice i RFID tehnologija kao npr. automatska identifikacija vozila AVI (engl. Automated Vehicle Identification). U kontaktnom režimu se koriste kreditne i debitne kartice. U mobilnom režimu, mobilni telefoni se koriste za naplatu parkiranja;
- The Parking Reservation System (PRS) je relativno novi koncept u inteligentnim transportnim sistemima (ITS), koji omogućava vozačima da osiguraju mesto za parkiranje naročito u vreme vršnih časova, a to mogu da urade pre ili tokom putovanja. Primena PRS-a zahteva nekoliko komponenti: informacioni centar za rezervisanje, sistem komunikacije između korisnika i PRS, sistem praćenja u realnom vremenu za parkirališta i procenu očekivanih zahteva.
- The E-parking System je sistem u kojem korisnici mogu elektronskim putem da trenutno dobiju informacije o slobodnom parking mestu preko različitih senzora. Pored toga, navedeni sistem rezerviše parking mesto i naplaćuje uslugu u jednom potezu bez napuštanja vozila i pre ulaska na parking mesto. Sistemu se može pristupiti putem mobilnog telefona ili veb aplikacije.

Sistemi za deljenje bicikala su tipične i popularne primene za IoT, a naročito u Kini. U Kini postoje dve velike kompanije, Mobike i OfO, za sisteme deljenja bicikala (Liu, 2018). Razvoj sistema za deljenje bicikala zasnovan je na ekonomiji deljenja, proizvodnji bicikala i novim informacionim tehnologijama. U proteklim decenijama, bicikl je bio jedan od glavnih vidova prevoza u Kini. Prema podacima ove studije (Liu, 2018), u pet velikih gradova Kine (Beijing, Shanghai, Shenzhen, Chengdu, Nanjing), dužina putovanja 70% korisnika sistema deljenja bicikala je manja od dva kilometra, a dominantan motiv korišćenja je prevoz, a ne fizička aktivnost. Prema istom izvoru, u 2016. godini, Mobike, najveća kompanija za deljenje bicikala u Kini, objavila je podatke da je ukupna dužina vožnje njenim biciklima iznosila 5,6 milijardi kilometara, što je rezultovalo smanjenjem emisije ugljen dioksida od 1,26 miliona tona, što je ekvivalentno sadnji 60 miliona stabala drveća. Primena IoT je vidljiva i na putničkim vozilima, jer prema istraživanjima ABI Research raste i prognozira se rast broja registrovanih vozila sa IoT aplikacijama po regionima sveta (Slika 4).



Slika 4. Registrovana vozila sa IoT aplikacijama po regionima, World Market, prognoza 2013.-2030.

Izvor: http://rom-men.blogspot.com/2016/01/registered-vehicles-with-iot-internet.html

Projekat #SmartME je bila jedna od prvih inicijativa u Italiji za realizaciju „pametnog“ grada korišćenjem otvorenih tehnologija (Bruneo i dr., 2019). U okviru ovog projekta, u izabranom gradu je putem IoT upravljano sistemom uličnog osvetljenja, energetskom efikasnošću odabranih zgrada, sistemom odnošenja smeća, detektovana su saobraćajna zagušenja na mreži i dr. Pored toga, pravljena je i društvena mreža za studente,

osoblje i istraživače Univerziteta Mesina, sa namenom da korisnici učestvuju u deljenju automobila kako bi se olakšao dolazak/odlazak sa univerziteta. Među nekoliko usluga zasnovanih na IoT-u koje se pružaju u „pametnim“ gradovima, jedna od prvenstvenog značaja je upravljanje otpadom. Suočavanje sa takvom vrstom usluge postaje izazovno zbog brzo rastućeg trenda rasta stanovništva velikih gradova. U radu (Marques i dr., 2019), izvršeno je istraživanje novog pristupa za efikasno upravljanje otpadom pomoću upotrebe IoT i RFID radi pomoći u klasifikaciji vrsta odbačenih proizvoda. Predloženi sistem je zasnovan na geografskom informacionom sistemu, koji je kombinovan sa algoritmima za optimizaciju.

5. ZAKLJUČAK

Različite studije procenjuju da će do 2050. godine, dve trećine svetskog stanovništva živeti u urbanim sredinama, što dovodi do potrebe za inteligentnim uslugama kako bi se zadovoljile potrebe stanovnika gradova. Istraživanja pokazuju da je podrška za tehnološki i naučni napredak snažna pod uticajem stepena u kojem pojedinci veruju da bi oni ili šira društvena zajednica imali direktnih koristi od njih. Čak i kada je većina ljudi uverena da nova tehnologija može ponuditi velike koristi, mnogi pojedinci će takođe izraziti zabrinutost.

Glavne teme koje se tiču IoT se ogledaju u sledećem:

- Zabrinutost o privatnosti, bezbednosti i sigurnosti i srodnim zahtevima;
- Vidljivost o tome ko kontroliše i ko pokreće razvoj i pravac istraživanja i
- Razmatranje pobednika i gubitnika pri uvođenju tehnologija i zabrinutost ako se smatra da promene pogoršavaju nejednakost.

Svaka javna diskusija o IoT će verovatno biti konstruktivnija, ako se odnosi na pitanja koja pogađaju veliki deo stanovništva. Aplikacije koje se bave energetskom efikasnošću, transportnim sistemima ili zdravstvenom pomoći i negom će doprineti boljem prihvatanju IoT od aplikacija usmerenih samo ka pojedincima i njihovom upravljanju kućnim aparatima. Pametni gradovi i IoT su spremni da stvore novo doba u gradskom životu, poboljšavajući sigurnost, način života i udobnost građana. Sa druge strane, stvara se osnova za podršku rada visokotehnoloških kompanija i omogućavaju se efikasnije gradske usluge i rad gradske uprave. Stanovništvo urbanih područja se povećava, što dovodi do saobraćajnih zagušenja i drugih problema, pa je potreba za integracijom IoT sa parking mestima i sistemom javnog masovnog transporta putnika neizbežna. U dobu IoT-a, nije teško pretpostaviti zašto se smatra da je pametno da se investira u inovativna rešenja koja će da trasiraju put ka održivoj budućnosti gradova.

6. LITERATURA

Alavi, A. H., Jiao, P., Buttlar, W. G., & Lajnef, N. (2018). Internet of Things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends. Measurement, 129, 589-606.

Al-Turjman, F., & Malekloo, A. (2019). Smart parking in IoT-enabled cities: A survey. Sustainable Cities and Society, 101608.

Bruneo, D., Distefano, S., Giacobbe, M., Minnolo, A. L., Longo, F., Merlino, G., ... & Puliafito, C. (2019). An IoT service ecosystem for smart cities: The# smartme project. Internet of Things, 5, 12-33.

Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H. (2014). A vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with China perspective. IEEE Internet of Things journal, 1(4), 349-359.

Cookson, G. (2019). Parking pain - INRIX offers a silver bullet, INRIX - INRIX. Dostupno na: http://inrix.com/blog/2017/07/parkingsurvey/.

EY. (2019). Internet of Things, Human-machine interactions that unlock possibilities, Media & Entertainment. Dostupno na: https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-m-e-internet-of-things/$FILE/ey-m-e-internet-of-things.pdf.

Grimaldi, D., & Fernandez, V. (2019). Performance of an internet of things project in the public sector: The case of Nice smart city. The Journal of High Technology Management Research, 30(1), 27-39.

Liu, L. (2018). IoT and A Sustainable City. Energy Procedia, 153, 342-346.

Marques, P., Manfroi, D., Deitos, E., Cegoni, J., Castilhos, R., Rochol, J., ... & Kunst, R. (2019). An IoT-based smart cities infrastructure architecture applied to a waste management scenario. Ad Hoc Networks, 87, 200-208.

Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. Sustainable Cities and Society, 38, 697-713.

Stanley, M. (2014). The Internet of Things is now, connecting the real economy. Dostupno na: https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/internet-things-retail-industry.

Statista. (2019). Number of smartphone users worldwide from 2016 to 2021 (in billions). Dostupno na: https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/.

Walport, M. (2014). The Internet of Things: making the most of the Second Digital Revolution. UK Government Chief Scientific Adviser.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

KNOWLEDGE INNOVATION TRENDS IN THE STANDARDIZATION FIELDS 'ROAD VEHICLES ENGINEERING' AND 'RAILWAY ENGINEERING'

Vesna Ružičić[a], Katarina Mitrović[a]

[a] *University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences in Čačak, Svetog Save 65, Čačak 32000, Serbia, vesna.ruzicic@ftn.kg.ac.rs, katarina.mitrovic@ftn.kg.ac.rs*

Abstract: *Objectives: This paper presents multi-criteria research and statistical analysis of selected segments per fields Road Vehicles Engineering (ICS1 = 43) and Railway Engineering (ICS1 = 45). The aim is to monitor the intensity of innovating knowledge, trends, knowledge sources, individual knowledge of each expert, and updating the knowledge base for improving the quality of the standardization platform. Approach: The study relates to standardized fields of the International Classification of Standards (ICS). The focus is on the trends of knowledge innovation at the beginning of the second decade of the 21st century. The analysis of global (ISO / IEC) and local (SRPS) knowledge sources in the PDCA (Plan-Do-Check-Act) quality loops is presented. For research, analysis, systematization and presentation of results, Java software is used – to search ISO and SRPS standards.Results: The paper focuses on the latest trends in knowledge sources and trends in individual standardized field/subfields of higher (daily) intensity of innovation. The results of the access to knowledge sources in ICS1 = 43 and ICS1 = 45 and comparisons with standardization at local (national) and international level in all other areas of creativity (ICS1 = 01 to 99) are presented.Significance: The model for improving the basic knowledge system is based on the defined intensity of innovation and elements in the PDCA. The time dimension of the quality improvement loop determines the intensity of the innovation of the target fields/subfields and the application of the information system in traffic and communications.*

Key words: *Innovation of Knowledge; Trend; Road Vehicles Engineering; Railway Engineering; Standardization*

1. INTRODUCTION

The tempo of knowledge innovation and training in professional work is very intensive. Experts are are often confronted with the problem to remain competitive, which imposes big challenges: Lifelong (continuous) education and maintenance of the level of knowledge necessary for quality performance of work. Most or much of this knowledge has been acquired or completely revised through practice. In this paper, the platform for knowledge innovation consists of ISO and SRPS standards. The aim of this platform is of knowledge modelling and management in the fields of *Road Vehicles Engineering* (ICS1 = 43) and *Railway Engineering* (ICS1 = 45).

According to International Classification for Standards - ICS, „*Road Vehicles Engineering*" is a field classified into 10 subfields (ICS2 = 43.xyz), (ISS, 2019), (ISO/IEC, 2019):

- 43.020 Road vehicles in general
- 43.040 Road vehicle systems
- 43.060 Internal combustion engines for road vehicles
- 43.080 Commercial vehicles
- 43.100 Passenger cars. Caravans and light trailers
- 43.120 Electric road vehicles
- 43.140 Motorcycles and mopeds
- 43.140 Cycles
- 43.160 Special purpose vehicles
- 43.180 Diagnostic, maintenance and test equipment.

According ICS, „*Railway Engineering*" is classified into 7 subfields (ICS2 = 45.xyz), (ISS, 2019), (ISO/IEC, 2019):

- 45.020 Railway engineering in general
- 45.040 Materials and components for railway engineering
- 45.060 Railway rolling stock
- 45.080 Rails and railway components
- 45.100 Cableway equipment
- 45.120 Equipment for railway/cableway construction and maintenance
- 45.140 Metro, tram and light rail equipment.

This paper presents multi-criteria research and statistical analysis of selected segments per fields *Road Vehicles Engineering* (ICS1 = 43) and *Railway Engineering* (ICS1 = 45). The aim is to monitor the intensity of innovating knowledge, trends, knowledge sources, individual knowledge of each expert, and updating the knowledge base (Lazarević et al., 2012) for improving the quality of the standardization platform.

Standardization and innovations are compatible concepts, based on the trends of knowledge. Standards are binding: at the same time they accelerate technological and organizational changes, improve innovation performances, promote innovative products and services, and provide stable references for the development of new solutions and products.

Standards facilitate and improve the methodology according to PDCA (Plan-Do-Check-Act), (ASQ, 2015), through the following hypotheses:

- (P) planning and systematic approach to solving problems (hypothesis 1),
- (D) dissemination of technologies and best practices, transfer of knowledge and technologies (hypothesis 2),
- (C) providing a platform for innovation, the use of research results (hypothesis 3),
- (A) improvement of products quality (hypothesis 4).

2. METHODS

In this paper Java software (Micic and Micic, 2009) is used to search for information from the Web sites, ISO and SRPS standards. Without this software, the research could not be repeated, and with it, everyday analyses are possible. The software is adaptable to target Web sites for search and comparative analysis of the global ISO and local SRPS standards. Induction and deduction methods are used to investigate, analyze and obtain results. Data analysis is conducted using the appropriate software, and the results are presented in OpenOffice 4 (Apache Software Foundation, 2013).

Global research tasks can be presented through four aspects of the PDCA methodology:

- collecting data and involving all stakeholders in setting rules for future R&D,
- data analysis, creation and trend analysis, access to new technologies, their interoperability with other compatible technologies,
- determining the degree of innovation, evaluating and comparing the best, compatibility with other manufacturers, providing a platform for innovation,
- knowledge innovation and access to new technologies, their interoperability with other compatible technologies.

The aforementioned Java application (or Web application) enables efficient statistical analyses, presented through the appropriate quantity indexes of standards ISO and SRPS. In this case, in the fields for ICS1 = 43 and ICS1 = 45: Iqs – sampled documents (samples), (Ružičić and Micić, 2017a).

The study relates to standardized fields of the International Classification of Standards (ICS). The focus is on the knowledge innovation trends at the beginning of the second decade of the 21st century, as in work (Micić and Ružičić, 2014). The analysis of global (ISO/IEC) and local (SRPS) knowledge sources in the PDCA (Plan-Do-Check-Act) quality loops is presented. For research, analysis, systematization and presentation of results, Java software is used in order to perform a search of the ISO and SRPS standards.

3. RESULTS

The results show significant quantitative indexes, as well as value of indexes on the examples of ISO and SRPS standards. The original mathematical relations and trend lines were derived based on the survey results, and the comparable analyses of standardization and knowledge valuation. According to the graphs of trends, the coefficients of dependence directions of new knowledge were defined and compared to ISO – SRPS.

The results of the analyses (according to the cumulative population of knowledge source on the platform of standardization), can be compared for all the fields of creativity, Figure 1.

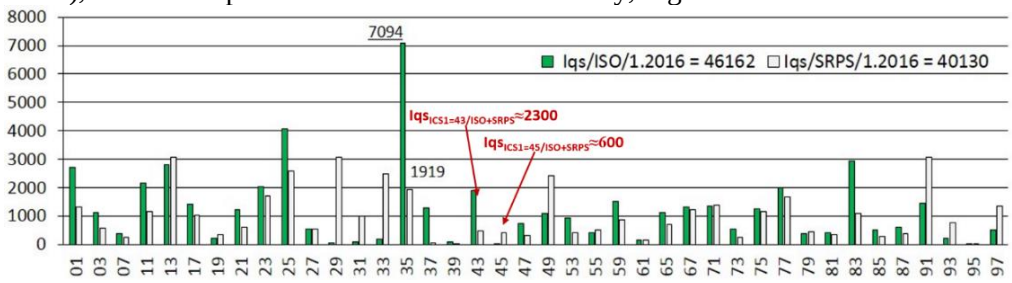
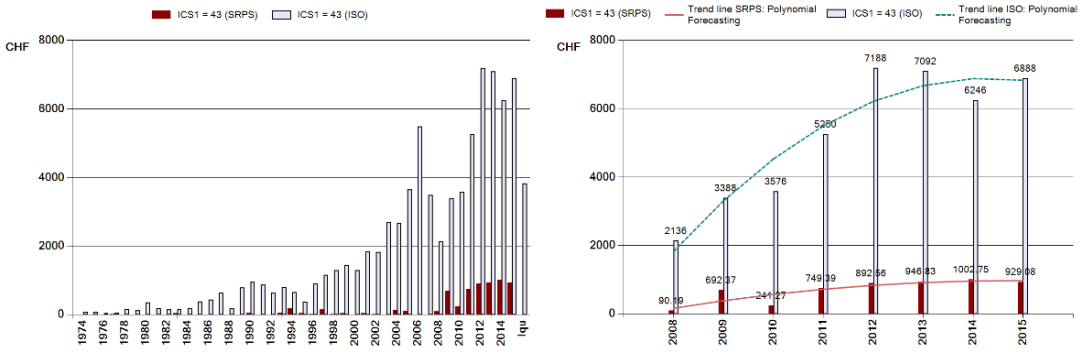


Figure 1. Comparable amounts of innovation ISO – SRPS population standards, 01.01.2016

Figure 1 shows that in the area of *Road Vehicles Engineering* (ICS1 = 43) $Iqs_{ICS1=43/ISO+SRPS} \approx 2300$ and in the field *Railway Engineering* (ICS1 = 45) $Iqs_{ICS1=45/ISO+SRPS} \approx 600$. Analyzing the sources of knowledge in 2019 in the field of *Road Vehicles Engineering* (ICS1 = 43), we can see a new subfield ICS2 = 45.140 *Metro, tram and light rail equipment*, which increases the total number (ISO and SRPS) of knowledge sources. Innovation of knowledge sources, databases and databases in the domain areas *Road Vehicles Engineering* (ICS1 = 43) and *Railway Engineering* (ICS1 = 45), provides monitoring of the intensity of knowledge innovation, trends, knowledge sources, individual knowledge of each expert and updating the database quality improvement knowledge on the standardization platform (Ružičić and Mitrović, 2019).

The application of the Model_IES software application (Ružičić, 2018), based on the time series of knowledge sources in January 2016, in areas ICS1 = 43 and ICS1 = 45, resulted in a weekly increment of knowledge sources. Model_IES software application enables to obtain comparative an7alysis of knowledge sources of the all standardzation fields of creativity for the defined period. The software application presents one of the possibilities to automate knowledge innovation and problem-solving skills in the standardized areas of creativity, as well as to improve the process of quality management in organizations.

Figure 2 shows the summary/cumulative results of the analysis of knowledge sources in the field „*Road Vehicles Engineering*". Analyzed trends of knowledge on the platform of standardization in subfields of ICS1 = 43 are presented in Figure 2.



a) b)

Figure 2. Comparative analysis of sources of knowledge (ISO – SRPS) for Road Vehicles Engineering (ICS1 = 43), 1.1.2016: a) temporal aspects, b) regression trend lines

Figure 3 shows the summary, i.e. cumulative results of the analysis of knowledge sources in the field „*Railway Engineering*". Analyzed trends of knowledge on the platform of standardization in subfields of ICS1 = 45 are presented in Figure 3.

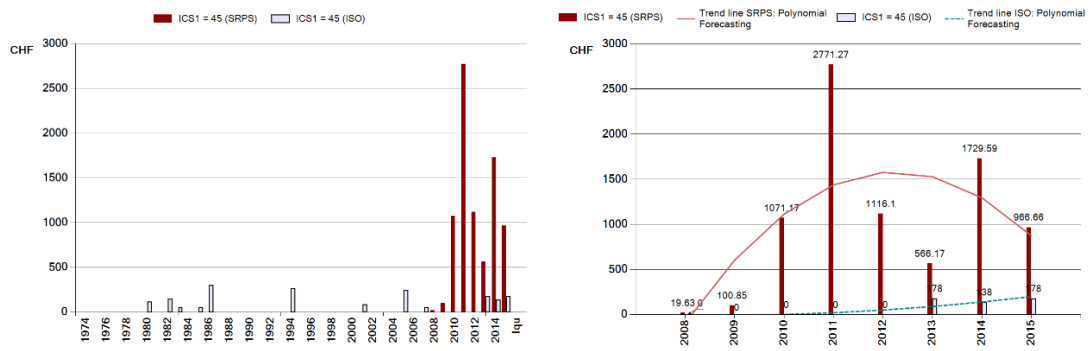


Figure 3. Comparative analysis of sources of knowledge (ISO – SRPS) for Railway Engineering (ICS1 = 45), 1.1.2016: a) temporal aspects, b) regression trend lines

The results show significant details of the analyzed standardized units of knowledge in the observed fields, from a time perspective.

4. DISCUSSION

The paper focuses on the latest trends in knowledge sources and trends in individual standardized fields and subfields of higher (daily) intensity of innovation. The results of the access to knowledge sources in *Road Vehicles Engineering* (ICS1 = 43) and *Railway Engineering* (ICS1 = 45) and comparisons with standardization at local (national) and international level in all other areas of creativity (ICS1 = 01 to 99) are presented. The selected relevant results have been analyzed and joined together with the other factors that affect PDCA spiral of quality improvement. The following goals have been achieved: presentation of methodology development, research results, proof of hypotheses 1 to hypotheses 4, and implementation of comparative analyses of the standardized sources of knowledge (according all ICS1 fields):

- (P) resources planning for knowledge innovation trends – daily, weekly or monthly,
- (D) update of database and knowledge *base* in ICS1 fields (ICS1 = 01, 03, ..., 99),
- (C) defining clustering indices, according to innovation intensity,
- (A) monitoring innovation trends for knowledge improvement on the standardization platform.

The correlation between the process of IT standardization and clusters of innovativeness require a special attention. On one hand, the standards provide a legal safety and a basis for innovativeness (Ružičić and Micić, 2017b), create a huge market and build trust among the users. According to the models of the innovation processes (Ružičić, 2018), the standardization in companies can affect all the stages starting from a basic research to a product design, manufacture and introduction into the market. On the other hand, all the above mentioned influential aspects are disputable when the standardization process does not encourage the innovativeness of final products. However, in this paper, direct correlation of the IT standardization process and innovativeness is given. The relevant results were analyzed and connected to other factors affecting PDCA quality improvement syndrome.

5. CONCLUSION

Based on the overall results and indicated analyses in the fields ICS1 = 43 and ICS = 45, and in the corresponding subfields, the results were achievedabout, the intensity of innovativeness (quantitatively and qualitatively). Subfields with a higher intensity of innovativeness were parallell and high valued. Comparison with high-ranked fields „*Road Vehicles Engineering*" and „*Railway Engineering*", allows making conclusions for the purpose of necessary continuous innovating of the individual knowledge of each professional. Based on the results and analysis of research in the domain areas *Road Vehicles Engineering* (ICS1 = 43) and *Railway Engineering* (ICS1 = 45), it is concluded:

- knowledge innovation trends are important for improving the quality of products and services globally (ISO) and locally, i.e. nationally (SRPS),
- financial resources are critical in the global (Figure 2) innovation of the *Road Vehicles Engineering* domain field (ICS1 = 43), and in the local (Figure 3) endproduct innovation of the *Railway Engineering* domain (ICS1 = 45),

- obligations to implement ISO-SRPS standards in the field of quality are caused by resource requirements, which is of particular importance for quality management in the standard areas „*Road Vehicles Engineering*" and „*Railway Engineering*",
- the time dimension of improving the quality loop is determined by the intensity of innovation of the target field/subfield and the application of the information system in traffic and communications (Vasiljevic et al., 2017).

For the analyzed fields, the relations and trends of global and local knowledge are obvious (on the platforms ISO and SRPS). Providing adequate improvement of knowledge in the process of product innovating based on the standards in the areas *Road Vehicles Engineering* (ICS1 = 43) and *Railway Engineering* (ICS1 = 45), is important step in. The model of Knowledge base systems improvement is based on the defined intensities of innovativeness and elements in PDCA. A time dimension of improvement in the quality spiral is determined by the intensity of innovativeness of a target field/subfield.

6. REFERENCES

Apache Software Foundation, (2013). OpenOffice 4.0.1, http://www.openoffice.org/welcome/credits.html. 1. 1. 2015.

ASQ, (2015). American Society for Quality. Plan–Do–Check–Act (PDCA) Cycle. http://asq.org/learn-about-quality/project-plannin. 2015. 16. 08. 2019.

ISS, (2019), Institute for Standardization of Serbia, http://www.iss.rs/standard/advance_search.php, 15. 08. 2019.

ISO/IEC, (2019), International Standards for Business, Government and Society, List of ICS fields. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_ics_browse.htm. 15. 08. 2019.

Lazarević B., Marjanović Z., Aničić N. & Babarogić S., (2012). Databases, 6th Edition, Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade, Belgrade, 2012.

Micic, Ž. & Micic, M. (2009). Java-software for ISO/IEC standardisation analysis and knowledge assurance in information technology examples.V International Symposium. Technology, Information and Education for Learning and Knowledge Society, Novi Sad, June 19-20, 2009, Proceedings, 310–322.

Mićić, Ž. & Ružičić, V. (2014). Trends in knowledge innovation in a standardized area of creativity with a focus on quality sub-areas 10th International Symposium on Research and Design for the Economy – IIPP. Belgrade, December, 11-13, 2014, Proceedings, 201-208.

Ružičić, S. V. & Micić, M. Ž. (2017a). Creating a strategic national knowledge architecture: A comparative analysis of knowledge source innovation in the ICS subfields of multimedia and IT security. Computers & Security, Vol. 70, 455-466.

Ružičić, V. & Micić, Ž. (2017b) Continuous monitoring the trends of knowledge sources per cluster innovation intensity. 11th International symposium Research and design for industry – IIPP, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, December, 22-23. 2017, 114–123.

Ružičić, V. (2018), Modelling Knowledge for Development and Application of Information-Expert System, Doctoral dissertation, Faculty of Technical Sciences in Čačak, University of Kragujevac, 2018.

Ružičić, V. & Mitrović, K. (2019), Importance of innovation of knowledge in a standardized field of quality. International DQM conference on life cycle engineering and management - ICDQM 2019. The DQM Research Center, Prijevor, Serbia, June 27-28, 2019, ISBN 978-86-86355-39-3, 149-154.

Vasiljevic, M., Brković, Stjepanović, Ž. & Ubiparip, M. (2017). Business analysis of transportation company with overview to the application of logistics information system. VI International Symposium New Horizons 2017, 617-626.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

SPATIAL ACCESSIBILITY ANALYSIS OF HEALTH CARE FACILITIES IN SERBIA

ANALIZA PROSTORNE PRISTUPAČNOSTI ZDRAVSTVENIM USTANOVAMA U SRBIJI

Jovan Kovačević[a], Nikola Stančić[a], Željko Cvijetinović[a], Dragan Mihajlović[a], Nenad Brodić[a]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd 11000, Serbia, jkovacevic@grf.bg.ac.rs, nstancic@grf.bg.ac.rs, zeljkoc@grf.bg.ac.rs, draganm@grf.bg.ac.rs, nbrodic@grf.bg.ac.rs*

Abstract: *One of the dimensions describing accessibility to health services is its spatial component. This paper presents the methodology of using GIS technologies for the analysis of existing locations of health institutions in Serbia. The methodology includes determining the coordinates of hospitals using the geotagging, on the basis of which isochrons are created with 10 minutes time interval. For that purpose, the road network and functionalities provided by HERE Maps and its APIs are used. This service is selected since it offers high quality and complete data related to the network of roads in the territory of interest. Taking demographic data into account, the goal is to examine the impact that the distribution of institutions has on the population, first of all as the percentage of the population living at a certain distance from the nearest institution. The obtained results can be significant for future development, as critical spots with poor accessibility can be identified. These locations are suitable for the construction of new health care facilities.*

Key words: *Geographic information systems, geotagging, isochrones, HERE Maps*

Apstrakt: *Jedna od dimenzija koje opisuju pristupačnost zdravstvenim uslugama jeste prostorna komponenta. U ovom radu je predstavljena metodologija korišćenja GIS tehnologija za potrebe analize postojećih lokacija zdravstvenih ustanova u Srbiji. Metodologija obuhvata određivanje koordinata bolnica u postupku geotagovanja, na osnovu kojih se kreiraju izohrone s vremenskim intervalom od 10 minuta. Tom prilikom se koriste putna mreža i funkcionalnosti koje pruža HERE Maps u okviru svojih API-ja. Ovaj servis je odabran zato što nudi kvalitetne i kompletne podatke koji se odnose na mrežu saobraćajnica teritorije od interesa. Uzimajući u obzir demografske podatke, cilj je sagledavanje uticaja rasporeda ovih ustanova na stanovništvo, najpre u pogledu procenta stanovništva koji živi na određenoj udaljenosti od najbliže ustanove. Dobijeni rezultati mogu biti značajni za budući razvoj, s obzirom na to da se mogu utvrditi kritična mesta na kojima je pristupačnost loša. Upravo te lokacije jesu pogodne za izgradnju novih zdravstvenih ustanova.*

Ključne riječi: *Geografski informacioni sistemi, geotagovanje, izohrone, HERE Maps*

1. UVOD

Zdravstvena zaštita predstavlja jedan od najvažnijih aspekata u pogledu razmatranja kvaliteta života i socijalnog blagostanja modernog društva (Rekha i dr., 2017). S tim u vezi, pristupačnost zdravstvenim ustanovama u vidu relativno jednostavnog dolaska do njih ima veliki značaj, naročito u hitnim situacijama. U istraživanjima kvaliteta zdravstva, pristupačnost se često posmatra kao višedimenzioni pojam (Penchansky i Thomas, 1981). Poslednjih decenija se među značajne dimenzije koje opisuju pristupačnost zdravstvenim uslugama uvrstila i prostorna komponenta. Prostorna ili geografska pristupačnost definiše se kao lakoća kojom stanovnici određenog područja mogu doći do zdravstvenih usluga (Hewko i dr., 2002), tj. zdravstvenih objekata. Ovo se prvenstveno odnosi na ruralna područja, gde dostupnost i blizina zdravstvenih ustanova pozitivno utiče na njihov opstanak i održivost.

Budući da su za ocenu prostorne pristupačnosti zdravstvenim ustanovama neophodne njihove lokacije, ovi podaci poseduju i prostorne karakteristike. Ovde svoje mesto pronalaze geografski informacioni sistemi (GIS), kao kompjuterski bazirani informacioni sistemi usko specijalizovani za rad s geoprostornim podacima. Najčešći pristupi za definisanje geografske pristupačnosti zasnivaju se na prostornoj udaljenosti ili vremenu putovanja do najbliže ustanove (Talen i Anselin, 1998). U osnovi metoda koje se koriste za izražavanje i određivanje ove

dimenzije pristupačnosti mogu se prepoznati neke od uobičajenih GIS analiza. Geografski informacioni sistemi, sem geometrijske predstave podataka, razumeju i njihove međusobne odnose, tj. njihova topološka svojstva. Ovi informacioni sistemi koriste mrežne modele i različite vrste grafova, pa su zahvaljujući svojim modulima za transportne probleme pogodni za rad s mrežom saobraćajnica.

Pretpostavka koja se uvodi u ovom radu jeste da su svi stanovnici određenog područja potencijalni korisnici zdravstvenih usluga i da će, u slučaju potrebe za hitnom medicinskom pomoći, ta pomoć biti pružena od strane najpogodnije zdravstvene ustanove. Pod najpogodnijom zdravstvenom ustanovom se misli na ustanovu do koje je potrebno najmanje vremena vožnje automobilom po postojećoj saobraćajnoj infrastrukturi. Za modelovanje putne mreže se koristi potpuni usmereni graf. Na raspolaganju su brojni veb-servisi koji pružaju interaktivne digitalne karte. Jedna od karakteristika ovih servisa je da poseduju sloj s putevima različitih kategorija, od auto-puteva do puteva najnižeg ranga, uključujući i propratna pravila koja postoje u saobraćaju, poput indikatora jednosmernosti ulica. Takođe, ovi servisi imaju implementirane algoritme kombinatorne optimizacije, poput problema najkraćeg puta ili problema trgovačkog putnika. Pomoću njih se dobijaju informacije o vremenu putovanja kroz mrežu između zadatih lokacija.

Osnovna primena dobijenih rezultata prostorne pristupačnosti može biti identifikacija područja iz kojih je dolazak do zdravstvenih ustanova radi pružanja hitne medicinske intervencije otežan i vremenski zahtevniji. Dobijanje informacija o kritičnim mestima s lošijom pristupačnošću je od velikog značaja za planiranje otvaranja novih zdravstvenih ustanova. Iz svega pomenutog se vidi kompleksnost ovog problema i kako njegovo rešenje mora da bude multidisciplinarno, obuhvatajući saobraćaj, zdravstvo i geoinformatiku.

2. PRIKUPLJANJE PODATAKA

Osnova za utvrđivanje stanja po pitanju prostorne pristupačnosti zdravstvenim ustanovama na teritoriji Republike Srbije jesu lokacije tih ustanova. U skladu s tim, najpre je potrebno pribaviti podatke o koordinatama svih bolnica, domova zdravlja i ambulanti. Zbog svoje prirode, ali i potreba zadatka, svaku ustanovu je najpogodnije predstaviti setom dveju koordinata (longituda λ i latituda φ), odnosno kao tačkasti entitet. Za koordinatni sistem je odabran svetski geodetski sistem *WGS84*. Dodatno, svaka lokacija mora da ima jedinstveni identifikator, kolonu s nazivom ustanove i kolonu s tipom ustanove.

U radu su korišćeni podaci o zdravstvenim ustanovama dobijeni iz različitih izvora. Inicijalna ideja je bila da se za kompletan proces koriste servisi *HERE Maps*-a. Ovaj servis koji je originalno razvila finska kompanija *Nokia* pruža veb-karte i različite lokacijski bazirane servise od kojih se izdvajaju usluge geokodiranja, navigacije i rutiranja, praćenja stanja saobraćaja u realnom vremenu, a u razvoju je i tehnologija podrške autonomnim vozilima. Funkcionalnosti su organizovane u *API*-je (engl. *Application Programming Interface – API*), od kojih svaki služi za definisanje načina zadavanja pojedine komande i načina komunikacije s aplikacijom. Iz praktičnog ugla, *API* predstavlja interfejs za korišćenje servisa sistema ili biblioteke.

Nakon što je utvrđeno da podaci dobijeni iz *HERE* servisa nisu kompletni, njihova dopuna je izvršena servisima *OpenStreetMap Nominatim* i *Google Maps*.

2.1 HERE Maps

Za potrebe iznalaženja lokacija zdravstvenih ustanova u Srbiji u radu je korišćena funkcionalnost *HERE Places API*. Pomoću nje je potrebno izvršiti standardni GIS postupak geokodiranja. Geokodiranje je proces određivanja koordinata tačke na osnovu zadatih reči, obično adrese ili naziva prostornog entiteta. Obrnuti postupak, tj. određivanje adrese na osnovu zadatih koordinata, naziva se reverzno geokodiranje. Premda je za geokodiranje uobičajeno da postoji unapred poznat spisak adresa, u ovom radu je pristup bio nešto drugačiji. S obzirom na to da digitalizovani entiteti unutar podataka *HERE* veb-karte poseduju atribut koji se odnosi na njihovu kategoriju, pretraga je moguća i po ovom kriterijumu. Prema dokumentaciji koja je dostupna na zvaničnom veb-sajtu, vrednost atributa *Category* koja odgovara zdravstvenim ustanova je *hospital-health-care-facility*, pa je ova vrednost upisana u odgovarajuće polje.

Međutim, uočeno je da postoji parametar koji je neophodno uneti, a to su granice za pretraživanje. *API* nudi dva načina zadavanja ovog parametra, preko četiri koordinate koje formiraju minimalni obuhvatni pravougaonik ili preko dveju koordinata i poluprečnika, čime se formira krug oko zadate lokacije. Kao dodatna poteškoća javlja se i ograničenje po pitanju broja rezultata koji mogu biti vraćeni u okviru jednog zahteva. Za besplatno korišćenje ovog servisa postoji ograničenje od 100 jedinstvenih rezultata pretrage jednog područja, što za potrebe rešavanja ovog zadatka nije dovoljno. Iz tog razloga je područje od interesa (teritorija Srbije)

pokriveno gridom tačaka koje se nalaze na jednakom rastojanju, gde svaka tačka treba da predstavlja centar kruga za pretragu. Korišćen je softver otvorenog koda *QGIS* i njegova komanda *Regular Points*. Rastojanja između tačaka su određena proizvoljno, ali tako da budu dovoljno mala kako bi postojalo preklapanje krugova i kako bi sve zdravstvene ustanove bile obuhvaćene njima. Zbog projekcije *WGS84*, vrednosti su izražene u lučnim stepenima. Tačke su međusobno udaljene 0,045 stepeni (približno 5 km), dok je u Beogradu, Novom Sadu i Nišu, gde se očekuje veća gustina rezultata, za rastojanje centara uzeto 0,015 stepeni, što je približno 1,67 km. Ukupan broj lokacija za pretragu je 6 489.

Kako pretraga ne bi bila vršena manuelno sa svih lokacija, napisan je skript u programskom jeziku *R*. Unutar skripta se za svaku lokaciju kroz petlju kreiraju i šalju zahtevi, jedan po jedan. Odgovori *HERE Places API*-ja se dobijaju u tekstualnom *JSON* formatu. Ove odgovore je potrebno iščitati, sistematizovati u jedan *data frame* koji ima tabelarnu formu i, na kraju, izvesti u neki lako čitljivi tekstualni format. Raščlanjivanje ili parsiranje (engl. *parsing*) odgovora se vrši specijalizovanom funkcijom za rad s *JSON* notacijom i svaki prostorni entitet koji ispunjava uslov da pripada kategoriji *hospital-health-care-facility* se smešta u zaseban red *data frame*-a. Ovakav spisak u formi tabele neizbežno sadrži iste zdravstvene ustanove više puta, te je duplikate neophodno ukloniti pogodnom funkcijom i tako dobijeni spisak izvesti u *CSV* format.

Pregledom dobijenih rezultata, primećuje se da se među nazivima nalaze i brojni neželjeni entiteti. U pitanju su različite stomatološke ordinacije, očne klinike, specijalizovane bolnice koje ne pružaju hitnu pomoć, apoteke, laboratorije, kao i zdravstvene ustanove koje pružaju hitnu medicinsku pomoć, ali se nalaze u susednim državama. Ove entitete je potrebno na neki način ukloniti, s obzirom da nisu relevantni. To je učinjeno manuelno, nakon što su prikupljeni svi potrebni podaci. Pored toga, njihovom vizualizacijom u softveru *QGIS* i preklapanjem s osnovnom kartom uočavaju se nelogičnosti, u smislu da nedostaju pojedine zdravstvene ustanove i u relativno većim naseljima, gde zasigurno postoje.

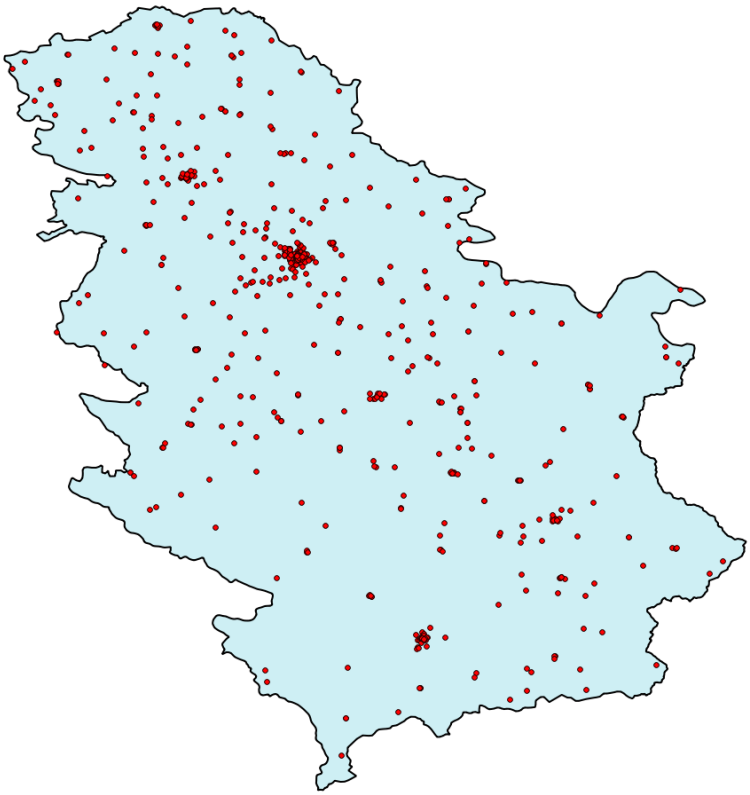
2.2 OpenStreetMap

Nekompletnost dobijenih rezultata može se nadoknaditi podacima koje nudi *OpenStreetMap*, kroz njegov servis *Nominatim*. *OpenStreetMap* (skraćeno *OSM*) je projekat virtuelne zajednice čija je ideja razvoj i distribucija besplatnih prostornih podataka koji su na raspolaganju svima i koje svako može da uređuje i koristi za svoje potrebe. Kvalitet podataka *OSM*-a se može uporediti s kvalitetom koji poseduju komercijalni servisi, s tim što treba imati na umu da kvalitet i detaljnost podataka zavise i od korisnika koji su ih kreirali. Ove podatke takođe prati odgovarajuća klasifikacija. Po njoj, entiteti koje treba izdvojiti opisuju *OSM* tagovi s vrednošću *healthcare=hospital* (za bolnice) i *healthcare=doctor* (za ustanove privatne prakse). Primetno je da su entiteti iz ciljane klase pronađeni preko *OpenStreetMap* servisa malobrojniji u odnosu na rezultate servisa *HERE Places*. Opravdanje leži u tome što *OSM* u potpunosti zavisi od dobrovoljaca koji samostalno unose prostorne podatke, što može dovesti do variranja u pokrivenosti i kompletnosti podataka u zavisnosti od lokacije. Ova pojava je primetna, recimo, u manjim naseljima.

Podaci o ustanovama dobijenim iz ova dva izvora spojeni su u jedinstveni spisak. U opštem slučaju, ovim spajanjem će se dobiti da se određene zdravstvene ustanove pojavljuju više puta. Najjednostavniji način za identifikovanje duplikata jeste provera njihove lokacije. Napisan je kratak skript u kojem su najpre sve lokacije sortirane po jednoj od koordinata, a zatim je preko razlike koordinata i standardne formule za računanje rastojanja sračunato koliko je vazdušnom linijom udaljen svaki par bliskih lokacija. Za par lokacija čije je međusobno rastojanje manje od logičnog (u situaciji kada bi to bile različite zdravstvene ustanove), zaključuje se da se obe lokacije odnose na istu ustanovu. Stoga jednu od njih treba ukloniti, a kao provera se koriste nazivi ovih ustanova. Prolaskom kroz sve parove se obezbeđuje da više ne postoji dupli entiteti.

2.3 Google Maps

Na kraju, sa ciljem da se proveri sveobuhvatnost spiska dobijenog servisima *HERE* i *OSM*, iskorišćen je javni dokument „Uredba o planu mreže zdravstvenih ustanova“. Ova uredba sadrži i tabelu teritorijalnog rasporeda zdravstvenih ustanova u Republici Srbiji u kojoj su popisane sve državne bolnice, ambulante i domovi zdravlja. Razlog zbog kojeg spisak iz ove uredbe nije još na početku preuzet jeste pre svega to što taj spisak obuhvata samo zdravstvene ustanove koje su u državnom vlasništvu. Upoređivanjem je utvrđeno da u spisku nedostaju pojedini domovi zdravlja i ambulante u manjim naseljima. Kako je njihov broj bio relativno mali, koordinate ovih tačaka su dobijene ručnom pretragom, pomoću funkcionalnosti za geokodiranje koji nudi najpopularniji servis za veb-karte *Google Maps*. Novodobijeni tačkasti entiteti su dodati u spisak, zajedno sa svojim koordinatama, nazivima i pripadajućim tipovima.



Slika 1. Pregled lokacija zdravstvenih ustanova na teritoriji Republike Srbije [vizuelizacija u QGIS-u]

Konačni spisak lokacija ustanova koje pružaju hitnu medicinsku pomoć koji je prikupljen pomoću servisa *HERE Maps*, *OpenStreetMap* i *Google Maps* nakon uklanjanja suvišnih entiteta sadrži 604 jedinstvene lokacije. Njihov prostorni raspored dat je na ***Slici 1***.

3. KREIRANJE IZOHRONA

Izohrone (grč. *ίσος* = isto, jednako i *χρόνος* = vreme) se definišu kao linije na karti koja povezuje tačke do kojih se stiže u isto vreme ili za jednaki vremenski period, gledajući u odnosu na izabranu lokaciju. U planiranju transporta, izohrone se obično koriste za prikazivanje područja s jednakim vremenom putovanja. Računanje izohrona kao rezultat daje poligone koje predstavljaju površinu koja pokriva sve lokacije do kojih se može stići za definisano vreme, krećući se odabranim prevoznim sredstvom. Drugim rečima, ova površina se može nazvati domet (za vozila) ili prohodnost (za osobu).

Koristeći prethodno prostorno određene lokacije zdravstvenih ustanova, kreirane su izohrone s vremenskim intervalom od 10 minuta. Rezultujuću kartu čini sedam klasa, gde klase od 1 do 6 odgovaraju vremenima putovanja od 10, 20, 30, 40, 50 i 60 minuta, redom. Preostala sedma klasa odnosi se na područja koja se nalaze na više od 60 minuta vožnje. Iako je prethodno utvrđeno da spiskovi lokacija koji su bili dobijeni servisima *HERE Maps*, odnosno kombinacijom *HERE Maps* i *OpenStreetMap* nisu kompletni, da bi se ovi servisi uporedili, pomenute klase izohrona biće kreirane za sva tri seta podataka o lokacijama zdravstvenih ustanova. Postupak računanja izohrona je identičan za sve tri kombinacije, odnosno jedina razlika je spisak lokacija koji se koristi.

Generalno, najveći izazov prilikom generisanja karte izohrona je što njen kvalitet u velikoj meri zavisi od kvaliteta mreže saobraćajnica koja se koristi za određivanje vremena putovanja. U slučajevima kada područje od interesa pokriva teritoriju čitave države (kao što to jeste u ovom radu), korišćenje putne mreže otvorenog koda koju svako može da uređuje, poput *OpenStreetMap* podataka, može biti problematično. Kao što je pokazano u delu rada u kojem je vršena pretraga zdravstvenih ustanova među *OSM* podacima, prilikom rada s ovim podacima može se pojaviti problem s kompletnošću, tačnošću i ažurnošću podataka. U kontekstu rada, ovaj problem može da se manifestuje nedostatkom pojedinih sporednih puteva u Srbiji, što može biti da ima veliki uticaj na rezultujuće izohrone. Zbog toga je odlučeno da se za izradu karte izohrona koristi komercijalni servis *HERE* i njegov *API* za rutiranje *HERE Routing API*. Ideja je da je očekivano da se prethodno navedeni problemi pojavljuju u mnogo manjem obimu za podatke putne infrastrukture ovog servisa. Takođe, *HERE Maps* servis

ima veoma dobru pokrivenost saobraćajnicama na teritoriji Republike Srbije, što se može uvideti i kroz jednostavnu vizuelizaciju podataka na zvaničnoj veb-strani.

API za rutiranje *HERE Routing API* poseduje funkciju `calculateisoline`, koja je specijalizovana za računanje izohrona. Ova funkcija zahteva određeni set vrednosti ulaznih parametara, a u radu su upotrebljeni:

- podaci za autentifikaciju (`app_id` i `app_code`);
- koordinate početne pozicije u odnosu na koju se računa izohrona (`start`);
- mod, tj. režim kojim se opisuje način određivanja izohrone, kao i indikator o tome da li se u okviru optimizacije rute koriste podaci o saobraćaju u realnom vremenu ili ne (`mode`);
- domet rute (`range`);
- kriterijum dometa (rastojanje, vreme, potrošnja resursa) (`rangetype`).

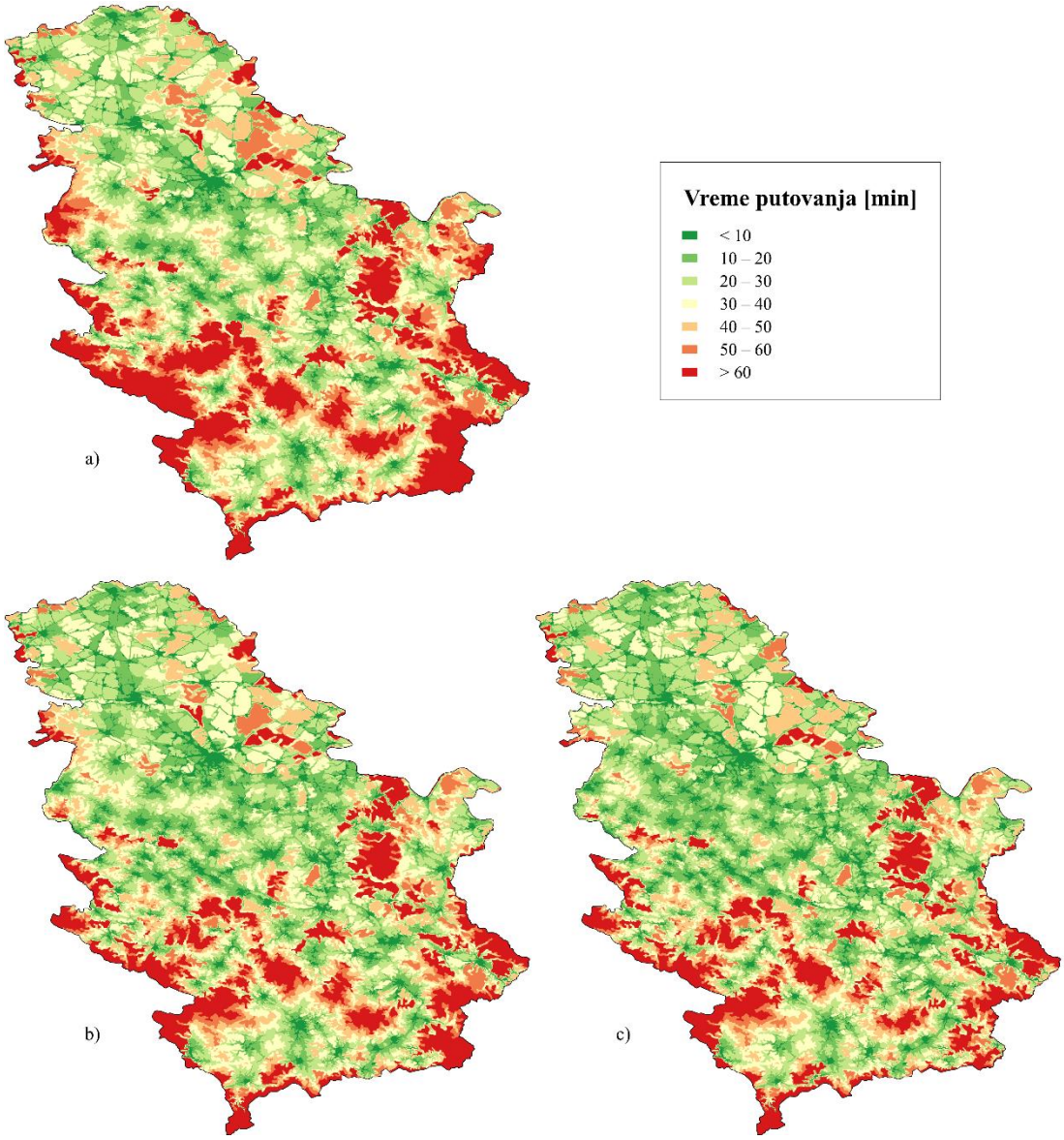
Podaci za autentifikaciju (`app_id` i `app_code`) pribavljeni su kroz licencu od 90 dana koja je besplatna varijanta za korišćenje servisa za rutiranje, a koja zadovoljava potrebe ovog rada. Za parametar lokacija za računanje izohrona (`start`), korišćene su prostorno određeni entiteti koji se odnose na zdravstvene ustanove. Od načina određivanja izohrone (`mode`), na raspolaganju se nalaze najbrži ili najkraći put. Odabrano je da se koristi najbrži put (`fastest`), dok je za prevozno sredstvo odabran automobil (`car`). S obzirom na to da na području Srbije trenutno ne postoje podaci o opterećenosti saobraćajnica dostupni u realnom vremenu, za vrednost indikatora `traffic` moralo se uzeti `disabled`. Konačna vrednost parametra `mode` je `fastest;car;traffic:disabled`.

Za domete ruta (`range`), uzeti su prethodno definisani opsezi koji odgovaraju vremenima putovanja od 10, 20, 30, 40, 50 i 60 minuta. Shodno tome, za kriterijum dometa (`rangetype`) je odabrano vreme putovanja. Kreirano je po šest izohrona za svaku lokaciju. Naredni korak jeste da se izohrone koje predstavljaju jednake vremenske intervale vožnje spoje u jedan, čime treba da se dobiju šest jedinstvenih poligona izohrona. Spajanje se vrši u okviru softvera *QGIS*, pomoću njegove komande *Dissolve*. Posle spajanja, svaki od izlaznih poligona treba odseći slojem koji predstavlja granice Srbije, kako bi se eliminisali delovi koji nisu od interesa. Za ovo se koristi funkcionalnost *QGIS*-a *Clip*. Preostali deo teritorije Srbije koji nije pokriven ovim klasama predstavlja područje do kog je, krećući se po postojećim saobraćajnicama, potrebno više od sat vremena od zdravstvenih ustanova. Ovo područje treba smestiti u poslednju klasu s *ID*-jem 7. Ponovo su iskorišćene operacije u *QGIS*-u, konkretno komanda *Merge vector layers*. Dobijene karte s izohronama mogu se videti na sledećim slikama, a površine izohrona u Tabeli 1.

Površine su sračunate u UTM 34N zoni.

Tabela 1. Teritorija koji pripada svakoj od generisanih klasa izohrona

Izohrona [min]	HERE Maps		HERE Maps + OpenStreetMap		HERE Maps + OpenStreetMap + Google Maps	
	Površina [km^2]	%	Površina [km^2]	%	Površina [km^2]	%
< 10	3506,47	3,94	4837,55	5,44	5743,08	6,46
< 20	16617,06	18,70	21376,71	24,05	24877,94	27,99
< 30	35563,29	40,01	42239,56	47,52	46397,99	52,20
< 40	52662,74	59,25	59316,05	66,73	61584,39	69,29
< 50	64726,84	72,82	70272,90	79,06	71975,52	80,98
< 60	72776,82	81,88	76502,69	86,07	77880,46	87,62

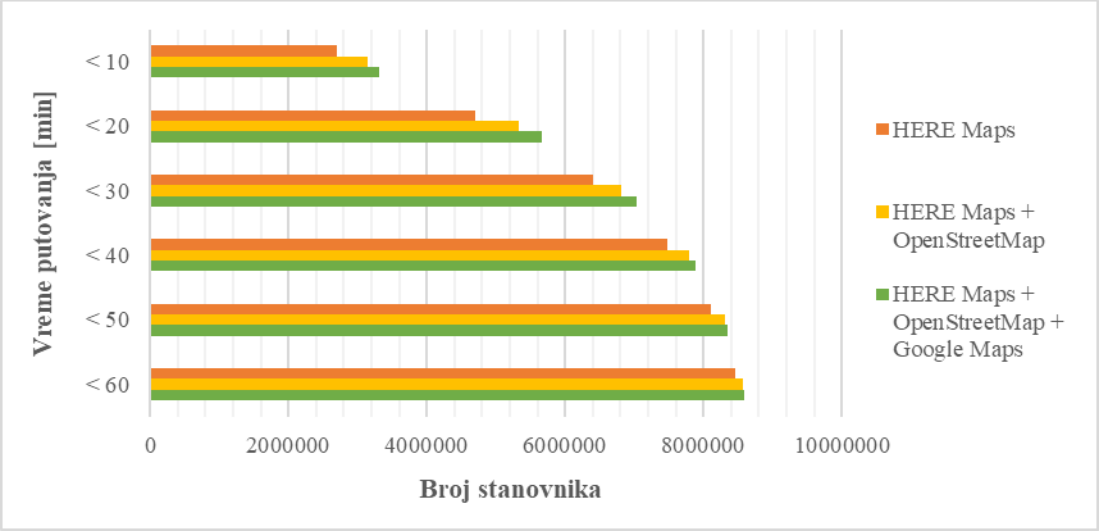


Slika 2. Karta izohrona za lokacije zdravstvenih ustanova prikupljenih servisima: a) HERE Maps; b) HERE Maps i OpenStreetMap; c) HERE Maps, OpenStreetMap i Google Maps [vizuelizacija u QGIS-u]

4. DEMOGRAFSKA ANALIZA PROSTORNE PRISTUPAČNOSTI

Pregled izohrona na prethodnim slikama može da pruži samo vizuelni utisak o kvalitetu pokrivenosti teritorije Srbije zdravstvenim ustanovama. Kvalitetnija analiza treba da obuhvati i demografske podatke, sa ciljem da se sagleda uticaj rasporeda ovih ustanova na stanovništvo. Parametar koji se koristi jeste procentualni udeo stanovništva koji živi na određenoj udaljenosti od najbliže ustanove. Ova udaljenost je izražena kroz vreme putovanja do ustanova i koriste se prethodno dobijene klase izohrona s intervalom od 10 minuta.

Deo stanovništva koji živi na određenim udaljenostima od zdravstvenih ustanova može biti izražen u apsolutnim vrednostima (broju stanovnika) ili procentualno. Određivanje ovih vrednosti moguće je preklapanjem poligona desetominutnih izohrona s podacima u rasterskom formatu o broju stanovnika ciljne teritorije. Odabrani su podaci koje nudi Centar za međunarodnu informacionu mrežu geonauka (engl. *Center for International Earth Science Information Network – CIESIN*) koji postoji pri Univerzitetu Kolumbija. Ovi rasteri su generisani na osnovu nacionalnih popisa i drugih registara i, uz registraciju, dostupni su za slobodno preuzimanje. Sa zvanične veb-strane je preuzeta rasterska datoteka za najažurniju epohu (2015. godinu) i najveće raspoložive prostorne rezolucije od 30 lučnih sekundi (približno 1 km). ***Slika*** daje prikaz uticaja rasporeda ustanova na stanovništvo kroz apsolutni broj stanovnika, dok su u ***Tabeli 2*** izraženi procentualni udeli svake klase.



Slika 3. Broj stanovnika u zavisnosti od vremena putovanja do najbliže zdravstvene ustanove

Tabela 2. Procentualni udeo stanovništva koji pripada svakoj od generisanih klasa izohrona

Izohrona [min]	HERE Maps		HERE Maps + OpenStreetMap		HERE Maps + OpenStreetMap + Google Maps	
	%	Kumulativno	%	Kumulativno	%	Kumulativno
< 10	29,98	29,98	34,83	34,83	36,78	36,78
10 – 20	22,15	52,13	24,35	59,18	25,98	62,76
20 – 30	18,86	70,99	16,28	75,46	15,25	78,02
30 – 40	11,87	82,86	10,99	86,45	9,40	87,41
40 – 50	7,03	89,89	5,65	92,09	5,15	92,56
50 – 60	3,94	93,83	2,88	94,97	2,72	95,28
> 60	6,17	100,00	5,03	100,00	4,72	100,00

Korišćeni podaci o demografiji centra *CIESIN* se odnose na čitavu teritoriju Republike Srbije, uključujući i AP Kosovo i Metohiju. Ukupan broj stanovnika ove teritorije, po ovim podacima, iznosi 9 015 995. Na osnovu prikazanih tabela i slika, evidentno je da samo lokacije prikupljene pomoću sva tri veb-servisa mogu biti smatrane relevantnim i približno istinitim spiskom lokacija zdravstvenih ustanova. Ne uzimajući u obzir lokacije koje servisi *HERE Maps* i *OSM* ne poseduju u svojim bazama, rezultati se jasno pogoršavaju. Zbog toga, u sklopu analize teritorijalne pokrivenosti izohronama i uticaja koje one imaju na stanovništvo treba diskutovati samo o rezultatima iz poslednjih kolona. Svakako treba naglasiti da u ovom spisku od 604 lokacije sasvim verovatno nedostaju još neke bolnice, ambulante i domovi zdravlja, najpre iz domena ustanova privatne prakse.

Govoreći o delu teritorije Srbije koje pokrivaju generisane izohrone, rezultati ukazuju na to da manje od 7 procenata teritorije ima pristup zdravstvenim ustanovama za vreme manje od 10 minuta, što na prvi pogled može biti protumačeno i kao alarmantan podatak. Međutim, uzevši u obzir da u ovu klasu uglavnom upadaju najnaseljeniji gradovi, situacija nije kritična. Ovo potkrepljuje i podatak da vožnjom po postojećim putevima kraćom od deset minuta više od trećine stanovnika (skoro 37%) može stići do najbliže ustanove. Ako se pretpostavi da razumno vreme putovanja do zdravstvene ustanove u hitnim situacijama iznosi do 30 minuta, u zadovoljavajućoj zoni se nalazi nešto preko polovine teritorije Srbije, a u tom području živi bezmalo 80 odsto stanovništva.

Dodatno, polazeći od pretpostavke da je putovanje od preko jedan sat do najbliže ustanove koja pruža hitnu medicinska pomoć neprihvatljivo, rezultati govore da veoma lošu pokrivenost ima gotovo osmina teritorije Srbije (*cca.* 11 000 km^2). Reč je gotovo isključivo o planinskim predelima na jugu, istoku i jugozapadu zemlje, kao i na teritoriji KiM (na kojoj lokacije ustanova treba posebno uzeti s rezervom). Ovo najugroženije područje naseljava približno 425 000 stanovnika, što je procentualno ispod 5 posto ukupnog stanovništva Srbije.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom radu je ispitivan nivo pristupačnosti zdravstvenim ustanovama koji postoji u Republici Srbiji, s akcentom na njenoj prostornoj komponenti i ulozi koju geoinformatika u ovoj tematici može da ima. Sagledane su mogućnosti nekoliko često korišćenih veb-servisa koji nude interaktivne digitalne karte. Istraživanje je originalno zamišljeno tako da u celosti bude pokriveno servisima *HERE*-a, kao kvalitetnim i pouzdanim vlasničkim softverom. Ipak, utvrđeno je da podaci ove veb-karte, iznenađujuće, ne zadovoljavaju potrebe zadatka. Nemali broj zdravstvenih ustanova nedostaje, uglavnom u relativno manjim naseljima.

Kompletiranje spiska je izvršeno servisima *OpenStreetMap* i *Google Maps*. Servis *OSM* se takođe pokazao nedovoljno pouzdanim za indentifikaciju svih lokacija zdravstvenih ustanova. Kao opravdanje za tu činjenicu može uzeti to da on, u osnovi, kao projekat virtuelne zajednice, nije sistematski finansiran već zavisi od donacija. Kako su unos i održavanje kvaliteta prostornih podataka na njemu u potpunosti volonterski, od velike je važnosti da se što više aktera uključi u poboljšanje kvaliteta podataka i, generalno, u unapređenje i promovisanje ovog projekta. Generalni zaključak do koga se došlo tokom izrade ovog rada je da je pristup kvalitetnim podacima o zdravstvenim ustanovama bio najkritičniji kad je reč o uspešnom rešavanju postavljenog zadatke.

Rezultati koji su dobijeni imaju značaj za budući razvoj i planiranje izgradnje novih zdravstvenih ustanova. Može se jednostavno utvrditi koje su lokacije kritične, tj. gde na teritoriji države postoji loša pristupačnost zdravstvenim uslugama. Utvrđeno je da je u Srbiji kritično 12,5% teritorije na kojoj živi nešto ispod 5% stanovništva. Korišćena metodologija može biti iskorišćena i za simuliranje situacije koja bi nastala u slučaju izgradnje nove ustanove na nekoj lokaciji. U postojeći spisak lokacija može se dodati par koordinata koje se odnose na potencijalnu lokaciju bolnice, doma zdravlja ili ambulante. Ponavljanjem procedure računanja izohrona i poređenjem s postojećim stanjem, mogu se proceniti efekti i utvrditi da li postoje značajni benefiti izgradnje nove ustanove na zadatoj lokaciji.

Zahvalnica

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Vlade Republike Srbije za finansiranje ovog rada u okviru projekta TR 36020.

6. LITERATURA

CIESIN – Columbia University. Gridded Population of the World: Population Count (v4.11), https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/gpw-v4-population-count-rev11/data-download, 12. 8. 2019.

Google Maps, https://maps.google.com, 16. 7. 2019.

HERE Maps, https://wego.here.com, 9. 7. 2019.

HERE Places API, https://places.cit.api.here.com/places, 9. 7. 2019.

HERE Routing API, https://developer.here.com/documentation/routing/topics/introduction.html, 31. 7. 2019.

Hewko, J., Smoyer-Tomic, K. E., Hodgson, M.J. (2002). Measuring neighbourhood spatial accessibility to urban amenities: Does aggregation error matter?, Environment and Planning A, 34(7), 1185-1206.

OpenStreetMap Nominatim, https://nominatim.openstreetmap.org, 12. 7. 2019.

Penchansky, R., Thomas, J. W. (1981). The concept of access: Definition and relationship to consumer satisfaction. Medical Care, 19(2), 127-140.

Rekha, R. S., Wajid, S., Radhakrishnan, N. & Mathew, S. (2017). Accessibility Analysis of Health care facility using Geospatial Techniques. Transportation Research Procedia, 27, 1163-1170.

Talen, E., Anselin, L. (1998). Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds, Environment and Planning A, 30(4), 595-613.

Uredba o planu mreže zdravstvenih ustanova, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 42/06, 119/07, 84/08, 71/09, 85/09, 24/10, 6/12, 37/12, 8/14, 92/15, 111/17, 114/17 - ispr., 13/18 i 15/18 - ispr.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

GRAPHS IN MODELING LOCAL ROAD NETWORKS: A PRELIMINARY LITERATURE REVIEW

GRAFOVI U MODELOVANJU MREŽA LOKALNIH PUTEVA: PRELIMINARNI PREGLED LITERATURE

Jelena Stojanov[a], Goran Jauševac[b], Zeljko Stojanov[a], Ilija Hristoski[c]

[a] *University of Novi Sad, Technical faculty 'Mihajlo Pupin', Zrenjanin 23000, Serbia, jelena.stojanov@uns.ac.rs, zeljko.stojanov@uns.ac.rs*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Traffic Engineering, Doboj, Bosnia and Herzegovina, goran.jausevac@sf.ues.rs.ba*

[c] *'St. Kliment Ohridski' University - Bitola, Faculty of Economics, Prilep, Macedonia, ilija.hristoski@uklo.edu.mk*

Abstract: *Graphs have been proved as efficient tool for modeling and analyzing issues in different types of networks in socio-technical systems. Different issues and properties related to locations and distances in road networks can be presented and analyzed by using graphs. Since it is evident that local roads have a significant impact on everyday life, it is necessary to identify issues that affect their more efficient use. This paper presents preliminary literature review on using graphs for modeling and inquiring issues related to local road networks. The literature review protocol is outlined, followed with the discussion of research findings, constraints and benefits. Implications of the research are also presented, which is the main contribution of this study.*

Key words: *graph, mathematical model, local road network, literature review*

Apstrakt: *Grafovi su efikasan alat za modelovanje i analizu problema u različitim mrežama koje se koriste u socio-tehničkim sistemima. Različiti problemi i svojstva vezana za lokacije i udaljenosti u putnim mrežama mogu se predstaviti i analizirati pomoću grafova. S obzirom na očigledan uticaj koji lokalni putevi imaju na svakodnevni život, neophodno je identifikovati probleme koji utiču na njihovu efikasniju upotrebu. Ovaj rad predstavlja preliminarni pregled literature koja se odnosi na upotrebu grafova za modelovanje i istraživanje problema mreža lokalnih puteva. Prikazan je protokol koji se koristi za pregled literature, a potom je prikazana diskusija nalaza istraživanja. Implikacije za buduća istraživanja su takođe prikazana, što predstavlja ključni doprinos ovog rada.*

Ključne riječi: *graf, matematički model, mreža lokalnih puteva, pregled literature*

1. INTRODUCTION

Hierarchy of roads, starting from the highest level of traffic frequency, includes the following levels: highways, main roads, regional or collector roads (collect traffic from local roads to main roads), and local roads. The lowest level relates to tertiary roads, or local roads with the smallest traffic volume. These roads include urban roads and rural roads, and enable access to local objects. Despite the fact that local roads comprise more than 80% of total road network in majority of countries, more attention and investments relates to the primary roads at national and international level (Cvetanović & Banić, 2013). The importance of local roads, especially urban roads is in the fact that more than 55% of all roads are in this class of roads, while the expectation is that 85-90% off all roads in Europe and America will be urban roads (Dueñas, 2018).

Increasing traffic volume affects the deterioration of the state of local roads, leading to decreased performance and reliability of these roads. Financial constraints in maintaining and monitoring local roads' networks result with their decreased operational characteristics, leading to a large number of traffic accidents on them (Cvetanović & Banić, 2013). In addition, there is a lack of information related to characteristics of these roads, as well as information about available facilities.

Road networks are usually interpreted by using structures such as trees, graphs or grids, but there is always some selective consideration of what is being presented for the given context (Marshall, 2016). Graph theory is mathematical discipline aimed at studying graphs as mathematical structures that are commonly used

for modeling relations between objects. Graphs are made of vertices (also called nodes or points) and edges (also called links or lines) that connect the vertices. In traffic engineering, graphs are used for analyzing traffic networks, where exists obvious relationship between the links and nodes in transport networks and the edges and vertices in graphs (Ducruet & Lugo, 2013; Bagdasar, 2013; Marshall, 2016). Based on previous considerations there is evident need to systematize knowledge on using graphs for analyzing issues related to local roads. A common way for systematizing knowledge on selected phenomena in a selected field is to use literature reviews, which enable identification of the research trends and propose issues to be inquired in future research. This study aims at presenting a preliminary literature review that addresses issues on using graphs as a mathematical concept and tool in local road traffic.

The paper is organized as follows. The next section presents our approach to literature review, with presentation of the findings, while the third section presents discussion of the study benefits and constraints. Concluding remarks and future research directions are considered in the last section.

2. LITERATURE REVIEW STUDY

Integrative literature reviews, as a form of research that reviews, critiques, and synthesizes representative literature on a topic, have been recently adopted in many fields with the intention to address two general kinds of topics - mature topics or new and emerging topics (Torraco, 2005). Findings of literature reviews can be presented in different form such as research agendas, frameworks, taxonomies or metatheory (Doty & Glick, 1994). However, data analysis and the form of the findings should be aligned to the proposed review objective.

Based on the proposed objective of the literature review, stated in the introduction section (inquiring issues on using graphs as a mathematical concept and tool in local road traffic) this study fits into a typology proposed by Rowe (2014) as a study aimed at understanding a specific theme by using systematic approach for searching literature. For this study is adopted a light version of a systematic literature review (SLR) method (Okoli & Schabram, 2010), with the following constraints:

- Only Google Scholar is used as a database for searching literature, while repositories of leading academic publishers are excluded from the search (e.g. Wiley, ScienceDirec, Springer).
- This search includes only the first 50 publications listed at Google Scholar. Other literature sources listed in Google Scholar will be considered in the next detailed SLR study.
- The simplest set of keywords for searching literature sources is used. Additional keywords will enable constructing more complex search strings, resulting in the identification of many more studies.

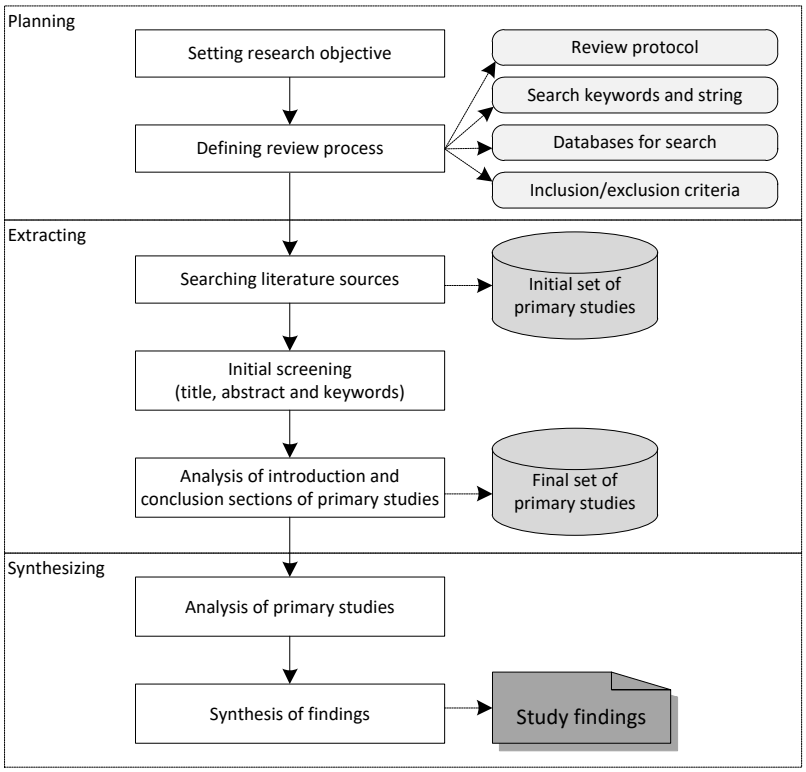


Figure 1. The approach to preliminary literature review used in this study

Due to the stated constraints, we call this approach preliminary literature review (PLR), and in discussion section we analyze the constraints of this study and propose potential improvements and further work. The presented PLR approach does not strictly follow the guidelines for conducting systematic literature review, and design of the study is presented in Figure 1.

2.1 Planning phase

Planning activities include proposing the research objectives and determining relevant parameters for conducting a literature review, such as a review protocol, a database to search, the keywords for searching, and the criteria for including or excluding identified studies.

The research objective of this literature review is to identify empirical studies related to using graph theory for analyzing different issues related to local roads, and to systematize findings of these studies.

The protocol for conducting the literature review includes the following steps: (1) identification of potential studies, (2) screening of studies based on the title, abstract and keywords, (3) additional analysis of the study introduction and conclusion sections in order to determine the final set of primary studies - detailed screening, (4) detailed analysis of the selected primary studies, and (5) synthesis of findings. The second and the third steps include judging about the studies based on proposed inclusion/exclusion criteria.

Google Scholar was selected for searching literature sources, because it provides access to studies published by a variety of publishers, including both journal articles and papers published at conferences' proceedings. The full text of listed studies was accessed either through Google Scholar or by accessing the authors' web pages and Research Gate Web portal.

The keywords used for the search were extracted from the proposed study objective: "graph", and "local road". However, in order to point out that review relates to graphs as a mathematical concept, an additional keyword was included - "mathematical model".

Inclusion/exclusion criteria ensure that only studies relevant for the proposed objective will be selected for the data analysis. For this review study these criteria are:

- The study is published in a journal or a conference proceeding with a recognized review process.
- The study deals with using graphs for analyzing different issues related to local roads.
- The study is published in English language.
- The study is published in the period from 2009 to 2019.

Planning activities are important for determining the research process that should be followed during the literature review.

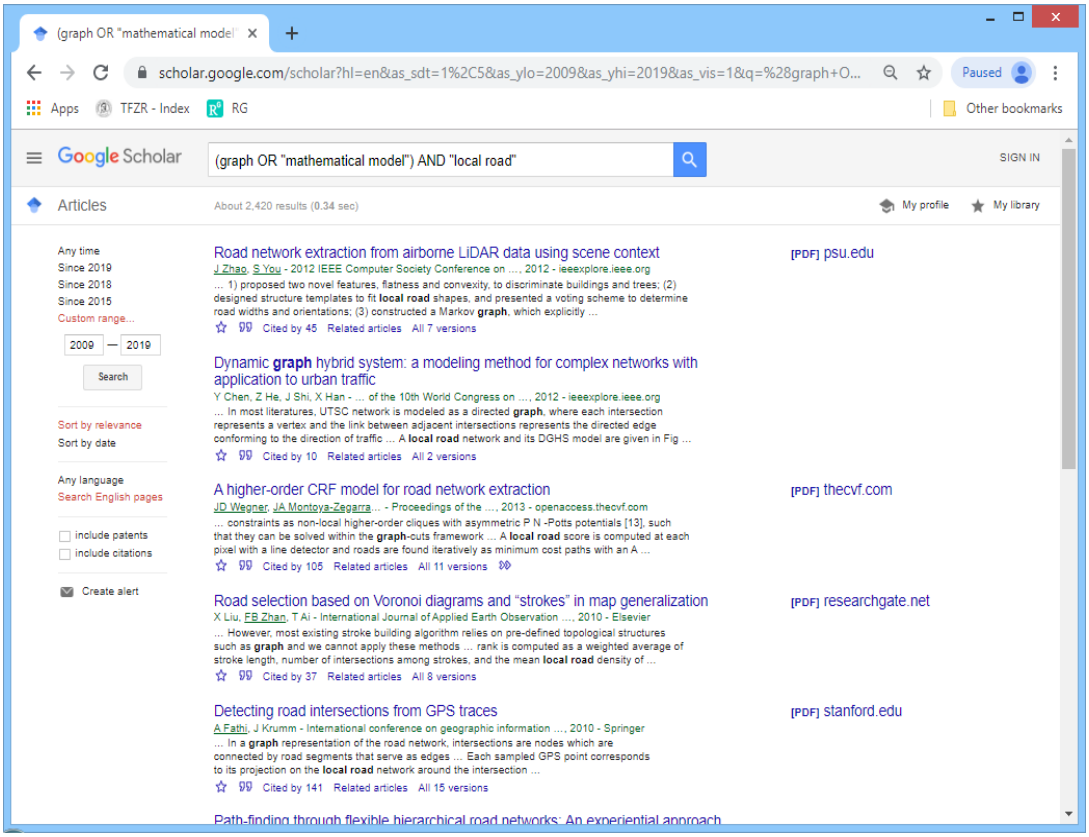
2.2 Extracting relevant studies

The literature search was conducted at Google Scholar, which is a freely accessible web search engine for academic literature, accompanied by bibliographic data. Google Scholar enables setting parameters for search, among which are the search keywords, the period and the relevance (see Figure 2).

The search string was constructed by using the selected keywords. The search string used for searching literature on Google Scholar is:

(graph OR "mathematical model") AND "local road"

Totally 2420 literature sources are detected by Google Scholar, which are sorted by relevance for the selected keywords. From this 2420 literature sources, the first 50 sources were selected for this preliminary literature review. The reason for including only the first 50 sources in analysis is that after the 20th article, most articles were excluded.



Slika 2. Searching relevant literature at Google Scholar

The analysis of the first 50 sources was conducted in two phases. The first phase is called "initial screening" and it includes judging about including or excluding the study based on the analysis of the title, abstract and keywords. During the initial screening 24 literature sources were excluded from the data analysis. The second phase includes screening the introduction section, conclusion section, and where it is necessary the whole text to check if the studies should be included or excluded. During detailed screening additional seven literature sources were excluded. After detailed screening 19 literature sources were included in the detailed analysis, and these sources are marked as "primary studies" and labeled as PS#, where # denotes the number of the included primary study (PS). The list of primary studies included in the literature review is presented in Table I.

Table 1. The list of primary studies included in the literature review

Study No.	**Study citation**
PS02	Chen, Y., He, Z., Shi, J., & Han, X. (2012, July). Dynamic graph hybrid system: a modeling method for complex networks with application to urban traffic. In Proceedings of the 10th World Congress on Intelligent Control and Automation (pp. 1864-1869). IEEE. DOI: 10.1109/WCICA.2012.6358180.
PS06	Li, Q., Zeng, Z., Zhang, T., Li, J., & Wu, Z. (2011). Path-finding through flexible hierarchical road networks: An experiential approach using taxi trajectory data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 13(1), 110-119.
PS07	Wang, X., Wu, X., Abdel-Aty, M., & Tremont, P. J. (2013). Investigation of road network features and safety performance. Accident Analysis & Prevention, 56, 22-31.
PS09	Szottka, I. (2013, October). Particle filtering for lane-level map-matching at road bifurcations. In 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013) (pp. 154-159). IEEE.
PS10	Avila, M., Begot, S., Duculty, F., & Nguyen, T. S. (2014, October). 2D image based road pavement crack detection by calculating minimal paths and dynamic programming. In 2014 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (pp. 783-787). IEEE.
PS12	Walker, R., Arima, E., Messina, J., Soares-Filho, B., Perz, S., Vergara, D., ... & Castro, W. (2013). Modeling spatial decisions with graph theory: logging roads and forest fragmentation in the Brazilian Amazon. Ecological Applications, 23(1), 239-254.

PS13	Pan, X., Wu, L., Hu, Z., & Huo, Z. (2014, September). Voronoi-based spatial cloaking algorithm over road network. In International Conference on Database and Expert Systems Applications (pp. 273-280). Springer, Cham.
PS14	Toplak, W., Koller, H., Dragaschnig, M., Bauer, D., & Asamer, J. (2010, September). Novel road classifications for large scale traffic networks. In 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (pp. 1264-1270). IEEE.
PS15	Lou, Y., Zhang, C., Zheng, Y., Xie, X., Wang, W., & Huang, Y. (2009, November). Map-matching for low-sampling-rate GPS trajectories. In Proceedings of the 17th ACM SIGSPATIAL international conference on advances in geographic information systems (pp. 352-361). ACM.
PS16	Bastani, F., He, S., Abbar, S., Alizadeh, M., Balakrishnan, H., Chawla, S., ... & DeWitt, D. (2018). Roadtracer: Automatic extraction of road networks from aerial images. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 4720-4728).
PS18	Wu, T., Xiang, L., & Gong, J. (2016). Updating road networks by local renewal from GPS trajectories. ISPRS International Journal of Geo-Information, 5(9), 163.
PS19	Qian, Y. S., Wang, M., Kang, H. X., Zeng, J. W., & Liu, Y. F. (2012). Study on the road network connectivity reliability of valley city based on complex network. Mathematical Problems in Engineering, 2012.
PS20	Zhu, Q., & Mordohai, P. (2009, September). A minimum cover approach for extracting the road network from airborne LIDAR data. In 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision Workshops, ICCV Workshops (pp. 1582-1589). IEEE.
PS29	Eisenstat, D. (2011, January). Random road networks: the quadtree model. In 2011 Proceedings of the Eighth Workshop on Analytic Algorithmics and Combinatorics (ANALCO) (pp. 76-84). Society for Industrial and Applied Mathematics.
PS31	Zhu, C. J., Lam, K. Y., & Han, S. (2015). Approximate path searching for supporting shortest path queries on road networks. Information Sciences, 325, 409-428.
PS35	Han, X., Chen, Y., Shi, J., & He, Z. (2012, September). An extended cell transmission model based on digraph for urban traffic road network. In 2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (pp. 558-563). IEEE.
PS42	Demiryurek, U., Pan, B., Banaei-Kashani, F., & Shahabi, C. (2009, November). Towards modeling the traffic data on road networks. In Proceedings of the Second International Workshop on Computational Transportation Science (pp. 13-18). ACM.
PS46	Fortin, P., Morency, C., & Trépanier, M. (2016). Innovative GTFS Data Application for Transit Network Analysis Using a Graph-Oriented Method. Journal of Public Transportation, 19(4), 2.
PS49	Freiria, S., Tavares, A. O., & Pedro Julião, R. (2015). The multiscale importance of road segments in a network disruption scenario: A risk-based approach. Risk analysis, 35(3), 484-500.

After two-phase screening, totally 31 studies were excluded from the analysis. The main reasons for excluding the studies from further analysis is that they do not deal with local roads and/or do not use graphs. In many cases graphs relate to graphs of mathematical function used for modeling specific issues. The details about the reasons for exclusion of literature sources from the data analysis are presented in Table II.

Table II. Reasons for study exclusion from data analysis in two-phase screening process

	Graph	**Local road**
Initial screening	23	10
Detailed screening	6	2
Total in screening	29	12

Table II revealed that there are 41 reasons for exclusion, while 31 studies were excluded from the further analysis. In 10 cases the studies were excluded because they do not deal with graphs and local roads. In addition, the studies were mostly excluded during the initial screening.

2.3 Synthesizing literature review findings

The first classification of the primary studies relates to the use of graphs in them. Two types of studies can be distinguished: (1) the studies aimed at constructing graphs from other data sources (images, maps, etc.) , and (2) the studies that upgrade or enhance graphs as starting point for analyzing issues related to local road networks. The distribution of the primary studies regarding these two types of the graphs' use is presented in table III.

Table III. Distribution of primary studies according to the type of the graphs' use

Graphs' use	**Primary studies**
Constructing graphs	PS09, PS10, PS16, PS20
Upgrading and enhancing graphs	PS02, PS06, PS07, PS09, PS10, PS12, PS13, PS14, PS15, PS18, PS19, PS20, PS29, PS31, PS35, PS42, PS46, PS49

Based on data presented in Table III, majority of studies upgrade or enhance graphs for inquiring different issues related to local roads. Three studies (PS09, PS10 and PS20) presents approaches for constructing graphs from different sources and after that upgrade constructed graphs for analyzing issues related to local roads. Only primary study PS16 presents an approach for constructing graphs of local road networks.

The second classification of the primary studies relates to the aspects of local road networks inquired by graphs, which is presented in Table IV.

Table IV. Aspects of local road networks inquired by using graphs

Aspects of local roads	**Primary studies**
Signal control in urban traffic	PS02
Road hierarchy and path planning	PS06
Structural properties of road network	PS07, PS46
Map matching	PS09, PS15, PS18
Detecting road pavement cracks	PS10
Space decisions	PS12
Anonymization of a location	PS13
Link level time prediction	PS14
Road network extraction from data sources	PS16, PS20
Reliability of connectivity	PS19
Traffic flow	PS29, PS35, PS42
Supporting path search	PS31
Risk management	PS49

Totally 13 aspects of local road networks were identified in the primary studies. Four were inquired in more than one study, while nine aspects were inquired in only one study. Map matching and traffic flow are the most interesting issues because they are inquired in three studies.

3. DISCUSSION

This section outlines a discussion of the constraints and the benefits of the study, which is necessary for increasing the validity of the study and the findings (Yin2009).

3.1 Constraints

Despite obvious contribution related to systematization of knowledge in the field of using graphs for presenting and analyzing local road issues, presented literature review certainly has several constraints.

The first constraint relates to the selection of keywords, which should be improved by using more keywords and constructing more comprehensive search strings that will result in more precise identification of primary studies. With additional keywords, new aspects of graph use can be identified.

The second constraint relates to using only Google Scholar database for searching for studies. More comprehensive search and identification of a larger set of studies assumes use of databases of leading academic publishers such as ScienceDirect, Springer, Wiley, IEEE, etc.

The third constraint relates to the synthesis of findings, which is presented at the rudimentary level. A more detailed analysis of findings assumes identification of much more primary studies, which will be objective of a future systematic literature review.

3.2 Benefits

The benefits of the presented literature review are: (1) literature review process is presented in way that enables repeating this study or implementing the process in other literature review studies, and (2) identified knowledge is systematized and can be used as starting point for future research projects.

In addition, the authors gained experience and improved literature review skills, which can be used in future systematic literature reviews.

4. CONCLUSIONS

Presented study is the initial work of the authors in the field of using graphs for modeling and inquiring local road networks. Although the study suffers from the stated constraints, it is important because it presents a systematized state of the research, which is useful for profiling future research directions. The following research direction can be distinguished: (1) detailed systematic literature review on more specific graph use for local roads modeling and analysis, and (2) selection of the most attractive theme for empirical research based on the identified research trends in literature.

5. REFERENCES

Bagdasar, O. (2013) Elements of Graph Theory. In: Concise Computer Mathematics: Tutorials on Theory and Problems, 73-80. Springer Briefs in Computer Science. Springer Cham. doi: 10.1007/978-3-319-01751-8_9.

Cvetanović, A., & Banić, B. (2013) Local roads. Akademska misao. Beograd, Serbia. [in Serbian]

Doty, D., & Glick, W. (1994). Typologies as a Unique Form of Theory Building: Toward Improved Understanding and Modeling. The Academy of Management Review, 19(2), 230-251.

Ducruet, C. & Luqo, I. (2013). Structure and dynamics of transportation networks: models, methods and applications. In J. RodrigueT. Notteboom & J. Shaw The SAGE handbook of transport studies (pp. 347-364). London, UK: SAGE Publications. doi: 10.4135/9781446247655.n20.

Dueñas, D.E.M. (2018) Effects of road-network circuity on strategic decisions in urban logistics. Ph. D. Thesis. Massachusetts Institute of Technology, School of Engineering. Cambridge, MA, USA.

Marshall, S. (2016) Line structure representation for road network analysis. Journal of Transport and Land Use, 9(1), 29-64. doi: 10.5198/jtlu.2015.744.

Rowe, F. (2014) What literature review is not: diversity, boundaries and recommendations. European Journal of Information Systems, 23(3), 241–255. doi:10.1057/ejis.2014.7.

Okoli, C., & Schabram, K. (2010) A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. Sprouts: Working Papers on Information Systems, 10(26). http://sprouts.aisnet.org/10-26.

Torraco, R.J. (2005) Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. Human Resource Development Review, 4(3), 356-367. doi: 10.1177/1534484305278283.

Yin, R. K. (2009). Case study research: Design and methods (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

LOWCOST CONVERSION OF A CLASSIC CAR IN A ELECTRIC VEHICLE

NISKOBUDŽETNA KONVERZIJA KLASIČNOG AUTOMOBILA U ELEKTRIČNO VOZILO

Aleksandar Stjepanović[a], Goran Kuzmić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, aleksandar.stjepanovic@sf.ues.rs.ba, goran.kuzmic@sf.ues.rs.ba*

Abtract: *The accelerated development of new technologies has enabled the introduction of new ecologically pure transport vehicles based on the electric drive. In our region, very little or almost no mention is made of this type of transportation means. The market for used electric cars in our country does not exist, while new electric vehicles are extremely expensive for the average citizen of Bosnia and Herzegovina. One of the transient steps that could be taken in this direction, taking into account the circumstances and the poor economic situation, is the conversion of existing vehicles with a standard gasoline or diesel engine into electric-powered vehicles. Starting from this idea, a proposal of such a model was given here. The paper analyzes the possibilities of conversion of standard vehicles with gasoline aggregate into electrically driven vehicles. The conversion was analyzed from the point of view of the components used with the proposal of a mathematical model that was used to simulate the characteristics of a processed vehicle.*

Key words: *conversion, electric vehicles, model*

Apstrakt: *Ubrzani razvoj novih tehnologija omogućio je uvođenje novih ekološki čistih transportnih sredstava baziranih na elektro pogonu. Na našim prostorima vrlo malo ili skoro nikako se ne govori o ovom vidu transportnih sredstava. Tržište polovnih električnih automobila kod nas i ne postoji, dok su nova elektro vozila izuzetno skupa za prosječnog građanina Bosne i Hercegovine. Jedan od prelaznih koraka koji bi se mogli preduzeti u ovom smjeru, uzimajući u obzir okolnosti i lošu ekonomsku situaciju, je konverzija postojećih vozila sa standardnim benzinskim ili dizel agregatom u vozila na elektro pogon. Polazeći od te ideje ovdje je i dat prijedlog takvog modela. U radu su analizirane mogućnosti konverzije standardnih vozila sa benzinskim agregatom u vozila na elektro pogon. Konverzija je analizirana sa stanovišta korištenih komponenti uz prijedlog matematičkog modela koji je iskorišten za simulaciju karakteristika prerađenog vozila.*

Ključne riječi: *konverzija, električna vozila, model.*

1. UVOD

Razvoj i tendencije automobilske industrije ukazuju na ubrzanu transformaciju korištenih transportnih sredstava iz oblasti koja je dominantna u sadašnjem trenutku, na primjenu vozila sa elektro pogonom. Istorijat vozila na elektro pogon seže još u daleke godine kraja 19. i početka 20. vijeka kada su ova vozila bila prva koja su se pojavila na tržištu i imala su niz prednosti u odnosu na vozila sa pogonom na fosilna goriva.

Ponuđena rješenja savremene automobilske industrije vezana za vozila na elektro pogon još nisu uspjela riješiti većinu glavnih problema vezanih za elektro vozila. Neki od bitnijih problema su slaba pokrivenost stanicama za punjenje, velika masa baterija odnosno vozila (Shi i dr., 2019), mali radijus kretanja sa jednim punjenjem, visoka cijena proizvodnje baterija (Shi i dr., 2019).

Analizom potreba prosječnog vozača može se zaključiti da se više od 80% potreba za transportom može riješiti sa malim vozilom na elektro pogon manje brzine i malog radijusa kretanja (Lei i dr., 2018). U većini slučajeva prosječan korisnik pređe dnevno 20-30km, sa potrebnom maksimalnom brzinom od 40-60km/h, čime se smanjuju troškovi vezani za potrebni kapacitet baterija, snagu motora, snagu kontrolera i ostale potrebne opreme. Da predstavlja interesantnu oblast govori i podatak da tržište malih električnih vozila u Republici Kini, sa navedenim karkateristikama, broji između 5 i 6 miliona korisnika.

Detaljnom analizom potreba korisnika vozila, moguće je napraviti različite grupe vozila na elektro pogon, čime bi korisnici usmjeravani da nabavljaju vozilo prema svojim stvarnim svakodnevnim potrebama (Ling, Z. i dr., 2019). Sve ovo bi uticalo i na smanjenje visoke cijene proizvodnje vozila što u sadašnjem vremenu takođe predstavlja problem (Lei i dr., 2018).

U radu je predložen i analiziran model konverzije konvencionalnog vozila na bazi benzinskog pogonskog motora u vozilo na elektro pogon. Analizirane su potrebe prosječnog korisnika na teritoriji Bosne i Hercegovine, te je odabran koncept malog gradskog automobila za prevoz dvije osobe i osnovnog prtljaga. Cilj projekta je bila nisko budžetna konverzija sa jednostavnim i jeftinim pogonom, uz malo ili skoro nikakvo održavanje. Za analizu performansi budućeg vozila te odabir komponenti napravljen je matematički model koji je poslužio kao polazna tačka u konstruisanju odnosno konverziji vozila. Za eksperiment je odabrano vozilo proizvođača Daewoo, tip Tico zbog svoje male težine te dobrog rasporeda unutrašnjeg prostora.

2. OSNOVNE METODE

Jedna od bitnih karakteristika vozila koje se bira za konverziju je da ima malu početnu masu. Za analizu karakteristika vozila odabranog za konverziju pogodno je uraditi matematički model potrebne snage na točkovima vozila. U svom radu (Fiori i dr., 2016) predložili su sveobuhvatni model potrošnje energije zasnovan na snazi CPEM (Comprehensive Power-based EV energy consumption Model). Potrebi ulazni podaci za ovaj model su zahtjevana brzina vozila i EV karakteristika. Izlazni parametri modela su potrošnja energije u kWh/km za određeni način vožnje, trenutno potrebna snaga i stanje napunjenosti baterija SOC (State of Charge). Model je provjeren na serijski proizvedenom vozilu Nisan Leaf EV.

U slučaju konverzije vozila često dosta parametara postojećeg vozila nedostaje, tako da i predloženi model daje samo okvir odnosno procjenu karakteristika budućeg vozila. U radu je akcenat stavljen na prijedlog modela koji je zasnovan na poznatim karakteristikama vozila koje obuhvataju parametre, masu $m=790kg$ vozila, zahtjevanu brzinu $v=14m/s$ vozila, otpor kotrljanja $r=0.0081$, $C_d=0.38$ otpor strujanja vazduha, A=1.95 m^2 čeona površina vozila. Matematički model potrebne snage motora za kretanje vozila zahtjevanom brzinom dat je sledećim obrascem:

$$P = \left(m \cdot 9.81 \cdot v \cdot r\right) + \left(0.6465 \cdot C_d \cdot A \cdot v^3\right) \tag{1}$$

Potrebni moment može se izračunati iz obrasca (Lei i dr., 2018):

$$T = m \cdot g \cdot r \cdot \cos\alpha + m \cdot g \cdot \sin\alpha + \frac{C_d \cdot A}{21.15} \cdot v^2 + \frac{\sigma \cdot m}{3.6} + \frac{dv}{dt} \tag{2}$$

gdje su: T ukupni zahtjevani momenat vozila koji je jednak sumi svih otpora, m masa vozila, r otpor kotrljanja točkova, α ugao nagiba puta, C_d koeficijent otpora strujanja vazduha, A čeona površina vozila, v brzina kretanja vozila, g ubrzanje sile Zemljine teže, σ korekcioni faktor za rotirajuće mase.

Pri računanju mase vozila osnovna masa je iznosila 630kg uz dodanu masa dva putnika u prosjeku po 75kg. Ukupna masa vozila koja je uzeta u proračunima uzima u obzir i dva putnika. Pored procjene potrebne snage motora, potrebno je izračunati odnosno procjeniti radijus kretanja vozila. Kapacitet baterijskog bloka je jednak:

$$W_{bloka}\left[Wh\right] = V_{bloka}\left[V\right] \cdot C_{baterije}\left[Ah\right] \tag{3}$$

gdje su: W_{bloka} kapacitet baterijskog bloka u Wh, V_{bloka} ukupni izlazni napon baterijskog bloka, $C_{baterije}$ kapacitet baterijskog bloka u Ah.

Na osnovu dobijenog parametra kapaciteta instalisanog baterijskog bloka moguće je procijeniti radijus kretanja vozila. Pri tome je potrebno uzeti u obzir da se radi o različitim režimima vožnje tako da dobijeni podatak predstavlja okvirnu vrijednost (Karim, K., i dr., 2015). Za detaljnu procjenu potrebno je koristiti komplesne algoritme koji uzimaju u obzir načine vožnje, izgled terena i drugo (Karim, K., i dr., 2015).

U zavisnosti od tipa korištenih baterija potrebno je uzeti u obzir podatak da nije moguće iskoristiti svu energiju baterije. Najčešće se uzima 80% od ukupnog kapaciteta. Takođe pošto se radi o nisko budžetnoj konverziji odabrane su baterije niže cjenovne klase, odnosno AGM (Absorbent Glass Mat) baterije. Mnogo bolje rješenje su baterije na bazi LiIon tehnologije ali su za ovakav tip konverzije vozila još uvijek ekonomski neisplative. Kod AGM tipa baterija potrebno je kod proračuna kapaciteta uzeti u obzir i Peukertov efekat.

Na modelu vozila su izvršena eksperimentalna mjerenja i testiranje za različite načine vožnje. Mjerenja su vršena pomoću aplikacija na mobilnom telefonu te ugrađenih mjernih uređaja u vozilu, kombinovani uređaj za mjerenje napona, struje, preostalog kapaciteta baterije.

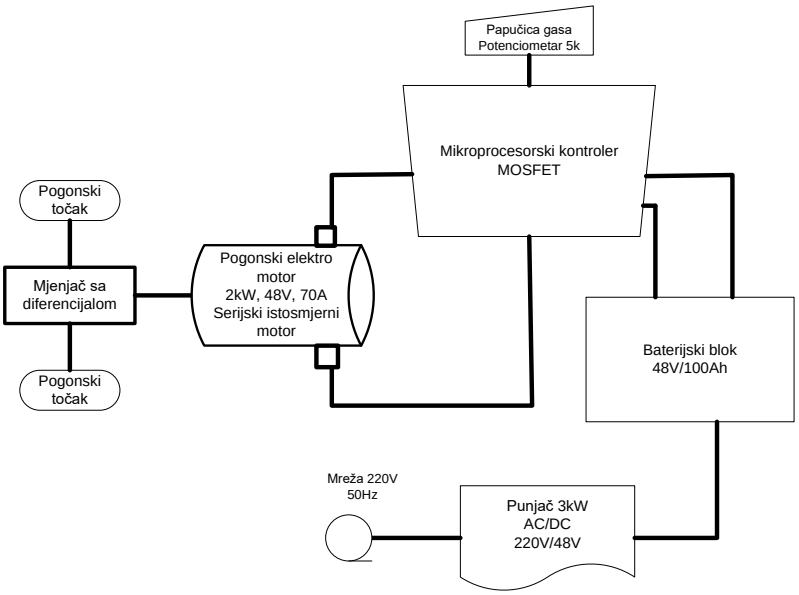
3. OPIS REALIZACIJE KONVERZIJE I REZULTATI ISPITIVANJA

Kao polazni podaci pretpostavljena je maksimalna brzina vozila 50km/h, uz vožnju maksimalno dva putnika. Željeni radijus kretanja je 20km/dnevno. Proračunom iz relacije (1) dobijena je potrebna snaga motora od 1933W za brzinu vozila od 45km/h. Nakon detaljne analize dostupne litrature vidljivo je da postoje tri osnovna koncepta prerade vozila (Leitman i Brant, 2009). Prvi koncept podrazumjeva zamjenu postojećeg dizel/benzin motora sa elektro motorom uz zadržavanje postojećeg mjenjača i kvačila. Drugi koncept koristi mjenjač ali sa direktnom vezom motora i mjenjača čime se izbjegava dodatno opterećenje pogonskog vratila motora sa spojkom. I treći koncept koji podrazumjeva da se izbacuje i mjenjač i spojka te motor direktno veže na pogonske točkove. Zbog jednostavnosti konstrukcije a uzimajući u obzir da je odabran pogonski elektro motor vrlo male snage (2kW) predložen je drugi koncept konverzije uz zadržavanje mjenjača ali bez kvačila odnosno spojke. Promjena brzina se vrši kao i kod klasičnog vozila ali je za nekoliko trenutaka sporija. U tabeli 1. su prikazani podaci o stepenima prenosa mjenjača i diferencijala u vozilu te mogućih maksimalnih brzina vozila sa ugrađenim elektro motorom (snaga 2kW, broj okretaja u minuti=1980).

Tabela 1.Maksimalne brzine vozila za različite stepene prenosa

Mjenjač i diferencijal/stepen prenosa	Maksimalna brzina vozila u odabranom stepenu prenosa
1. Stepen 3.828/16.22	12km/h
2. Stepen 2.21/9.36	20km/h
3. Stepen 1.423/6.03	32km/h
4. Stepen 0.97/4.11	47km/h
5. Stepen 0.827/3.55	54km/h

Kako je već ranije navedeno za konverziju je odabrano vozilo Daevoo Tico zbog svoje male mase i relativno malih dimenzija. Na slici 1. je prikazan model elektro vozila sa pripadajućim komponentama.

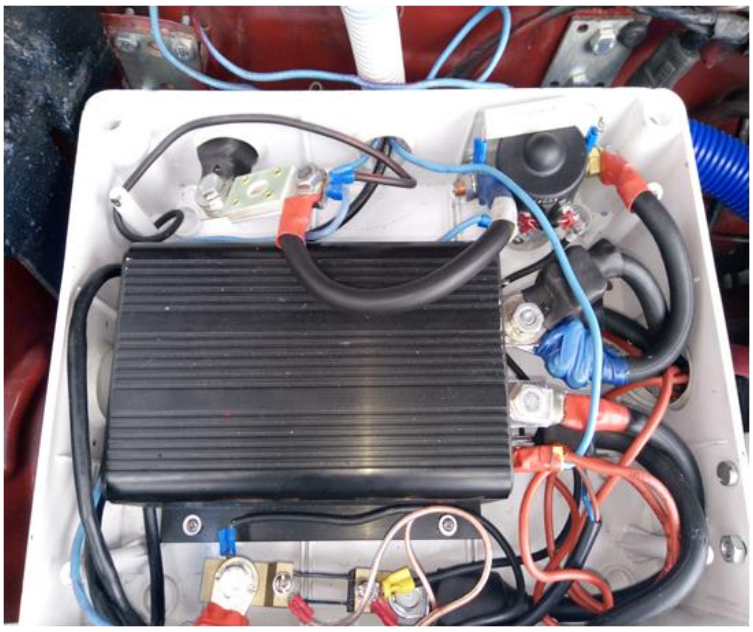


Slika 1. Model konverzije vozila sa odabranim komponentama

Na slici 2. je prikazan detalj spajanja pogonskog elektro motora i postojećeg mjenjača direktnim spojem preko trokrake kandžaste spojke, čime je izbjegnuta potreba za maksimalnom tačnošću centriranja ose mjenjača i osovine motora.

Slika 2. Detalj spajanja pogonskog motora i postojećeg mjenjača putem trokrake kandžaste spojke

Na slici 3. je prikazana kontrolna kutija sa regulatorom/kontrolerom broja obrtaja te pripadajućim komponentama, DC kontakter 48V, 250A, otporni šant, kontroler Curtis 1204-5305, 325A, 48V.



Slika 3. Detalj kontrolne kutije sa pripadajućim komponentama

Izgled završene konverzije vozila prikazana je na slici 4. Detaljniji opis je dat na web stranici (www.lowcostelectriccar.webnode.com., 31.8.2019.).

Slika 4. Izgled završene konverzije vozila Daewoo Tico u vozilo na elektro pogon-elektico

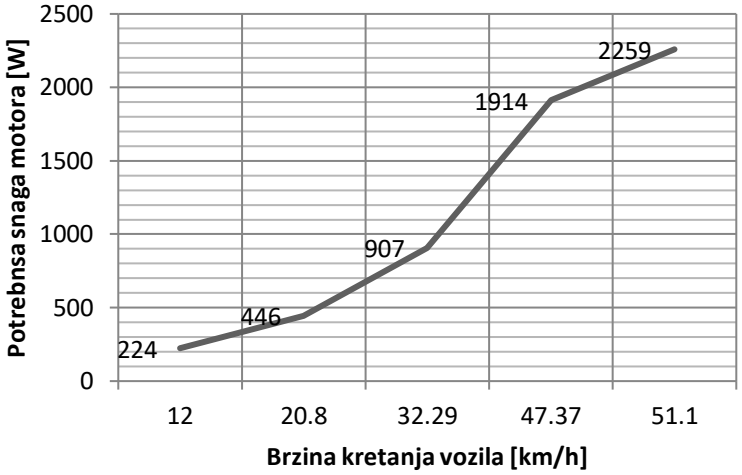
Testiranje voznih karakteristika vozila je vršeno na kratkim dionicima. Dobijeni rezultati testiranja su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2.Rezultati eksperimentalnih istraživanja

Redni broj mjerenja	Napon baterija V	Maksimalna postignuta brzina km/h	Srednja brzina km/h	Pređeni put km
1	51.33	25	6	3.3
2	50.2	37	5	0.6
4	48.75	35	15	2.8
5	49.72	51	28	2.35
6	49.58	36	10	2

Iz tabele 2. vidljivo je da su dobijene maksimalne brzine pri eksperimentalnom testiranju vozila u skkladu sa procjenom dobijenom na osnovu predloženog modela. Maksimalna postignuta brzina je 51.1km/h što je za 3.7km/h manje od vrijednosti dobijene simulacijom modela koja je iznosila 54.8km/h.

Na slici 5. su prikazane vrijednosti potrebnih snaga za zadane vrijednosti brzina vozila.



Slika 5. Grafik zavisnosti potrebne snage motora od brzine kretanja vozila

Sa slike 5. vidljivo je da potrebna snaga motora pri manjim brzinama sporije raste. Za brzine od 32km/h pa do 47km/h grafik ima strmiju karakteristiku.

Analizom je utvrđeno da za male brzine dominantan uticaj na potrebnu snagu motora ima otpor kotrljanja točkova odnosno parametar *r* iz obrasca (1), dok za veće brzine kretanja dominantan uticaj ima brzina kretanja vozila v^3, uz koeficijent otpora strujanja vazduha odnosno parametar C_d.

Za analizu maksimalnog radijusa kratanja iskorišten je teorijski model, dok se eksperimentalno istraživanje nije moglo provesti. Prema obrascu (3) kapacitet baterijskog bloka vozila iznosi 4800Wh.

Pomenuti kapacitet je teorijska vrijednost koja u praksi zavisi od više faktora. Uticaj Peukertovog efekta na kapacitet baterijskog bloka takođe je značajan (Manenti i dr., 2011). Poznato je da se 80% približno kapaciteta baterije može iskoristiti uz uticaj Pekertovog efekta sa procentom 55% dobija se da ukupni iskoristivi dio kapaciteta baterijskog bloka iznosi:

$$W_{isk} = W * 0.8 * 0.55 = 4800Wh * 0.8 * 0.55 = 2112Wh \quad (4)$$

Na osnovu predhodnih proračuna dobijen je podatak da će se vozilo kretati brzinama sa slike 5. pa se potrebne snage mogu isčitati sa grafika. Vrijeme trajanja vožnje pri nekoj brzini može se približno izračunati iz:

$$t = \frac{W_{isk}}{P} \quad (5)$$

U tabeli 3. su prikazani podaci, procjena radijusa kretanja vozila za različite brzine kretanja te potrebna snaga motora za konkretnu brzinu.

Tabela 3.Procjene parametara vozila

Brzina vozila [km/h]	Potrebna snaga motora [W]	Procjenjeno vrijeme vožnje [h]	Procjenjeni radijus kretanja [km]
12	220	9.4	110
20	440	4.7	98
32	900	2.3	75
47	1900	1.1	52
51	2300	0.9	47

Vidljivo je iz dobijenih rezultata da će radijus kretanja vozila drastično pasti za veće brzine vozila. Uzimajući u obzir da je prosječna brzina u gradskim zonama 30km/h procjenjeni radijus za ovaj baterijski blok bi iznosio oko 70km. Pri tome treba uzeti u obzir da vožnja u urbanim zonama ima dosta start/stop trenutaka tako da bi i ovo umnogome uticalo na radijus kretanja. Za detaljniju analizu potrebno je primijeniti mnogo kompleksije algoritme te uporediti simulacione podatke sa stvarnim eksperimentalno dobijenim (Scheubner S., i dr., 2019). Glavni akcenat rada je u analizi početnih koraka koje treba preduzeti kod konverzije vozila sa klasičnim pogonom u vozila na elektro pogon. Vrlo bitno je na početku pravilno odabrati komponente kako bi vozilo zadovoljilo željene kriterijume.

4. DISKUSIJA

Dobijeni rezultati simulacijom matematičkog modela pokazuju poprilično poklapanje sa eksperimentalno dobijenim rezultatima. Kod odabira komponenti kako je već ranije naglašeno planirana konverzija je trebala da bude ekonomski nezahtjevna. Postavljeni su minimalistički zahtjevi vezani za parametre novog vozila. Analizom i mjerenjem utvrđeno je da odabrani motor odgovara za ovaj tip vozila i da se mogu postići zahtjevane brzine. Maksimalno postignuta brzina izmjerena na prototipu odgovarala je teorijski dobijenim vrijednostima. Takođe je utvrđeno da zavisnost potrebne snage motora od brzine kretanja vozila nije linearna karakteristika, već da u određenom opsegu ima nagli skok, što je objašnjeno i dominantnim uticajem koeficijenta C_d. Takođe kod analize-procjene radijusa kretanja vozila vidljivo je da radijus kretanja vozila drastično pada sa povećanjem brzine. Potrebno je napomenuti da i kapacitet baterije zavisi od jačine struje pražnjenja baterija.

Može se zaključiti da detaljna teorijska analiza zajedno sa matematičkim modelom vozila, daje prilično tačne ulazne podatke potrebne za odabir komponenti za konverziju. S druge strane korištenjem kompleksnih algoritama koji uzimaju u obzir načine vožnje, moguće je dobiti prilično tačne procjene radijusa kretanja vozila odnosno prostalog kapaciteta baterije. Ovaj podatak može biti od izuzetnog značaja kod vožnje kako vozač ne bi ostao bez potrebne energije u kritičnom trenutku.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Provedena istraživanja nisu imala za cilj da daju novu metodu ili algoritam, već da ukažu na načine i potrebne korake koje treba preduzeti prije odabira komponenti za konverziju klasičnog vozila u vozilo na elektro pogon. Takođe kako i sam naslov rada kaže, akcenat rada je bio na ekonomski isplativoj, konverziji bez zahtjevnih parametara budućeg vozila. Za konverziju je odabrano vrlo malo vozilo, male mase, te su odabrane komponente bile na granici potrebnog. Snaga pogonskog motora je vrlo mala, 2kW, ali je pokazano da se i sa ovako malom snagom može dobiti vozilo koje će prevesti dva putnika, brzinama do 50km/h. Mana istraživanja je što nisu ispitivani uslovi kada je teren sa nagibom te maksimalni koeficijent nagiba puta koje bi vozilo moglo da savlada. Takođe drugi nedostatak provedenog istraživanja je i mjerenje ubrzanja vozila, što je pogotovo bitno u uslovima gradske vožnje, kretanje vozila iz stanja mirovanja.

Buduća istraživanja bi trebala da obuhvate pomenute nedostatke te da se odrede eksperimentalnim putem za različite načine vožnje, maksimalni radijusi kratanja vozila. Na osnovu tih podataka trebalo bi napraviti matematički model te odrediti glavne paramtere čiji je uticaj dominantan.

6. LITERATURA

Fiori, Ch., Ahn, K., Rakha, H. (2016). Power –based electric vehicle energy consuption model: Model development and validation. Applied Energy 168. Elsevier. 257-268.

Karim, K., Othman, M., Redhauddin, W., Buqis, M., Ramli, Z., Abdullah, A., Jidin, A. (2015). Electric Development and Prediction of Battery Consuption Based On a Journey Profile. Applied Mechanics and Materials. Vol 699, 794-799.

Lei, F., Bai, Y., Zhu, W., Liu, J. (2018). A novel approach for electric powertrain optimization considering vehicle power performance, energy consumption and ride comfort. Energy 167, doi: 10.1016/j.energy, 1040-1050.

Leitman, S., Brant, B. (2009). Build Your own electric vehicle. The McGraw-Hill ebooks. doi:10.1036/0071543732

Ling, Z., Cherry, Ch., Yang, H. (2019). Emerging mini electric cars in China: User experience and policy implications. Transportation Research Part D: Transport and Enviroment. doi: 10.1016/j.trd.2019.02.009. 69, 293-304.

Manenti, A., Onori, S., Geuzenne, Y.(2011). A New Modeling Approach to predict "Peukert Effect" for lead Acid Batteries. Proceedings of the 18th World Congress The International Federation of Automatic Control, 12289-12294.

Scheubner, S., Thorgeirsson, A., Vaillant , M., Gauterin, F. (2019). A Stohastic Range Estimation Algorithm for Electric Vehicles Using Traffic Phase Classification. IEEE Transactions on Vehicular Technology, Volume 68, Issue 7, 6414-6428.

Shi, T., Zhao, F., Hao, H., and Liu, Z. (2019). Cost, Benefits and Range: Application of Lightweight Technology in electric Vehicles. SAE Technical Paper, doi: 10.4271/2019-01-0724.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

UNMANNED AEIRAL VEHICLE APPLICATIONS IN URBAN ENVIRONMENTS

PRIMJENA BESPILOTNIH LETELICA U URBANOM OKRUŽENJU

Gordana Jotanović[a], Vladimir Brtka[b], Eleonora Brtka[b], Vesna Makitan[b]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, gordana.jotanovic@sf.ues.rs.ba*

[b] *University of Novi Sad, Technical faculty 'Mihajlo Pupin', Zrenjanin 23000, Serbia, vladimir.brtka@tfzr.ac.rs, eleonora.brtka@tfzr.ac.rs, vesna@tfzr.uns.ac.rs*

Apstract: *The paper explores the possibilities of detecting and identifying objects using drones in urban areas. The urban environment often abounds in areas that include special traffic regimes. In particular, the paper deals with the simulation of parking regulation by drones, outside dedicated areas such as grass or gravel surfaces adjacent to the fairgrounds, motodroms, concert stages and halls, etc. The main objective of research is to investigate the benefits of limited simulation of parking regulation and to determine the optimal parking strategies. Simulation involves the use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), which communicate with drivers through a web application.*

Key words: *drones, simulation, parking*

Apstrakt: *U radu su predstavljene mogućnosti otkrivanja i prepoznavanja objekata pomoću dronova u urbanim područjima. Urbano okruženje često obiluje područjima koja uključuju posebne saobraćajne režime. U radu su prezentovane simulacije regulacije parkiranja izvan namjenskih površina za parkiranje poput travnjaka ili šljunkovitih prostora u blizini sajmišta, motoodroma, koncertnih pozornica i dvorana itd. Glavni cilj istraživanja je sagledati prednosti i ograničenja simulacije regulacije parkiranja i odrediti optimalne strategije za popunjavanje parkinga. Simulacija uključuje upotrebu bespilotnih letelica, koje komuniciraju s vozačima putem web aplikacije.*

Ključne riječi: *dronovi, simulacija, parking.*

1. UVOD

Posljednjih godina, daljinske bespilotne letelice (*eng. Unmanned Aerial Vehicles, UAVs*) ili "dronovi" postale su važno sredstvo ne samo u civilnom nego i u saobraćajnom okruženju. Ovakav tip letelica postaje sve popularniji za posmatračke i istraživačke svrhe u zatvorenim i otvorenim prostorima. Postoji mnogo potencijala za primjenu bespilotnih letelica u transportu i komunikacijama. Mali, laki i jeftini dronovi mogu biti raspoređeni da brzo i bez velikog reskiranja ljudskih života istražuju saobraćajne nezgode na nedostupnim mjestima. Opremljeni kamerama visoke rezolucije mogu koristiti kao leteći fotografi pružajući snimanje iz vazduha i videozapis saobraćajnica, magistralnih puteva i auto puteva, čak mogu nadgledati i regulisati parkiranje vozila u mjestima koja nisu predviđena za to.

2. PREPOZNAVANJE OBJEKATA POMOĆU BESPILOTNIH LETELICA

Aplikacije za prepoznavanje objekata s fotografije ili video zapisa su našle primjenu u transportu i komunikacijama. Međutim, problem prepoznavanja objekata još uvijek svrstavamo u otvoreni problem zbog složene structure slike ili objekta (Lim, 2012). Uobičajeni pristup otkrivanju objekta iz video zapisa koristi podatke iz svakog okvira (*eng. frame*) video zapisa, ali ova metoda može ima visok nivo greške. Stoga, postoje neke metode prepoznavanja objekata koje koriste privremene informacije izračunate iz niza okvira kako bi smanjile stopu greške prilikom prepoznavanja (Mohong, 2012). Prepoznavanje objekta može se definisati kao proces koji se vrši na osnovu prepoznavanja okvira ili slika. Kvalitet prepoznavanja objekata pomoću drona prvenstveno zavisi od promjena koje se dešavaju na objektu, kvatiteta kamere i kretanja kamere. Nivo težine

prepoznavanja objekta zavisi od kretanja objekta, promjene uzorka objekta i pozadine, promjene strukture objekta, zaklanjanje objekta drugim objektom i kretanja kamere. Ovaj vid prepoznavanja obično se koristi u kontekstu aplikacije visokog nivoa koja treba detektovati lokaciju i oblik objekta iz svakog okvira (AutonomyLab, 2014). Postoje tri opšte poznata algoritma za praćenje objekata: praćenje tačke, praćenje kernela i praćenje siluete. Primjeri aplikacija za praćenje objekata iz oblasti saobraćaja su: praćenje saobraćaja navigacijom drona (daljinski upravljan dron), praćenje saobraćaja automatskim kretanjem drona i sistem interakcije i navigacije drona.

3. MOGUĆNOSTI REGULACIJE PARKINGA MOTORNIH VOZILA

Poseban slučaj upotrebe dronova u saobraćaju jeste pri regulaciji parkiranja vozila. Prostor namjenjen parkiranju motornih vozila je sužen, pogotovo u većim gradovima. Često je problem nalaženja slobodnog mjesta za parkiranje složeniji od pronalaženja određene adrese. U daljem radu istražene su neke od mogućnosti upotrebe dronova pri simulaciji regulacije parkinga.

Data From Sky (https://datafromsky.com/news/smart-parking-using-drones/) predlaže upotrebu dronova za implementaciju "smart parkinga". Pristup je interesantan jer ne postoji potreba ugradnje senzora u asfalt parking mjesta radi provjere dostupnosti prostora, postoji potencijal pri upotrebi vozila s automatskim vozačem, smanjena je potreba za dodatnom random snagom u vidu kontrolora i pomoćnika pri parkiranju. Ovakav sistem nudi mogućnosti: detekcije slobodnih parking mjesta, provjeru ilegalnog parkiranja, provjeru pravila parkiranja u smislu naplate i dužine trajanja parkinga. Naravno, sistem je web dostupan u smislu rezervacije mjesta, a moguća je statistička analiza i kontrola od strane nadležnih organa.

Studija dostupna na (https://nanonets.com/drone/counting-cars/) se bavi automatizacijom prebrojavanja vozila pomoću dronova na parkinzima sa specijalnom namjenom, poput onih pored aerodroma, univerzitetskih kampusa i tržnih centara. Proces prebrojavanja je često automatizovan postavljanjem ulazne i izlazne stanice, moguće ga je sprovesti "ručno" prebrojavanjem vozila od strane zaposlenih lica, više puta u toku radnog vremena parkinga. Ovaj proces je skup, spor i često neprecizan. S druge strane, automatizovan proces prebrojavanja vozila pomoću drona, na parkingu od 3000 mesta traje oko 15 minuta.

Upotreba metoda AI (*eng. Artificial Intelligence*) i mašinskog učenja, omogućavaju da se dobije veća efikasnost sistema za prepoznavanje parking mjesta od korištenja algoritama i pravila koja postavlja programer (Jafari, R., Yu, W., & Li, X., 2016; Jafari, R., and Yu, W., 2017; Osowski, S., 2006). Implementacija prepoznavanja parking mjesta i vozila pomoću drona, opisana je u okviru GeoAI projekta (*eng. Geospatial Artificial Intelligence*). Koriste se specijalno obučene neuronske mreže (*eng. deep learning*). Tehnike iz domena mašinskog učenja kombinovane su s GIS tehnologijama konkretno (*eng. TensorFlow and ArcGIS Pro*). Obučavanje neuronske mreže izvršeno je upotrebom postojeće baze slika motornih vozila COWC (*eng. The Cars Overhead with Context*) koja sadrži fotografije 32716 vozila. Uključene su četiri klase vozila: sedan, pickup, ostalo i nepoznato. Pretpostavka je da svako vozilo može stati u svaku parking jedinicu (što nije realno stanje), a loši vozači i vozila parkirana tako da zauzmu dve parking jedinice nisu uzeti u obzir, što predstavlja manu koncepta.

3.1 Uvid u mogućnosti regulacije parkinga van namjenskih parking površina

Problem regulacije parkinga pomoću dronova na površinama namjenjenim za parkiranje (eng. *parking lots*) je razmatran i riješen na manje ili više zadovoljavajući način. Problem je manje složen zbog postojanja označenih pojedinačnih parking jedinica. U daljem radu istražene su mogućnosti upotrebe dronova pri regulaciji parkinga motornih vozila na površinama koje nisu isključivo namjenjene parkiranju, što za sobom povlači nepostojanje infrastrukture (prilazni putevi, asfaltirani djelovi parkinga), parking mjesta nisu označena, mreža senzora i uređaja za signalizaciju ne postoji. Ovo je slučaj kod parkinga na zelenim ili šljunčanim površinama pored stadiona, koncertnih bina, motodroma, koji se često nalaze na obodu naseljenih mjesta i nisu u upotrebi konstantno. Problem parkiranja na ovakvim površinama rješavan je uvođenjem kontrolora i pomoćnika pri parkiranju, čiji broj zavisi od površine i strukture parkinga. Problemi prebrojavanja parkiranih vozila često su složeni zbog postojanja rastinja (Slika 1, vozilo e) koje zaklanja parkirana vozila. Softver za prepoznavanje vozila, u ovom slučaju to mora uzeti u obzir. Složeniji problem od navedenog jeste pronalaženje i prebrojavanje slobodnih parking mesta, imajući u vidu da pojedinačne parking jedinice nisu označene. Na Slici 1 je ilustrovan ovaj problem: regulacijom razmaka među vozilima moguće je parkirati više ili manje vozila. Problem postaje složeniji nejasnom definicijom ilegalnog parkiranja (Slika 1, vozilo a): granica prilaznih puteva ne mora biti jasna, čime dimenzije parking jedinica postaju upitne.

Slika 1. Primjeri parkiranih vozila van namenskih parking površina

Problem regulacije parkinga van namjenskih površina postaje znatno složenije pojačanom aktivnošću na parkingu, povećanjem površine namenjene za parking, nagibom terena, preprekama i strukturom terena (prilazni putevi, staze za pješake, vegetacija, potoci itd.). U ovakvim slučajevima prosto prebrojavanje slobodnih parking jedinica nije moguće izvršiti u realnom vremenu. Upotreba drona koji prati područje s veće visine je upitna zbog neprestanog priliva ili odliva vozila što jeste realan problem softvera za prepoznavanje. Vršenje eksperimenata u realnom okruženju je veoma skupo i teško izvodljivo. Dostupan način za početni uvid u problematiku jeste izvesti računarsku simulaciju.

3.2 Metod simulacije regulacije parkinga van namjenskih parking površina

Početna ideja simulacije regulacije parkinga van namjenskih površina pomoću dronova svakako obuhvata manji broj parametara, a uvedene su restrikcije po mnogim pitanjima.

Restrikcije se odnose na:

- **Površinu parkinga.** Realno stanje je da ova površina mora biti dovoljna za hiljade vozila. Početna ideja simulacije uključuje do 50 vozila.
- **Broj dronova.** Pretpostavka je da je broj dronova ograničen, a precizno predvideti minimalan broj je posebno težak zadatak. U realnim situacijama, predviđeno je koristiti i do nekoliko desetina dronova. Predložena simulacija uključuje dva drona.
- **Prilazne puteve.** U realnim okruženjima postoje višestruki prilazni/odlazni putevi. Simulacija predviđa dva prilazna puta.
- **Vremenske uslove.** Predviđeno je da su vremenski uslovi prihvatljivi za nesmetanu operativnost dronova.
- **Gabarit vozila.** Radi se o parkingu vozila za prevoz putnika: uobičajeno je izdvojen dio parkinga za autobuse. Simulacija predviđa vozila s maksimalno pet putničkih mjesta, stoga ne postoji poseban dio za parking autobusa, a gabariti vozila nisu uzeti u obzir.
- **Brzinu vozila.** Pretpostavka simulacije je da se sva vozila kreću istom brzinom.
- **Nesavjesne vozače.** Simulacija ne uzima u obzir vozače koji prouzrokuju zastoje ili ne poštuju preporuke.
- **Realno vrijeme.** Simulacija je izvedena na računaru, stoga osnovna vremenska jedinica ne mora odgovarati sekundama realnog vremena.

Osnovne postavke simulacije su:

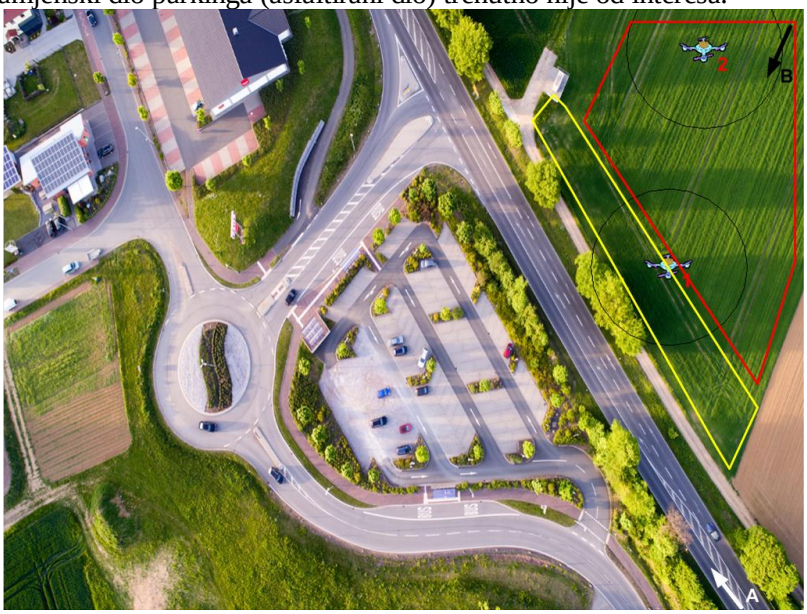
- Parking je podeljen na sektore. Za svaki od sektora je zadužen poseban dron. Prilazni putevi su označeni.
- Dron nema mogućnost sagledavanja stanja čitavog sektora u jednom vremenskom trenutku, zato se mora kretati prethodno definisanom putanjom.
- Komunikacija između dronova i vozača se odvija pomoću web aplikacije.

Osnovni cilj simulacije je utvrditi optimalnu strategiju popunjavanja parkinga.

Početna ideja simulacije uključuje tri strategije:

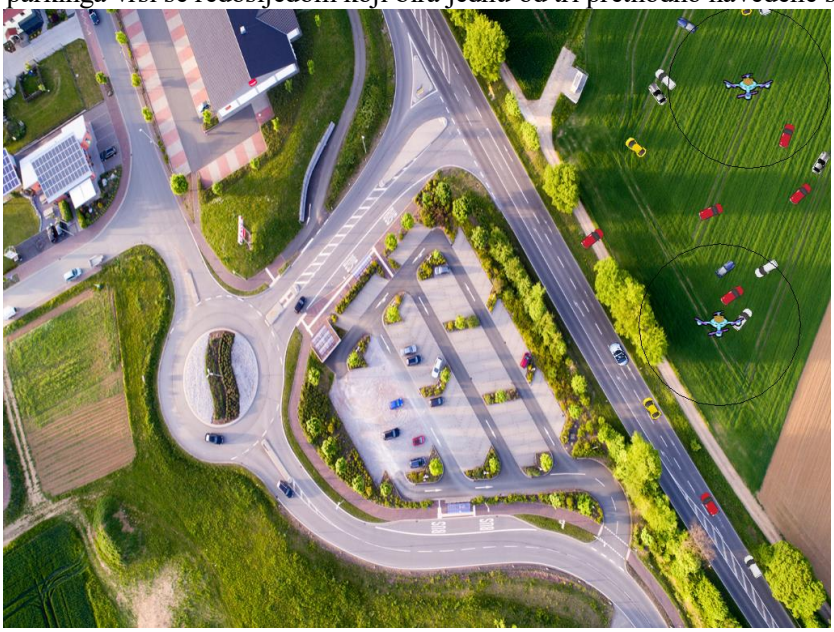
- **Najbliže mjesto.** Ovakva strategija je ekvivalent strategiji vozača koji parkira vozilo na najbliže slobodno mjesto koje uoči.
- **Mjesto unutar sektora.** Vozač sljedi instrukcije i parkira vozilo na mjesto unutar određenog sektora. Ova strategija aktivno uključuje dronove: softver za prepoznavanje objekata sa slike, mora odrediti da li postoji slobodna parking jedinica unutar sektora (ili eventualno pod-sektora). To znači da softver mora prepoznati dio parking prostora određenih dimenzija, koji nije zauzet.
- **Mjesto po slučajnom izboru.** Ova strategija implementirana je upotrebom pseudo-slučajnih brojeva. Uključena je u razmatranje isključivo radi poređenja.

Vizuelno, simulacija je predstavljena Slikom 2. Postoje dva sektora: sektor 1 uokviren žutim linijama na slici i sektor 2 uokviren crvenim linijama na slici. Dron 1 zadužen je za sektor 1, a dron 2 za sektor 2. Domet dronova označen je crnim krugom oko drona, a iznosi oko 15 metara u poluprečniku. Dronovi se kreću automatski (nisu daljinski upravljani), po linearnim putanjama tako da nadgledaju pripadajuće sektore. Postoje dva prilazna pravca: pravac A označem bjelom strelicom i pravac B označen crnom strelicom. Većina vozila dolazi iz pravca A. Namjenski dio parkinga (asfaltirani dio) trenutno nije od interesa.



Slika 2. Vizuelni prikaz simulacije

Popunjavanje parkinga vrši se redosljedom koji bira jednu od tri prethodno navedene strategije, Slika 3.



Slika 3. Simulacija u toku

Svaki od dronova može poslati sljedeće signale: ima mjesta u sektoru, nema mjesta u sektoru, nisam siguran - mjenjam poziciju. Jedan od ciljeva je ne prouzrokovati zastoj kolone dolazećih ili odlazećih vozila, dakle vozilo uvijek mora biti upućeno prema upražnjenoj parking jedinici. Drugim riječima, vozila se konstantno kreću do slobodne parking jedinice.

4. REZULTATI

Simulacija je izvršena za sve tri navedene strategije za 10, 20 i 50 vozila pri čemu su mjereni: vrijeme potrebno da se simulacija izvrši i broj mogućih situacija koje se mogu smatrati kritične jer dovode do upućivanja vozila prema opterećenom dijelu parkinga ili zastoja. Rezultati su sumirani u Tabeli 1.

Tabela 1. Sumirani rezultati

Strategija	Broj vozila	Vrijeme	Broj kritičnih situacija	Broj vozila	Vrijeme	Broj kritičnih situacija	Broj vozila	Vrijeme	Broj kritičnih situacija
Najbliže mjesto	0	0:32	4	0	0:57	11	0	2:09	37
Sektor	0	0:34	0	0	0:57	3	0	2:01	20
Random	0	0:35	1	0	0:58	8	0	2:08	23

Rezultati ukazuju na sljedeće: Strategija koja je najslabija je "Najbliže mjesto". Ova strategija proizvodi najveći broj potencijalnih kriznih situacija poput one kada više vozača krene ka istom slobodnom mjestu koje uoče. Ovakve situacije mogu prouzrokovati zastoje. "Random" strategija nije realistična, ali pokazuje bolje performanse od strategije "Najbliže mjesto". Strategija od posebnog interesa je "Mjesto unutar sektora" odnosno "Sektor" strategija. Osim što je ukupno najbliža, broj potencijalnih kriznih situacija je najmanji, posebno kada je broj vozila veći. Ovo ukazuje na to da je potrebno primjeniti strategiju tokom regulacije parkinga van namjenskih površina za parkiranje.

5. DISKUSIJA

Dronovi koji vrše nadgledanje mapiranog sektora nemaju mogućnost sagledavanja stanja čitavog sektora u jednom vremenskom trenutku tako da može doći i do sudara dronova, zato se svaki dron mora kretati isključivo prethodno definisanom putanjom. Bez obzira na definisanu putanju prilikom kretanja drona na putanji se mogu zadesiti prepreke. Dronovi uglavnom koriste prednju kameru za otkrivanje i izbjegavanje prepreka, kako bi se omogućila potpuna autonomna navigacija. Kod nepoznatih područja još uvijek je poželjno koristiti kameru sa senzorima za UAV sa ograničenom korisnom nosivošću i mogućnošću napajanja (Engel, 2012; Dijkshoom, 2011). Senzori poput laserskih skenera teški su i crpe mnogo energije, iz tog razloga dronovi ne preferiraju upotrebu ovih uređaja prilikom dugoročnih navigacijskih zadataka. Međutim, najnovija dostignuća u navigaciji dronova ipak se oslanjaju na laserske skenere (Linz, 2012). Dronovi kod 3D mapiranja uglavnom koristite stereo kamere. Ovakav vid navigacije zahtijeva podatke koje ljudi prikupljaju sa zemlje na osnovu putnih tačaka, takvim sistemom moguće je obezbjediti putanju za kretanje drona bez prepreka i bez sudara (Lim, 2012).

5.1 Ograničenja

Imajući u vidu da eksperiment u realnim uslovima u većini slučajeva nije ostvariv, primjenjena je metoda simulacije regulacije parkiranja radi utvrđivanja pogodne strategije popune parkinga. Simulacija je ograničenih mogućnosti, tehničke karakterisitke drona, kamere, softvera za prepoznavanje objekata sa slike, motornih vozila i vozača nisu precizno implementirani. Predviđena je komunikacija drona i vozača preko web aplikacije. Utvrđeno je da je strategija popunjavanja parkinga po sektorima optimalna u ovom ograničenom slučaju. Ograničenja simulacije su brojna, prije svega se tiču djela simulacije tehničkih karakterisitka drona i kamere, ovaj dio simulacije nije implementiran. Takođe, ponašanja vozača i vozila nisu precizno simulirani.

5.2 Prednosti

Simulacija drona u velikoj mjeri zavisi od određenih letnih karakteristika, kamere i softvera za prepoznavanje koji značajno doprinose kvalitetu simulacije. Kvalitet simulacije možemo popraviti poboljšanjem

letnih karakteristika drona. Simulacija drona ima najbolje rezultate ako se snimanje vrši s visine od 30 metara a neki od razloga su: ne-ometanje saobraćaja i objekata koje je potrebno snimiti. Kamera koja se nalazi na dronu podešava se tako da bude pozicionirana iznad objekta koji snimamo ili takozvani gornji rakurs, popularno zvano ptičija perspektiva. S obzirom da prilikom snimanja iz drona ne možemo eliminisati okolinu u kojoj se objekat snimanja nalazi, gornji rakurs ima funkciju fotografije određenog objekta u određenom vremenskom intervalu bez obzira što objekat sniman u realnom vremenu. Prilikom snimanja, osim rakursa, postoji nešto što se zove kosi kadar. Riječ je o nagibu kamere, to jest o njenom odmicanju od vertikale. U tom slučaju je slika nagnuta, a objekti (vozila) u kadru se ponašaju kao da gube ravnotežu. Softverske tehnike koje omogućavaju poboljšanje prepoznavanja vozila i parking mjesta su uglavnom iz domena AI i mašinskog učenja konkretno TensorFlow i ArcGIS Pro.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Rad se bavi istraživanjem mogućih primjena dronova u urbanim sredinama s posebnim osvrtom na problem regulacije parkiranja koji je i jedan od gorućih problema. Dronovi bi mogli pratiti mjesta označena za parkiranje u urbanim zonama odnosno prepoznati i locirati objekte (vozila) koji se nalaze na mjestima koja nisu predviđena za parkiranje. Jedan od oblika primjene može biti sistem automatskog navođenja ka slobodnom mjestu za parkiranje. Mjesta koja su dozvoljena za parkiranje u urbanoj sredini možemo na zemlji označiti različitim bojama za različite lokacije. Dron će tada slijediti unaprijed definisani put boja i lokacija, a vozač bi praćenjem drona pomoću Web aplikacije, koja je povezana sa mobilnim uređajem vozača, mogao doći do željene lokacije na kojoj ima slobodnih mjesta za parkiranje. U slučaju da vozač nepropisno parkira vozilo, pomoću drona bi se aktivirao alarmni sistem.

Rad se posebno bavi automatskom regulacijom parkinga pomoću dronova, van namjenskih površina. Simulaciona strategija regulacije parkiranja pomoću dronova van namjenskih površina za parkiranje, koja je predstavljena u radu, korisna je u smislu da pruža početni uvid u problematiku. Dalji razvoj bi uključio unapređenja simulacije koja se odnose na: povećanje broja vozila i površine parkinga, uzimanje u obzir letnih karakteristika drona (uključujući vremenske prilike, prepreke prilikom kretanja i sudare dronova), kao i unapređenu simulaciju vozila i vozača. Unapređenjem simulacije bile bi testirane dodatne strategije popune parking mjesta.

7. LITERATURA

AutonomyLab (2014). https://github.com/AutonomyLab/ardrone_autonomy/, last accessed: 10.10.2019.

Data from Sky. https://datafromsky.com/news/smart-parking-using-drones/, last accessed: 05.10.2019.

Engel, J. J. Sturn, and D. Gremers. (2012). Camera-Based Navigation of a Low-Cost Quadrocopter In Proc. Of the International Conference on Intelligent Robot Systems (IROS).

GeoAI, https://medium.com/geoai/parking-lot-vehicle-detection-using-deep-learning-49597917bc4a, 06.10.2019.

Jafari, R., and Yu, W. (2017). "Fuzzy Modeling for Uncertainty Nonlinear Systems with Fuzzy Equations." Mathematical Problems in Engineering. Vol. 2017, https://doi .org/10.1155/2017/8594738.

Jafari, R., Yu, W., & Li, X. (2016). Fuzzy differential equations for nonlinear system modeling with bernstein neural networks. Ieee Access, 4, 9428-9436.

Lim. H. J. Park, D. Lee, and H. J. Kim. (2012). Build Your Own Quadrotor: Open-Source Projects on Unmanned Aerial Vehicles. IEEE Robotics & Automation Magazine, 19(3): 33-45, 2012.

Linz, A and A. Ruckelshausen. (2012). Educational Robotic Platform "Zero2Nine" for Autonomous Navigation and Tracking Based on Imaging Sensor Systems. in 3rd International Conference on Machine Control & Guidance, March 27-29, 2012.

Mahony. R. V. Kumar, and P. Corke. (2012). Multirotor Aerial Vehicles Modeling Estimation and Control of Quadrotor. IEEE Robotics & Automation Magazine 19(3): 20-32, 2012.

Osowski, S. (2006). Sieci neuronowe do przetwarzania informacji, Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

Vehicle Counting. https://nanonets.com/drone/counting-cars/, 06.10.2019.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

NETWORKING MODEL OF MECHATRONIC VEHICLE SYSTEMS

MODEL UMREŽAVANJA AUTOMOBILSKIH MEHATRONIČKIH SISTEMA

Miroslav Kostadinović[a], Nataša Đalić[a], Amela Jukan[a], Emir Peco[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, miroslav.kostadinovic@sf.ues.rs.ba, natasa.djalic@sf.ues.rs.ba, jukan.amela@gmail.com, e.peco@elektroprivreda.ba*

Apstract: *Today's modern vehicles contain a complex symbiosis of intelligent electronic systems and integrated mechanical structures. In-vehicle networks provide an efficient method of communication between the various electronic components in an automobile. In vehicle communication contains a very complex structure because safety is a high priority. The communication protocols discussed in this paper are Controller Area Network (CAN), Local Interconnect Network (LIN), Media Oriented Systems Transport (MOST) and FlexRay. In addition to the above described protocols, their components are defined, and also their comparisons are presented. The essence of this paper is the networking model of these protocols.*

Key words: *controller, network, mechatronics, diagnostics*

Apstrakt: *Današnja moderna vozila sadrže složene simbioze inteligentnih elektroničkih sistema i integrisane mehaničke strukture. Mreže u vozilu pružaju učinkovitu metodu komunikacije između različitih elektroničkih komponenti u automobilu. Komunikacija u vozilu sadrži veoma složenu strukturu jer se sigurnost nalazi na visokom nivou. Komunikacioni protokoli o kojima se raspravlja u ovom radu su Controller AreaNetwork (CAN),Local Interconnect Network (LIN), Media Oriented Systems Transport (MOST) i FlexRay. Pored opisanih navedenih protokola, definisane su njihove komponente, a takođe i komparacija istih. Ono na čemu se rad u suštini bazira, jeste model umrežavanja ovih protokola.*

Ključne riječi: *kontroler, mreža, mehatronika, dijagnostika*

1. UVOD

Sve veći zahtjevi u pogledu sigurnosti i komfora vožnje, smanjenja emisije izduvnih gasova kao i potrošnje goriva u savremenim motornim vozilima, predstavljaju razloge ugradnje velikog broja mehatroničkih sistema u motorna vozila [1]. Glavna posljedica toga je ugradnja velikog broja upravljačkih uređaja, povećanje broja kablovskih snopova, problemi s izuzetno velikim brojem konektora kao i potreba za sve učestalijom razmjenom podataka između upravljačkih uređaja. Kako bi se eliminisali ovi problemi i osigurao način razmjene podataka među upravljačkim uređajima potrebno je jedno cijelo odgovarajuće tehničko rješenje, a upravo magistrala podataka (engl. Data Bus) nudi takvo rješenje[2,3].

Magistrala podataka podrazumijeva međusobno umrežene upravljačke uređaje koji na temelju mrežne tehnologije zasnovane na tehnici računara vrše brzu međusobnu razmjenu informacija. Prenos signala više se ne odvija preko pojedinačnih snopova kablova, nego preko zajedničke magistrale podataka koju koriste svi upravljački uređaji. Pored navedenih prednosti, korištenjem magistrale potreban je manji broj senzora, jer nakon mjerenja podatak se šalje svim upravljačkim uređajima kojima taj podatak treba, a zbog značajno smanjenog ožičenja javlja se ušteda u masi i cijeni.

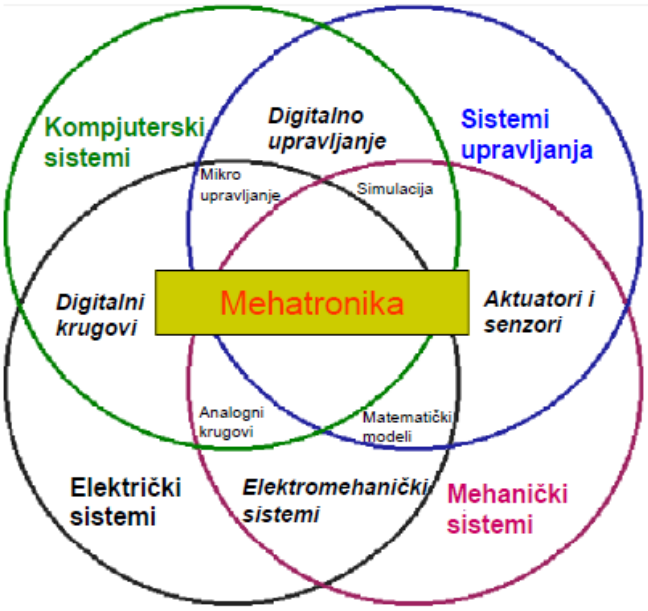
Povezivanje automobilskih mehatroničkih sistema u jednu cjelinu preko magistrala podataka provodi se kod svih proizvođača savremenih automobila. Međutim, kako bi vozilo bilo cjenovno prihvatljivo i s druge strane savremeno, potrebno je odrediti optimalan način povezivanja sistema primjenom odgovarajućih magistrala podataka [4,5,6].

2. AUTOMOBILSKI MEHATRONIČKI SISTEM

Mehatronika je sinergijska kombinacija mehaničkog i električkog inženjeringa, računarskih nauka i informacionih tehnologija, koja koristi sisteme upravljanja i numeričke metode za dizajn proizvoda i procesa ugrađujući u njih inteligenciju [7,8,9].

Izraz mehatronika se koristi za označavanje brzog razvoja, interdisciplinarnog polja inženjeringa koji se bavi dizajnom proizvoda čije se funkcije oslanjaju na sinergijskoj integraciji mehaničkih, električnih i elektroničkih komponenti.

Mehatronika implicira sinergijsku integraciju mehaničkih i električnih principa u konjukciji sa računarskom tehnologijom za inteligentno upravljanje mašinama, procesima i mehanizmima. Na slici 1. prikazani su dijelovi mehatronike [6,9,10].



Slika 1. Prikaz dijelova mehatronike

Prvi mehatronički proizvod u automobilskoj industriji bio je ABS (Antiblock- Brakeing System) kočioni sistem (1979. godina). Nakon toga slijede:

- ATC, ASR (Automatic Traction Control) 1986. godine.
- ABC (Active Body Control) 1999. godine.
- AFS (Active Front Steering) 2003. godine.
- DDC (Active Anti Roll Bars) 2003. godine, itd.

Od posebne važnosti su i mehatronički sistemi ubrizgavanja goriva:

- za dizel motore 1997. godine,
- za benzinske motore 2000. godine.

20-25% ukupne cijene savremenih automobila otpada na mehatroničke komponente (električne i elektroničke).

Automobili visoke klase sadrže:

- 2.5 km kabla,
- 40 senzora,
- 100-150 elektromotora,
- 4 magistralna (mrežna) sistema sa 2500 signala,
- 45-75 mikroelektroničkih upravljačkih jedinica (mikroprocesori, mikrokontroleri, itd.).

Tendencija je bila da mehatroničke komponente 2010. godine učestvuju u 30-35% ukupnoj cijeni automobila. Ostale važne funkcije automatskog upravljanja u automobilskoj industriji su: mehatronička suspenzija, mehatronički kočioni sistemi, mehatronički sistemi upravljanja volanom, itd.

Ako se osvrnemo na tehnologiju današnjice, automobilski sistem treba da posjeduje:

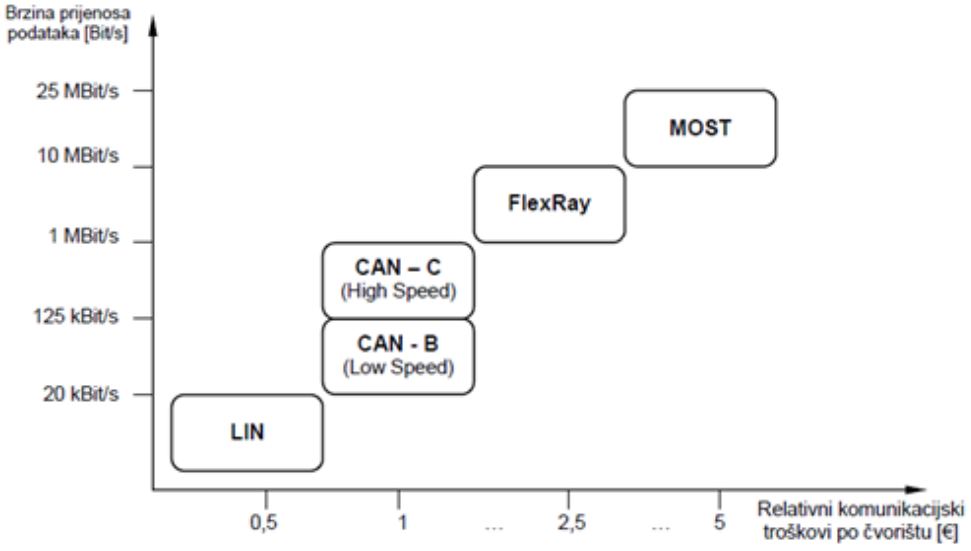
- 8 čvorova CAN mreže,
- 4 elektromehaničke kočnice,
- 2 redundantne upravljačke jedinice vozila,
- simulator pedala, zračni jastuci,
- 2-naponska izvora na ploči tolerantna na kvarove,
- dijagnostički sistem, ABS kočioni sistem...

3. PRIJEDLOG MODELA UMREŽAVANJA AUTOMOBILSKIH MEHATRONIČKIH SISTEMA

U automobilima se može povezati elektronička oprema na sličan način kao što se može umrežiti više računara, na primjer LAN-om. Na taj način dolazi do mogućnosti izmjene podataka među elektroničkim sistemima, te aplikacijama koje se izvode. Nekada su se žicama spajale sve komponente, međutim, s porastom broja komponenti nastao je problem prevelike mase vozila, te zauzimanje prostora i smanjenje pouzdanosti. Ožičenje je tako postalo presloženo, a samim time i najskuplja komponenta u vozilima. Problem predloženog ožičenja uklonio se na način da se današnje mreže u automobilima temelje na serijskim protokolima. Motorola je 1998. godine smanjila masu ukupnog ožičenja za 15 kilograma u onda novoj klasi BMW-a na način da je razvila kompletnu automobilsku mrežu temeljenu na LAN-u.

Postoje tri vrste ECU-a: pogon i šasija, info-zabava i elektronike karoserije. Nekoliko mreža se koriste za povezivanje ECU-a i podsistema. Postoje dvije CAN magistrale. Jedna od njih je za pogon, a druga CAN povezuje karoseriju elektronike, kao što su vrata i klima uređaj. FlexRay se koristi za podisisteme šasije. Medijski orijentisani sistemi za transport, MOST definiše umrežavanje multimedijskih i telematskih podsistema. To posljedično povezuje ECU za multimediju, telefon i antenu. Konačno, lokalna međukonekcijska mreža (LIN) se koristi za povezivanje slave (sluga) čvorova u podsistem za kontrolu karoserije i aplikacija udobnosti. Centralni elektronički modul (CEM) je ECU koji djeluje kao gateway između tih magistrala. Maksimalna konfiguracija za vozilo sadrži oko 40 ECU-a. Uobičajeno je, u današnjim vozilima, da elektronička arhitektura uključuje četiri različite vrste mreža međusobno povezanih preko gateway-a i do 2500 signala (tj. osnovne informacije kao što je brzina vozila) se razmjenjuju do 70 ECU [2,11,12].

Povezivanje sistema s elektroničkim upravljanjem u jednu cjelinu preko magistrala podataka provodi se kod svih proizvođača savremenih automobila. Međutim, kako bi vozilo bilo cjenovno prihvatljivo i s druge strane savremeno, potrebno je odrediti optimalan način povezivanja sistema primjenom odgovarajućih magistrala podataka. Provedena detaljna analiza za svaku magistralu podataka pojedinačno daje informacije o prednostima i nedostacima svake magistrale. Za odluku o izboru vrste magistrale, pored njenog kvaliteta, značajan faktor je cijena same magistrale. Međusobni odnos relativnih komunikacijskih troškova po čvorištu i brzine prijenosa podataka pojedinih magistrala prikazan je na slici 2 [2,6,10].



Slika 2. Prikaz odnosa troškova i brzine prijenosa podataka

Na temelju analiza karakterističnih osobina i načina rada svake magistrale podataka, kao i podataka o troškovima umrežavanja (*slika 2*), predložen je optimalan model umrežavanja međusobno zavisnih automobilskih mehatroničkih sistema u skladu sa tabelom 1. i to za svaki segment vozila (klasu) posebno. Predloženi model predstavlja optimalno rješenje za sve automobilske sisteme u svakoj klasi vozila, pri čemu se vodilo računa da predloženi model umrežavanja ne utiče značajno na povećanje ukupne cijene vozila, kao i da se prenos podataka između automobilskih sistema obavlja nesmetano.

Prije svega, u tabeli 1. biće predstavljene brzine prenosa podataka u zavisnosti od klase, odnosno ono od čega zavisi samo umrežavanje mehatroničkih sistema u vozilu (tabela 2) [2,13]. Takođe ćemo predstaviti primjenu svake od magistrale.

Tabela 1. Brzine prijenosa podataka u zavisnosti od klase i primjena

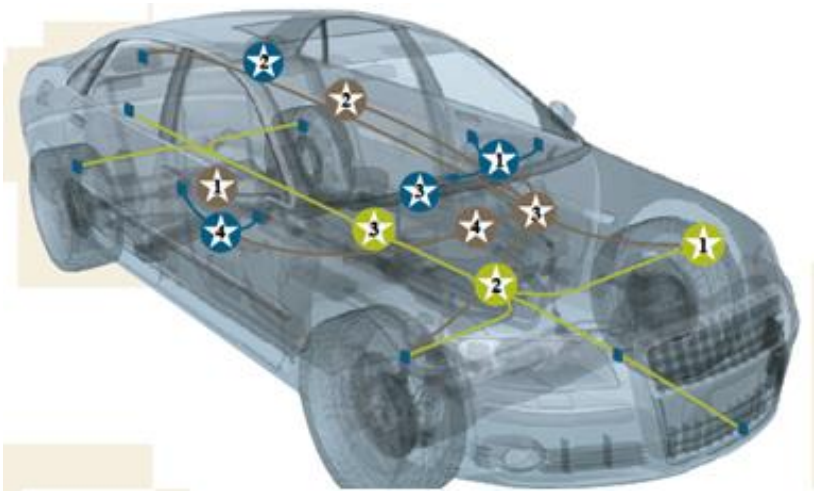
Klasa	Brzina prijenosa	Magistrala	Primjena
A	Do 25 Kbit/s	LIN	Elektronika karoserije, lampe, svjetla, pomjeranje prozora, zaključavanje vrata, pomjeranje sjedišta itd.
B	25- 125 Kbit/s	CAN (Low Speed)	Elektronika karoserije
C	125- 1000 Kbit/s	CAN (High Speed)	Pogon, šasija, dijagnostika, elektronički indikatori, informacija o vožnji, automatski klima uređaj, neuspješna dijagnostika
D	preko 1 Mbit/s	FlexRay	Kontrola motora, ABS kotrola prenosa, kontrola kočenja, kontrola suspenzije itd.
Info-zabava	preko 10 Mbit/s	MOST	Multimedija, Sistem auto navigacije, audio sistem

Tabela 2. Model optimalnog umrežavanja automobilskih mehatroničkih sistema

Klasa vozila	Automobilski mehatronički sistem			Dijagnostički interfejs
	Pogon	Komfor	Info-zabava	
Segment A0 (niža klasa)	CAN- High Speed	CAN- Low Speed, LIN	CAN- Low speed	Gateway
Segment A (niža srednja klasa)	CAN- High Speed	CAN- Low Speed, LIN	CAN- Low speed	Gateway
Segment B (srednja klasa)	CAN- High Speed	CAN- Low Speed, LIN	CAN- Low speed, Bluetooth	Gateway
Segment C (viša srednja klasa)	CAN- High Speed	CAN- Low Speed, LIN	MOST, Bluetooth	Gateway
Segment D (visoka klasa)	CAN- High Speed	CAN- High Speed, LIN, FlexRay	MOST, LIN, Bluetooth	Gateway

Iz predloženog modela umrežavanja vidljivo je da je najbolji način povezivanja upravljačkih uređaja pogonskog sistema (kod svih klasa automobila) ostvaren preko CAN-High-speed magistrale [11]. Stoga se može zaključiti da je ova vrsta magistrale najpouzdanija i najprimjerenija pogonskom sistemu. Takođe je očigledno da je skoro najbolji način povezivanja komponenti komfora u vozilu ostvaren preko CAN Low-speed magistrale [14,15]. Također je iz predloženog modela vidljivo da su sve različite vrste magistrala (po brzini prenosa podataka i komunikacionom protokolu), kod svih segmenata vozila, povezane preko gateway-a u jedan cjeli elektronički sistem. Stoga se zaključuje da gateway predstavlja jedno integralno rješenje u cilju prenosa i međusobne razmjene podataka, kao i rješenje za komunikaciju s dijagnostičkim uređajem pri provođenju dijagnostičkih metoda.

Na slici 3. prikazane su umrežene komponente u automobilima [2,6,10]. Zvjezdice smeđe boje označavaju CAN komponente, odnosno aplikacije, plave boje LIN komponente a zelene označavaju FlexRay komponente [2,16]. U tekstu ispod slike, pojedinačno je objašnjena svaka aplikacija.



Slika 3.. Umrežene tipične aplikacije u vozilu

Tipične CAN aplikacije u vozilu, označene smeđom bojom su:

- Sigurnost: detekcija pješaka, elektronska parkirna kočnica
- Kontrola karoserije: kontrola motora, snaga vrata, otvor na krovu i podizači vrata, jeftin kontroler (svjetlosni, mrežna kontrola)
- Šasija: kontrola motora, uređaj za upozoravanje
- Pogonski sklop: detekcija vakuum curenja, elektronička kontrola gasa, uređaj za upozoravanje.

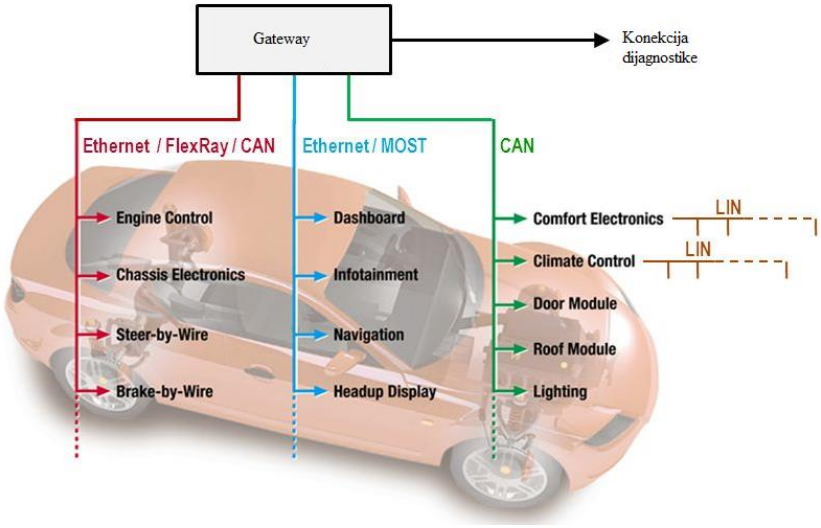
Tipične LIN aplikacije u vozilu, označene plavom bojom su:

- Upravljač: tempomat, brisač, pokretanje svjetla, kontrola klime, radio
- Krov: senzor za kišu, senzor za svjetla, kontrola svjetala, krovni otvor
- Motor/ klima: senzori, mali motori, upravljačka ploča (klima)
- Vrata/ sjedišta: ogledalo, centralna ECU, podizač ogledala, podizač prozora, zaključavanje vrata, položaj sjedišta motora, senzori za putnike, ploča za kontrolu sjedišta.

Tipične FlexRay aplikacije u vozilu, označene zelenom bojom su:

- Čvor točka: sigurnost, niske do srednje performanse
- Upravljački modul karoserije (BCM): visoke performanse, niska snaga
- X-by-Wire Master: najviša razina tolerancije kvarova.

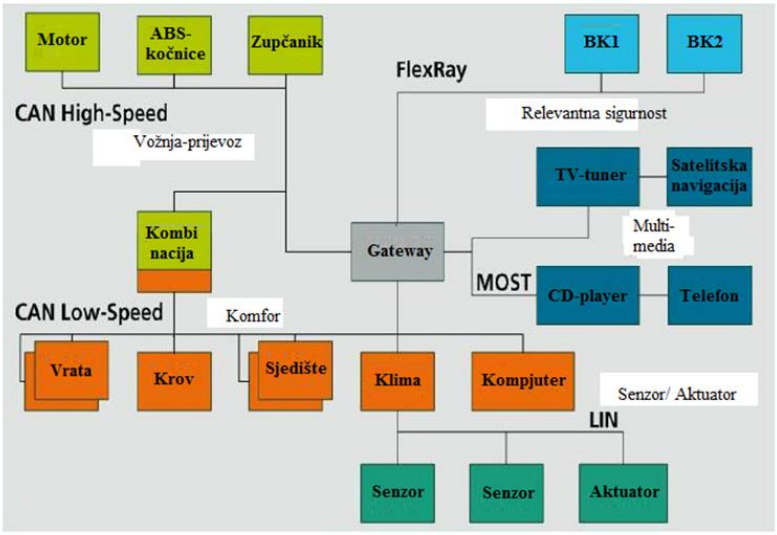
Posmatrajući sliku 4. možemo uočiti primjer centralizovane gateway arhitekture [6,10]. Napredni sistemi vozila zahtijevaju determinističko ponašanje (trigerovano, aktivno vrijeme), koje se može ispuniti samo određenim protokolima (npr. FlexRay) [2].



Slika 4. Primjer optimalnog umrežavanja elektroničkih komponenti vozila

Ostali sistemi vozila zahtijevaju komunikaciju događaja koji ne bi trebali biti izgubljeni, podržani od strane CAN-magistrale. Komunikacija malih senzora i prioriteta može biti obrađena od strane podsistema magistrala (npr. LIN) [2]. U slučaju da se gateway mora nositi s visokim zahtjevima u pogledu prosljeđivanja podataka, a eventualno i sa različitim vrstama protokola (na primjer u slučaju centralizovane gateway topologije) performansa gateway-a može biti ugrožena u određenim okolnostima, ako sistem nije pravilno dizajniran.

Na slici 5. prikazana je jasna povezanost automobilskih komponenti, odnosno automobilska mrežna struktura uključujući sve pomenute protokole [2,6,10].



Slika 5. Automobilska mrežna struktura (danas)

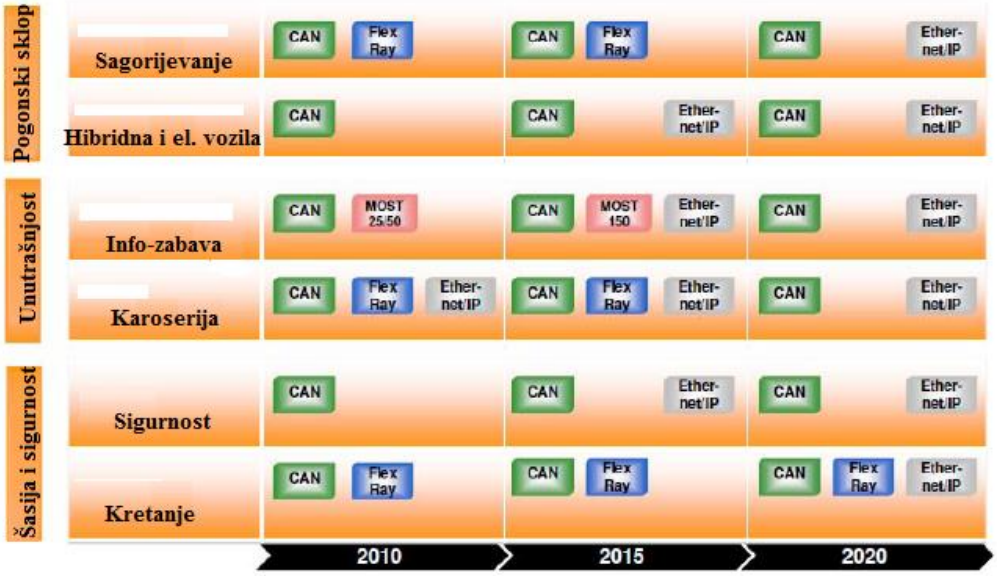
Prema tome i uglavnom zbog interakcije između magistrala aktivnog vremena i aktivnog događaja na niskom nivou (gomila protokola i usmjeravanje i međuspremnik podataka), potrebno je predvidjeti posebne mehanizme za upravljanje (na primjer, koristeći posebne hardverske resurse). U high-end centralizovanim topologijama, zbog svoje unutrašnje strukture, postoji samo jedan veliki gateway za povezivanje svih područja u arhitekturi. Stoga se očekuje da će gateway biti jako opterećen aplikacijama i komunikacionim uslugama. Usmjeravanje i prebacivanje poruka je ključna briga gateway-a. Za visoke klase i sisteme vozila, biće prenesen veliki broj poruka, uz stroge zahtjeve u realnom vremenu. U ovom dijelu, veoma je preporučljivo da imaju jaku hardversku podršku, kako bi se osigurale funkcije gateway-a u svim uslovima opterećenja. U ovom slučaju, postoji samo jedan gateway koji povezuje sve domene. Stoga se očekuje da će gateway biti veoma opterećen učitavanjem aplikacija i komunikacionih usluga.

Ono što se može izdvojiti kao tehnologija budućnosti, jesu pet glavnih tehnologija u automobilskoj industriji:

- Hibridna ćelija „benzin/druga vrsta goriva“.
- Mehanička povezanost sa „Drive-by-wire“ sistemom.
- Vlastiti električni/hardverski/softverski sistem za standardizaciju „arhitektura“.
- Usvajanje i implementacija IT standarda u automobilskoj tehnologiji (XML, Web servisi, itd.).

Budućnost tehnologije „Drive-by-wire“, odnosno automobilski sistem „upravljan preko žica“ zamjenjuje tradicionalne mehaničke veze sa elektroničkim kontrolerima, aktuatorima i senzorima. Ključni elementi u ovom sistemu su inteligentni (smart), samotestirajući senzori i aktuatori.

Na kraju, dajemo smjernice o razvoju automatskih komunikacija na slici 6 [2,6,10]. Jasno je da će Ethernet tehnologija biti obećavajuća, univerzalna i rješenje niske cijene za buduće automobilske komunikacije.



Slika 6. Plan razvoja automobilske komunikacije

Ono što je budućnost razvoja automobilske komunikacije, odnosno umrežavanja komponenti jeste da će u narednih pet godina, ideja automobila bez ugrađene internet konekcije biti apsurdna kao što je danas kupovina laptopa bez Wi-Fi. Dakle, do 2021. godine, prva proizvodnja vozila samostalne vožnje treba biti već u prodaji. Umrežavanje će omogućiti da automobili osjete jedni druge, dajući vozačima proširenu percepciju o tome šta im je u blizini. Sa takvim umreženim vozilom, vozilo će se osjećati onemogućeno, ako ne upotrijebi kočnice prije nego što je mogao vidjeti problem.

Proizvođači automobila kao što su Audi i Mercedes-Benz vjeruju da će u narednih 10 godina, autonomna vožnja u potpunosti biti dovoljno sofisticirana za redovnu upotrebu. Ako je tako, automobili će morati biti prilagodljivi za hands-off trenutke. To pokazuje kako će automobilska kabina biti konfigurisana, tako da se mijenja ovisno o načinu vožnje – možete se nasloniti i opustiti, gledati film ili se spojiti na internet i raditi u mobilnom uredu.

Ova ideja još uvijek izgleda maštovita i danas, usprkos velikim koracima koje smo vidjeli u posljednjih nekoliko godina. Bosch vizija autonomne, odnosno samostalne vožnje realnije je ukorijenjena, vjerujući da će se potpuna autonomija svesti na autoputevima, a vozači koji trebaju potpunu kontrolu samo oko lokalnih ulica.

4. ZAKLJUČAK

Ono čemu teži ovaj rad, što govori i sama tema jeste model umrežavanja međusobno zavisnih automobilskih mehatroničkih sistema, uključujući prijedlog u suštini tabelarno prikazanog optimalnog modela umrežavanja međusobno zavisnih automobilskih mehatroničkih sistema, uključujući spajanje svih opisanih magistrala.

Na osnovu svega izloženog može se zaključiti da ovaj način komunikacije već ima veliku primjenu, te da će ona biti sve veća u bliskoj budućnosti. To se posebno odnosi na povezivanje uređaja u vozilu kao što su: radio uređaj, telefon, navigaciona pomoćna sredstva i centralni kontrolni panel u vozilu.

Delikatna inženjering ravnoteža između troškova, pouzdanosti i performansi je stvorila razna stanja u sistemima automobilskih magistrala koja će komplikovati dizajn odluke u godinama koje dolaze.

Ovi pomenuti mrežni protokoli vozila su veoma važni i dobijaju popularnost zbog svoje složenosti. Moderna vozila sadrže sve složene elektroničke i mehaničke sisteme. Mrežne komunikacije u vozilu podstiču efikasne postupke komunikacije između elektroničkih komponenti. CAN, LIN, MOST i FlexRay su automobilski umreženi protokoli koji se koriste u većini modernih vozila za ECU komunikacije. CAN je popularan u aplikacijama srednje brzine (250 kbps i 500 kbps), a FlexRay (10 Mbps) koristi se u aplikacijama velikih brzina.

Dakle, zahtijevamo jeftiniji, protokol velike brzine u vozilu sa prednostima (dijagnostika i mehanizam ispravljanja greški) iz CAN protokola. Dakle, TTCAN će postati veoma istaknut u bliskoj budućnosti.

Kompleksnost, vrijeme i cijena napora prerade u automobilskoj CAN magistrali se temelje na mehatroničkom sistemu koji ne smije biti podcijenjen. Razumijevanje komunikacije između automobilske mehatronike i elektronike podrazumijeva razumijevanje senzora, aktuatora, komunikaciju magistrala i protokola, kao i elektroničkih kontrolnih jedinica u korištenom sistemu.

Na osnovu predloženog modela umrežavanja automobilskih mehatroničkih sistema, preporuke mogućih pravaca budućih istraživanja su:

- Daljnji razvoj programa za očitavanje ostalih parametara vozila,
- Povećanje bezbjednosti saobraćaja indirektno preko CAN protokola,
- Samostalno vršenje autodijagnostike na daljinsko upravljanje.

5. LITERATURA

Alciatore, D. G. and Histand, M.B., (2003). Introduction to Mechatronics and Measurement Systems Mechatronics and Measurement Systems. New York: McGraw-Hill

Corriqan, S. and Ren, S., (2016). Comparison of FieldBus Systems, CAN, TTCAN, FlexRay and LIN in Passenger Vehicles. Illinois Institute of Technology Chicago, Illinois, USA

Corrigan, S., (2008). Introduction to the Controller Area Network (CAN). s.l. : Texas Instruments

Fijalkowski, B., (2001). Automotive mechatronics: operational and practical issues. Springer Verlang, Vol I.

Freiberger, S., Nagel, A., (2012). Understanding the communication between automotive mechatronics and electronics for remanufacturing purposes. Bayreuth University

Grkić, A., Kostur, V., Muždeka, S., Perić S., (2012). Primena CAN (Controller Area Network) protokola u motornim vozilima. Beograd

Grubišić, M., Lučkin, J., (2013). Kvaliteta u povezivanju međusobno ovisnih automobilskih mehatroničkih sustava. 8. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "Kvalitet 2013", Neum, B&H

Isermann, R., (2003). Mehatronic Systems Fundamentals Mehatronic Systems Fundamentals. Berlin:Springer

Konrad, R., (2015). Automotive Mechatronics. Bosch Professional Automotive Information Springer Fachmedien Wiesbaden

Velagić, J., (2011). Zabilješke s predavanja. Elektrotehnički fakultet, Sarajevo, http://people.etf.unsa.ba/~jvelagic/laras/lectures.htm (pristupljeno 01.12.2016.)

Krishnamoorthy, S., (2016). Design of an asic chip for a Controller Area Network (CAN) protocol controller. Faculty of Texas Tech University

Miller, G., (2013). Automotive Communication Protocols: Preparing for the Future., Automotive Business Unit, Renesas Electronics America

Navet, N., Simonot, F., (2013). In-vehicle communication networks - a historical perspective and review. University of Luxembourg

Renu, S., (2013). In-Vehicular Communication Networking Protocol. Indiana University, Purdue University Indianapolis, IN

Voss, W., (2008). A Comprehensible Guide to Controller Area Netwrok. Copperhill mediacorp

Zurawski, R., (2005). The Industrial Communication Technology Handbook. (Gianluca Cena and Adriano Valenzano, Controller Area Network: A Survey)

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

IMPLEMENTATION OF CONTEMPORARY IOT TECHNOLOGY IN CONTROL AND MANAGEMENT OF ROBOT HANDS DIRECTED ON 3D PRINTER

IMPLEMENTACIJA SAVREMENE TEHNOLOGIJE IOT U KONTROLI I UPRAVLJANJU ROBOTSKOM RUKOM IZRAĐENOM NA 3D ŠTAMPAČU

Aleksandar Stjepanović[a], Goran Kuzmić[a], Mirko Stojčić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, aleksandar.stjepanovic@sf.ues.rs.ba, goran.kuzmic@sf.ues.rs.ba, mirko.stojcic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *The application of 3D printers has undergone a revolution in the last few years. Different aseptics are applied from the printing of pendants, fashion elements, prosthetic parts to complicated assemblies and elements. As one of the application segments, this paper also analyzed the use of 3D printers in the creation of a robotic hand that would be managed through the Arduino microcontroller assembly. A part of the project of printing and assembly of a robotic arm was done at the Faculty of Traffic Engineering within the laboratory for Electronics and Communication Technologies. The paper proposes a robotic hand intelligent robot management system using a mobile phone application and speech management applications. Both of these systems would be integrated into one whole. The basis of the project is a robotic arm with the implementation of the modern method of networking devices, ie IoT (Internet of Things). The development of such systems provides the opportunity for the development of advanced intelligent industrial robots that would be managed from a remote location which could control the work from one center through a web application aggregate into electrically driven vehicles. The conversion was analyzed from the point of view of the components used with the proposal of a mathematical model that was used to simulate the characteristics of a processed vehicle.*

Key words: *3D printers, web applications, arduino microcontroller, speech management*

Apstrakt: *Primjena 3D štampača doživjela je svojevrsnu revoluciju u zadnjih par godina. Različite su oblasti primjene od štampanja privjesaka, modnih elemenata, dijelova za protetiku do komplikovanih sklopova i elemenata. Kao jedan od segmenata primjene analiziran je i u ovom radu a obuhvata primjenu 3D štampača u izradi robotske šake koja bi bila upravljana putem Arduino mikrokontroleskog sklopa. Dio projekta štampe i sklapanja robotske ruke je urađen na Saobraćajnom fakultetu u sklopu laboratorije za Elektroniku i komunikacione tehnologije. U radu je predložen sistem za inteligentno upravljanje robotskom rukom putem aplikacije sa mobilnog telefona i aplikacija za upravljanje govorom. Oba ova sistema bi bila integrisana u jednu cjelinu. Osnovu projekta čini robotska ruka sa implementacijom savremene metode umrežavanja uređaja odnosno IoT (Internet of Things). Razvoj ovakvih sistema pruža mogućnost za razvojem naprednih inteligentnih industrijskih robota koji bi bili upravljani sa udaljene lokacije čime bi se se kontrola rada mogla obavljati iz jednog centra putem web aplikacije.*

Ključne riječi: *3D štampači, veb aplikacije, arduino mikrokontrolerski sistem, upravljanje govorom.*

1. UVOD

Ubrzani tehnološki razvoj na poljima elektronike, komunikacija, vještačke inteligencije uticao je i na dinamičniju primjenu nabrojanih tehnologija u robotici. Posebno je značajan razvoj iz oblasti vještačke inteligencije i mašinskog učenja. Sa druge strane pojava 3D štampača te njihova relativno niska cijena otvorili su put za brz razvoj prototipova različitih uređaja pa tako i iz oblasti robotike. U radu su analizirane mogućnosti upravljanja i komunikacije robotskom rukom koja je izrađena na poluprofesionalnom 3D štampaču uz primjenu IoT (*Internet of Things*) tehnologija za udaljenu kontrolu i praćenje. Dokumenti potrebni za štampu dijelova robotske ruke su preuzeti sa web lokacije (Gael Langevin, www.inmoov.fr...3.9.2019.) u okviru otvorenog projekta pod nazivom InMoov. Komunikacija i upravljanje robotskom rukom na bazi prepoznavanja ljudskih

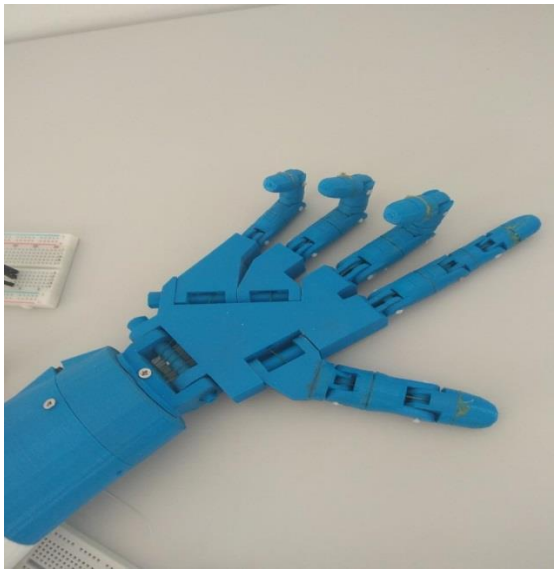
gestikulacija, tema je rada (Abid, M., i dr., 2014). Prepoznavanje gestikulacije rukama je najčešće korišteni modalitet između ostalih načina komunikacije čovjeka i robota i među-robotskoj interakciji.

Postoji više različitih metoda za detekciju ljudskih gestikulacija rukom koje se prenose na robotsku šaku. U svom radu autori (Neto, P. i dr., 2019) koriste senzore za detekciju pokreta. Dobijeni podaci se prikupljaju i sistematizuju te se dovode na ulaz vještačke neuronske mreže ANN (*Artifical Neural Networks*). Pomoću neuronske mreže se selektuju pokreti i vrši njihova klasifikacija po grupama. U radu (Chen, M., i dr., 2017) autori su pružili sveobuhvatno istraživanje od tehnika mašinskog učenja ML(*Machine learning*) do primjene interneta stvari u komunikaciji sa robotima.

Drugi interesantan segment istraživanja obuhvatio je razvoj i implementaciju veb aplikacija za kontrolu i daljinsko upravljanje robotima. Ovdje je posebno bitna "Cayenne" razvojna platforma za jednostavnu implementaciju IoT aplikacija putem mobilnog telefona ili putem stonog računara. Platforma je namijenjena i za iOS i Android operativni system pruža mnoštvo mogućnosti za daljinsku kontrolu i upravljanje. Treći segment istraživanja je obuhvatio često istraživanu temu prepoznavanja govora (*Speech recognition*). U radu su analizirane mogućnosti primjene modula za prepoznavanje govora u sintezi sa Arduino UNO mikrokontrolerskom jedinicom te modulom za bežičnu komunikaciju. Svrha istraživanja je analiza mogućnosti za implementaciju savremenih tehnologija u segmentu razvoja robotske ruke za obavljanje složenih funkcija u industriji, medicini, saobraćaju i ostalim oblastima. Analizirane su mogućnosti primjene vještačke inteligencije AI (*Artificial Intelligence*), mašinskog učenja ML, internet stvari, mašinskog prepoznavanja govora i aplikacija za daljinsku kontrolu i nadzor.

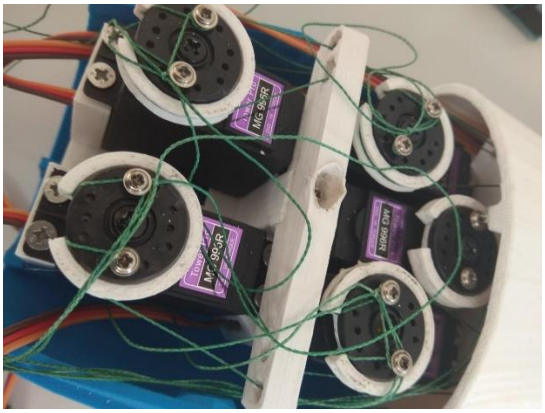
2. OSNOVNE METODE

InMoov je prvi otvoreni projekat namijenjen realizaciji robota u pirodnoj veličini koji je štampan u 3D tehnici na štampaču. Primjenljiv je za štampu na bilo kojem kućnom, poluprofesionalnom ili profesionalnom 3D štampaču najmanje površine 12x12x12cm, te zamišljen kao razvojna platforma za univerzitete, laboratorije, hobiste, ali i prije svega proizvođače. Koncept koji je zasnovan na dijeljenju i zajednici, daje mu ogromne mogućnosti za reprodukciju u velikom broju različitih projekata širom svijeta. Za potrebe laboratorijskog ispitivanja na Saobraćajnom fakultetu u Doboju, odštampan je samo jedan segment robota u vidu šake sa podlakticom koji je sastavni dio cjelokupnog projekta robota nazvanog InMoov. Na slici 1 prikazan je izgled 3D štampanog dijela robota na bazi ABS plastike.



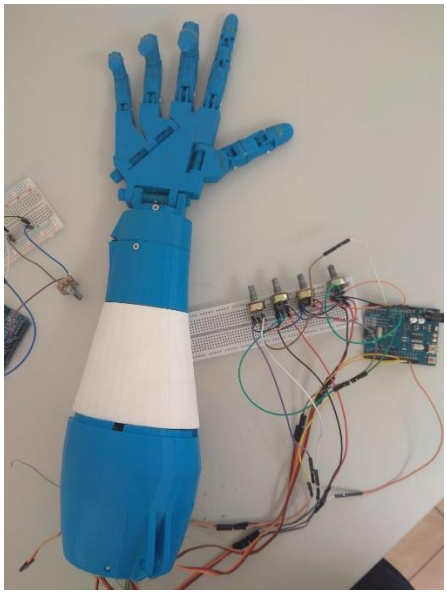
Slika 1. Izgled robotske šake sa podlakticom

Za kontrolu rada prstiju i šake odabrani su koračni motori tip MG996R, koji su povezani sa zglobovima putem jakog slika. Izborom smjera okretanja motora vrši se skupljanje i širenje prstiju šake. Na slici 2 je prikazan raspored motora u podlaktici ruke.



Slika 2. Izgled podlaktice sa postavljenim koračnim motorima

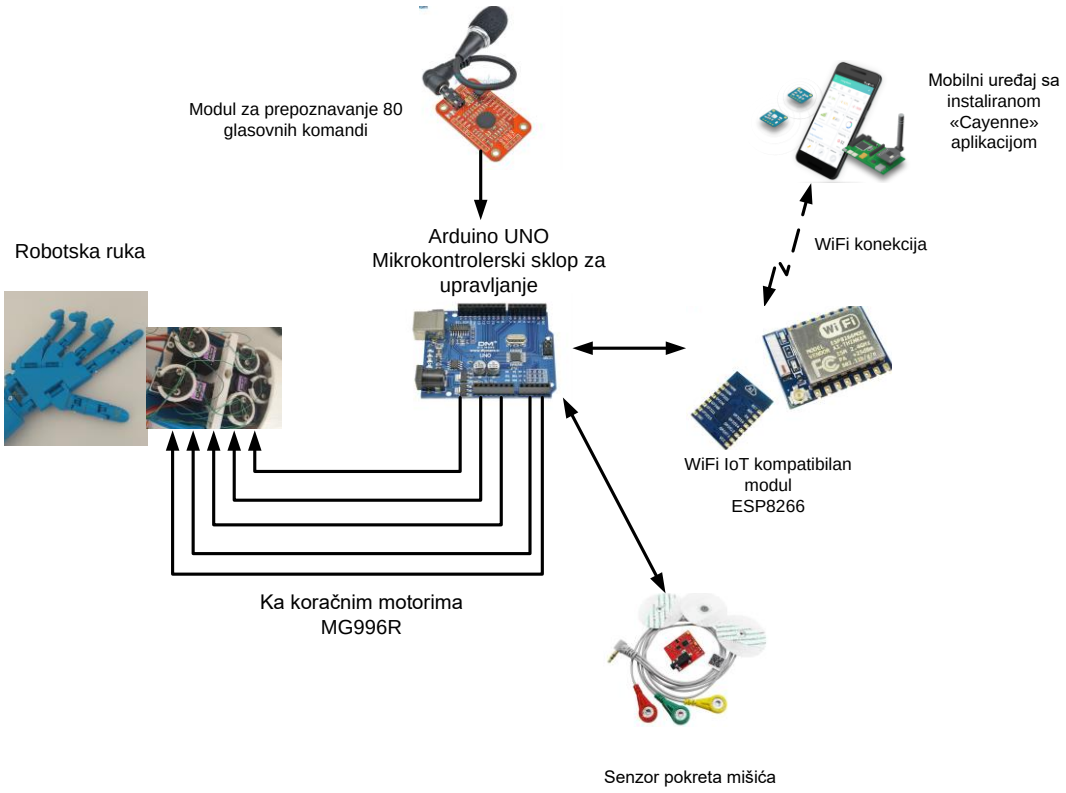
Osnovni sklop za kontrolu i upravljanje radom robotske ruke sadržan je u mikrokontroleskom uređaju univerzalne namjene Arduino UNO. Za kontrolu rada i bazična ispitivanja spojeni su potenciomentri od 5kΩ kao ulazni uređaji te se pomjeranje prstiju vršilo promjenom otpora na ulaznim pinovima mikrokontrolera. Na slici 3 prikazan je izgled kompletirane ruke sa ulaznim otpornostima za kontrolu pokreta prstiju.



Slika 3. Mikrokontrolerski sklop za upravljanje pokretima robotske šake

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Za naprednu kontrolu i upravljanje radom robotske ruke predložen je kompleksan model koji obuhvata više različitih tehnologija. Za kontrolu rada sa udaljenih lokacija planirana je upotreba IoT tehnologije te praćenja rada na mobilnom telefonu putem razvijene aplikacije na platformi "Cayenne". Osim tradicionalnog sistema upravljanja robotima, pojam nternet stvari (IoT) je takođe od presudnog značaja za povezivanje robota sa internetom kako bi korisnici mogli da upravljaju robotom iz bilo kojeg mjesta i bilo kada. Bežični sistem pruža vitalnu pomoć naprednim sistemima samoregulacije robota koristeći Wi-Fi i računarstvo u oblaku (*Cloud computing*). Postoji potreba za dizajnom automatizovanog upravljačkog sistema robota koji podržava prepoznavanje gestikulacija rukom, koncept za upravljanje mobilnim aplikacijama i prepoznavanje glasa. Drugi način upravljanja je direktni način putem govora što uključuje automatsko prepoznavanje unaprijed definisanih govornih komandi te njihovo izvršavanje. Na slici 4 je prikazan model za naprednu kontrolu i praćenje rada robotske ruke.



Slika 4. Model za upravljanje i kontrolu rada robotske ruke

Senzor detekcije pokreta mišića (*Muscle sensor detection*) analiziran je često u dostupnoj literaturi (Ángel, J. i dr., 2016).

Vrsta EMG senzora i područje nisu uzimani u obzir kao diskriminirajući parametri, jer je fokus stavljen na klasifikaciju i strategiju upravljanja, a ne na karakterizaciju signala i metodu sakupljanja podataka. Primjena ovakvog načina upravljanja je veoma široka od protetičkih do operativnih zahvata na udaljenim lokacijama, ili automatskog upravljanja vozilom na bazi detekcije pokreta odnosno gestikulacija (Ullah, S., i dr. 2019).

Za testiranje kontrole putem mišićnog senzora predloženi su različiti scenariji testiranja. Za prvi scenario izvođena su dva različita pokreta, 20 puta. Preliminarni rezultati su pokazali sposobnost korisnika za tačnu kontrolu robotske ruke nakon faze treninga. Robotski pokreti ruke suoptimizovani kako bi korisniku omogućili obavljanje različitih aktivnosti, odnosno sposobnost držanja različitih predmeta od sitnih predmeta, boca,te mogućnost pridržavanja i hvatanja kartice.

U fazi testiranja sa samo jednom radnjom, od korisnika je traženo da izvrši jednu po jednu akciju. Radnje su uključivale (pesnicu, raširene prste, jedan prst blizu, dva prsta blizu) te druge moguće kombinacije.

Testiranje je provedeno i sa tehnologijom prepoznavanja govora. Korišten je modul za Arduino mikrokontrolerski set sa mogućnošću prepoznavanja do 90 glasovnih komandi. Tačnost prepoznavanja komandi iznosi 90%. Sve komande su podijeljene u klase koje obuhvataju kontrolu prstiju, šake i podlaktice. Prva faza predstavlja fazu treninga modula za prepoznavanje glasovnih komandi. Ovoj fazi je potrebno posvetiti dosta pažnje te obezbijediti prostoriju bez okolnih šumova.

Interesantan segment istraživanja obuhvatio je oblast mašinskog učenja odnosno vještačke inteligencije. Zadatak koji je postavljen obuhvatao je učenje robotske ruke da drži predmete koji su osjetljivi na stisak, primjer je urađen sa plastičnom čašom punom vode. Korišten je modul na bazi senzora za mišičnu kontrakciju, te su prikupljeni podaci za različite predmete. Ovi podaci se smještaju u bazu iz koje projektovana neuronska mreža uči. Na osnovu ulaznih i odgovarajućih izlaznih parametara stvara se neuronska mreža sa težinskim koeficijentima. Zadatak je da na osnovu oblika predmeta robot sam prepozna parametre iz baze, te odabere pravi pokret i stisak šake, bez uništavanja plastične čaše ili nekog drugog predmeta.

Poređenjem sa (Ullah, S., i dr. 2019), vidljivo je da su odabrane slične metode rada ali sa različitim oblastima primjene. Dok su autori analizirali mogućnosti implementacije sličnih tehnologija za kontrolu i inteligentno upravljanje vozilom, akcenat istraživanja koje je prezentovano u radu se odnosi na mogućnosti implemetacije savremenih tehnologija za prepoznavanje govora u sinergiji sa upravljanjem na bazi mišićnog

rada podlaktice korisnika. Analizom dobijenih rezultata može se zaključiti da je potrebno napraviti više od 20 ponavljanja kako bi korisnik efikasno upravljao robotskom rukom. Takođe za obučavanje neuronske mreže potrebno je pripremiti više od 50 setova podataka koji bi služili za obuku i učenje mreže.

S druge strane provedeno istraživanje obuhvatilo je i mogućnosti za primjenu savremenih IoT tehnologija za bežično udaljeno praćenje i kontrolu rada čime su se stekli uslovi za razvoj modernog industrijskog robota sa daljinskom kontrolom i praćenjem. U radu nije predstavljena mobilna aplikacija za upravljanje robotskom šakom a koja je sastavni dio projekta.

4. DISKUSIJA

Ukratko je opisan projekat razvoja robotske ruke sa primjenom modernih tehnologija za prepoznavanje govora, daljinsko upravljanje na bazi senzora za praćenje mišičnih pokreta, te načini bežičnog povezivanja zasnovanog na IoT tehnologiji. Takođe je predložen koncept daljnjeg razvoja u smjeru primjene neuronskih mreža i tehnika mašinskog učenja. Kroz projekat su istovremeno prikazane i mogućnosti primjene modernih 3D štampača u različitim oblastima. Predložen je model upravljanja, koji je poređen sa drugim modelima iz literature. Vidljivo je da su koncepti slični te zasnovani na postojećim tehnologijama koje još nisu dovoljno iskorištene.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U radu je opisan model upravljanja i kontrole rada robotske ruke sa primjenom IoT komunikacionih tehnologija. Predložen je model zasnovan na primjeni govornih tehnologija u prepoznavanju zadanih komandi, te su korišteni senzori detekcije mišića za daljinskoupravljanje robotskom rukom. U radu nisu detaljno objašnjene ni analizirane implementirane tehnologije, već je samo prikazan pregled provedenih aktivnosti. Kroz provedeno istraživanje došlo se do važnih informacija o daljim pravcima razvoja predloženog modela, koji bi trebalo da obuhvati neuronske mreže, vještačku inteligenciju i tehnike mašinskog učenja.

S druge strane stečena su i bazična znanja o robotima i načinima kontrole i daljinskog upravljanja. Projekat pruža ogromne mogućnosti za obrazovanje studenata na fakultetima i usvajanje novih znanja iz aktuelnih oblasti. Projekat je multidisciplinaran i obuhvata oblasti mikrokontrolerskog upravljanja, telekomunikacija, mobilnih aplikacija na bazi Android OS, te tehnika prepoznavanja govora. Oblasti primjene su vrlo široke, kao što je medicina, transport, industrija.

ZAHVALNICA

Rad je nastao kao rezultat projekta koji se realizuje na Saobraćajnom fakultetu u Doboju i sufinasiran je od strane Ministarstva za naučno tehnološki razvoj, visoko obrazovanje i informaciono društvo Republike Srpske.

6. LITERATURA

Abid, M., Meszaros, P., Silva, R., Emil, M., Petriu,L., Cherry, Z.,Yang, H. (2014). Dynamic Hand Gesture Recognition for HumanRobot and Inter-Robot Communication. 2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA). doi:10.1109/civemsa.2014.6841431

Akhmadeev, K., Rampone, E., Yu, T., Aoustin, Y and Carpentier, E. (2017). A realtime gesture classification using surface EMG to control a robotics hand.(Budapest, Hungary: ENOC

Ángel, J. Arzola, N. (2016). Voice Controlled Prosthetic Hand with Predefined Grasps and Movements.VII Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2016 IFMBE Proceedings, vol 60. Springer, Singapore

Neto, P., Simao, M., Mendes, N., Safeea, M. (2018). Gesture-based human-robot interaction for human assistance in manufacturing.The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 101:119–13. https://doi.org/10.1007/s00170-018-2788-x

Ullah, S., Mumtez, Z., Liu, Sh., Abubaqr, M., Mahboob, A., Ahmad, H. (2019). An Automated Robot-Car Control System with Hand-Gestures and Mobile Application Using Arduino.doi:10.20944/preprints201901.0029.v1

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

ADAPTIVE NEURO-FUZZY MODEL FOR INDOOR WI-FI SIGNAL STRENGTH PREDICTION

ADAPTIVNI NEURO-FAZI MODEL ZA PREDIKCIJU NIVOA SNAGE WI-FI SIGNALA U ZATVORENOM PROSTORU

Mirko Stojčić[a], Milorad K. Banjanin[b], Žarko Jovanović[a], Siniša Božičković[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, mirko.stojcic@sf.ues.rs.ba, jovanoviczarko@live.com, sinisa.bozickovic@sf.ues.rs.ba*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Philosophy Pale, Alekse Šantića 1, Pale 71420, Bosnia and Herzegovina, milorad.banjanin@ff.ues.rs.ba*

Abstract: *Modeling and prediction of signal attenuation is of great importance in the planning and optimization of wireless radio networks, especially indoors where, due to a large number of physical obstacles, the negative effects of signal propagation occur. The aim of this paper is to develop an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) model for predicting indoor Wi-Fi signal strength, as well as to compare the results with a mathematical model obtained by nonlinear regression. ANFIS integrates the principles of fuzzy logic and artificial neural networks and thus unifies their advantages and those are the ability to learn and draw logical conclusions. The test results show a much better performance of the ANFIS model compared to the regression model.*

Key words: *ANFIS, propagation, regression, RMSE*

Apstrakt: *Modeliranje i predikcija slabljenja signala je od velike važnosti pri planiranju i optimizaciji bežičnih radio mreža, posebno u zatvorenim prostorima gdje se usljed velikog broja fizičkih prepreka javljaju negativni efekti propagacije signala. Cilj ovog rada jeste razvoj modela Adaptivnog neuro-fazi sistema zaključivanja (ANFIS) za predikciju nivoa snage Wi-Fi signala u zatvorenim prostorima, kao i poređenje rezultata sa matematičkim modelom dobijenim nelinearnom regresijom. ANFIS integriše principe fazi logike i vještačkih neuronskih mreža i na taj način objedinjuje njihove prednosti, a to su sposobnost učenja i logičkog zaključivanja. Rezultati testiranja pokazuju mnogo bolje performanse ANFIS modela u odnosu na regresioni model.*

Ključne riječi: *ANFIS, propagacija, regresija, RMSE*

1. UVOD

Obrada signala u telekomunikacionim i računarskim mrežama je veoma dinamično polje istraživanja. U praktičnoj upotrebi su bežične mreže Wi-Fi relativno najraširenije i najzastupljenije. Mrežni servisi za korisnike razvojno su orijentisani na obezbjeđivanje zadovoljavajućeg nivoa Quality of Service (QoS) podržanog unapređenjem tržišta mobilnih uređaja. Korisnici servisa najčešće borave u zatvorenim prostorima gdje obično postoji veliki broj fizičkih prepreka pa je dobra pokrivenost signalom bitna mrežna performansa. Danas su razvijene brojne metode za rješavanje problema propagacije tj. ponašanja radio signala u toku njegovog prostiranja od jedne do druge tačke u determinisanom prostoru. Pored slabljenja snage signala (Path Loss), pri propagaciji se javljaju pojave koje su karakteristične za elektromagnetne talase, kao što su refleksija (odbijanje), refrakcija (prelamanje), difrakcija (skretanje), apsorpcija (upijanje), polarizacija (udaljavanje), scattering (rasipanje). Modeliranjem i predikcijom slabljenja signala unapređuje se planiranje i optimizacija bežičnih radio mreža.

U ovom radu predmet istraživanja je modeliranje prostiranja signala u zatvorenom prostoru i kreiranje Adaptivnog neuro-fazi sistema zaključivanja (ANFIS). ANFIS integriše principe fazi logike i vještačkih neuronskih mreža (ANN) i na taj način objedinjuje njihove prednosti, a to su sposobnost učenja i logičkog zaključivanja (Jang, 1993). Radi komparativnog uvida u meritornost istraživačkih rezultata po ANFIS modelu kreiran je i matematički regresioni model a za zadatke i validnost mjerenja u eksperimentu koristi se na internetu

slobodno dostupna mobilna Android aplikacija *WiFi Analyzer* koja je, prema ocjenama stavova korisnika velikog broja sajtova jedna od najboljih u svojoj klasi.

U radu, čija je sintaksička strukturna podijeljena na pet cjelina i kompletirana sa spiskom korišćenih literaturnih izvora na kraju, nakon uvodnog dijela, predstavljeni su objavljeni rezultati relevantnih istraživanja. Glavni fokus je na trećoj i četvrtoj cjelini rada gdje su dati materijali i metode istraživanja, komparativna analiza rezultata iz predmeta istraživanja sa diskusijom u tekstualnim, matematičkim, tabelarnim i grafičkim interpretacijama. Pored toga, zaključak o doprinosu rada i predlog daljih istraživanja dati su u petoj cjelini.

2. PREGLED OBJAVLJENIH RELEVANTNIH ISTRAŽIVANJA

Objavljeno je mnogo istraživanja na temu modeliranja prostiranja signala u zatvorenim prostorima pomoću ANFIS modela. U radu Omae, et al., (2016) predstavljena je metoda za predikciju prostiranja signala duž hodnika zgrade na liniji vidljivosti (Line of Sight) zasnovana na ANFIS modelu. Istraživanje je sprovedeno uz korištenje Wi-Fi rutera kao predajnika i mobilnog telefona kao prijemnika. Predstavljena metoda pokazuje dobre performanse jer su vrijednosti dobijene predikcijom veoma bliske izmjerenim. Autori Oteri et al. (2018) su izvršili slično istraživanje ali se pored ANFIS modela koristili i Particle Swarm Optimization (PSO) algoritam za njegovu obuku. Drugi rad autora (Omae et al., 2018) bavi se poređenjem rezultata dobijenih ANFIS i PSO-ANFIS pristupom na bazi slučajnih ulaza i ustanovili su da PSO-ANFIS daje bolje rezultate. Prethodno su Omae et al. (2014) predstavili pregled PSO-ANFIS modela za propagaciju signala u zatvorenim prostorima. Autori Ali et al., (2010) su objavili rad sa predmetom matematičke analize propagacije signala. Amer i Noureldin (2017) izvršili su modeliranje primljene snage signala pomoću ANFIS modela, a u cilju određivanja pozicije – lociranja mobilne stanice. Slična istraživanja su sprovedena u (Lin et al., 2014; Meng et al., 2009; Wu et al., 2010; Mon, 2015).

Istraživanja u oblasti modeliranja i predikcije nivoa radio signala imaju tendenciju kretanja u pravcu inteligentnih rješenja umjesto postojećih empirijskih i determinističkih modela. Cilj ovog rada jeste razvoj ANFIS modela za predikciju nivoa snage signala u zatvorenim prostorima, kao i poređenje rezultata tog modela sa rezultatima matematičkog modela formiranog metodom nelinearne regresije.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Za eksperimentalno istraživanje u determinisanom-zatvorenom prostoru izabrana je porodična kuća u Doboju, u naselju Podnovlje, broj 452. Mikropozicija stana u izabranoj kući je prizemlje površine 49m^2. Kuća je lokacijski pozicionirana u orijentaciji sjever-jug sa dobrom priprodnom osvijetljenosti. Korištena istraživačka oprema se sastoji od: mobilnog telefona Xiaomi Redmi Note 4X, personalnog računara HP i rutera tipa ZTE ZXHN H267N.

Metodološka procedura istraživačkog procesa realizovana je kroz nekoliko sukcesivnih koraka:

- Prikupljanje podataka,
- Kreiranje matematičkog regresionog modela,
- Kreiranje ANFIS modela (obuka, provjera, testiranje),
- Eksperimentalno istraživanje korištenjem mobilne Android aplikacije WiFi Analyzer
- Uporedna analiza generisanih istraživačkih rezultata ANFIS modelom i izračunatih pomoću matematičkog regresionog modela,
- Zaključak i pravci daljih istraživanja.

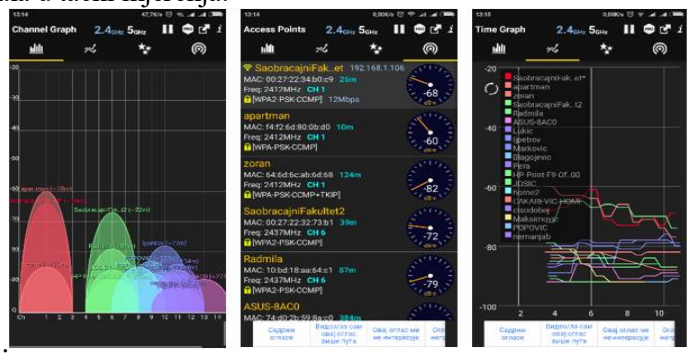
Modelovanje, kao osnovna naučna metoda primijenjena je u ovom istraživanju jer "model, po definiciji, označava strukturno predstavljanje različitog skupa elemenata za analizu složenih, često i novih problemskih pitanja" (Banjanin, 2007). Pored toga, model prikazuje strukturu sistema i odnose između njegovih dijelova u komleksnoj matrici interakcija. Takođe, korištene su i metoda eksperimentalnih mjerenja odabranih varijabli i metoda komparativne analize matematički izračunatih i eksperimentalnim mjerenjem dobijenih rezulata pri čemu je značajno naglasiti objektivnost rezultata koju obezbjeđuje mobilna Android aplikacija.

3.1 Prikupljanje podataka

U posmatranom zatvorenom prostoru mjerenja nivoa signala su vršena uz pomoć slobodno dostupne mobilne Android aplikacije *WiFi Analyzer*, kao što je već rečeno, jedne od najboljih u klasi saglasno ocjenama korisnika na meritornim web sajtovima. Dobijene vrijednosti predstavljaju slabljenje signala u odnosu na referentnu snagu i izražene su u dBm (decibel milivat). Matematički, nivo snage signala se može izračunati na sljedeći način:

$$n_p = 10\log\frac{p}{1mW}[dBm], \qquad (1)$$

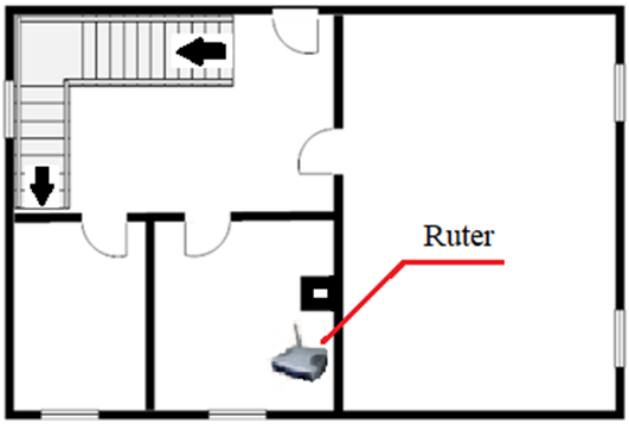
gdje je p snaga signala u tački mjerenja.



Slika 1. Korisnički interfejs mobilne aplikacije WiFi Analyzer

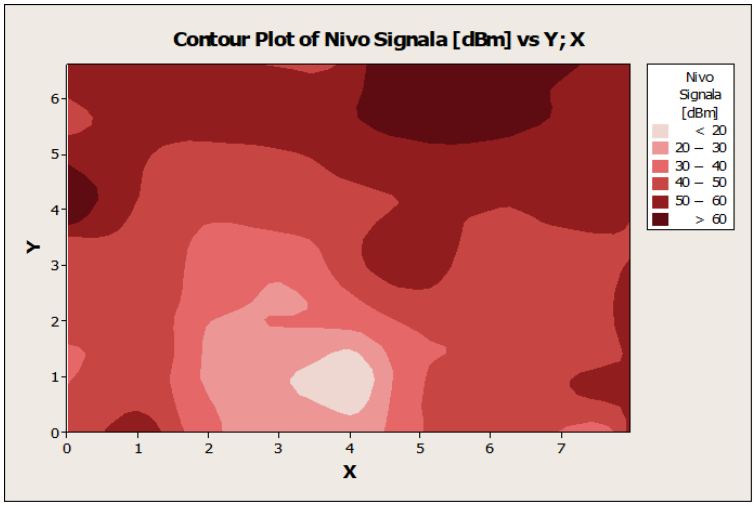
Aplikacija *WiFi Analyzer* pruža mogućnost grafičkog predstavljanja komunikacionog kanala i nivoa signala, vremenska kretanja promjene nivoa signala, najbolje instance kanala. Ono što navedenu aplikaciju najviše izdvaja od ostalih je jednostavnost za korištenje, a Slika 1. prikazuje njen korisnički interfejs

Na slici 2 je prikazan tlocrt stana u kome su vršena mjerenja kao i položaj rutera koji je smješten u spavaćoj sobi, na visini od 1,5 m. Sva mjerenja nivoa signala su vršena upravo na navedenoj visini.



Slika 2. Pogled na tlocrt stana u kome su vršena mjerenja i lokacija rutera

Ukupno je izvršeno mjerenje nivoa signala u 64 različite tačke u volumenu prikazanog prostora, tako da se pokrivenost signalom može predstaviti kao na Slici 3. (prikazane vrijednosti nivoa signala su negativne). Pored toga, za potrebe testiranja i provjere modela, izvršeno je još 20 mjerenja. Očigledno je da je slabljenje signala najmanje u okolini samog rutera (> -20 dBm), a veća slabljenja se javljaju pri prolasku signala kroz više fizičkih prepreka (zidova). S obzirom da se svaka tačka može predstaviti sa dvije koordinate, dužina i širina objekta od koordinatnog početka (0,0) predstavljaju dvije ulazne ili nezavisne varijable u ANFIS model i označene su sa X i Y.



Slika 3. Raspored nivoa signala u posmatranom prostoru mjerenja

3.2 Kreiranje matematičkog regresionog modela

Polinomijalna regresija predstavlja tip regresije koji se koristi za modelovanje polinomijalne zavisnosti između dvije ili više varijabli. Potpuni polinomijalni model sa dvije nezavisne promjenljive (x_1 i x_2) drugog stepena ima sljedeći oblik:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3{x_1}^2 + b_4{x_2}^2 + b_5x_1x_2 \qquad (2)$$

Funkcija koja se minimizira ima oblik:

$$SQ = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^{n}(y_i - (b_0 + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + b_3{x_{1i}}^2 + b_4{x_{2i}}^2 + b_5x_{1i}x_{2i}))^2 \qquad (3)$$

Koeficijenti $b_0...b_5$ se pronalaze metodom najmanjih kvadrata:

$$\frac{\partial SQ}{\partial b_0} = 0 \ \frac{\partial SQ}{b_1} = 0 \ \frac{\partial SQ}{b_5} = 0 \qquad (4)$$

Kvantitativna mjera za utvrđivanje nivoa slaganja izabranog modela sa stvarnom međuzavisnošću varijabli je vrijednost R^2-*adj* i najčešće se izražava u procentima. Matematički model je kreiran u softveru Minitab 17 korištenjem procedure *Stat>Regression>Nonlinear Regression.*

3.3 Kreiranje ANFIS modela

ANFIS je neuro-fazi sistem koji se bazira na Takagi-Sugeno metodu fazi zaključivanja. Tipično fazi pravilo Takagi-Sugeno metoda zaključivanja se može zapisati na sljedeći način:

AKO *x* je A I *y* je B, ONDA *z=f(x,y),*

gdje su A i B fazi skupovi koji odgovaraju ulaznim varijablama x i y, a *z=f(x,y)* je funkcija koja predstavlja posljedicu pravila. Funkcija *z=f(x,y),* kod ANFIS modela može da bude polinom nultog ili prvog reda, tj. konstanta ili linearna funkcija. AKO dio pravila se naziva još i hipoteza (premisa) pravila i sadrži uslov za primjenu istog.

ANFIS arhitektura se sastoji od pet slojeva i prikazana je na slici 4. Čvorovi prvog skrivenog sloja definišu fazi skupove, tj. fazi funkcije pripadnosti koje odgovaraju ulaznim varijablama. U slučaju strukture kao na slici 4, fazi funkcije pripadnosti promjenljive x se mogu zapisati na sljedeći način: $\mu_{A_j}(x)$ gdje *j(j=1,...,n)* predstavlja broj fazi funkcija pripadnosti. Čvorovi ovog i četvrtog sloja su adaptivni što znači da se njihovi parametri mijenjaju u toku procesa obučavanja. Zbog toga na slici 4 i imaju pravougaoni oblik za razliku od fiksnih, kružnih čvorova.

Čvorovi drugog skrivenog sloja su fiksni i izvršavaju operaciju množenja ulaznih signala (operacija I) čime se određuje stepen konzistentnosti premise svakog pravila:

$$w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y) \qquad (5)$$

Treći sloj vrši normalizaciju vrijednosti dobijenih na izlazu čvorova drugog skrivenog sloja. Za slučaj prikazan na slici 4, sa dva čvora u drugom sloju, normalizovana vrijednost na izlazu i-tog čvora trećeg skrivenog sloja ima sljedeći matematički oblik:

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \tag{6}$$

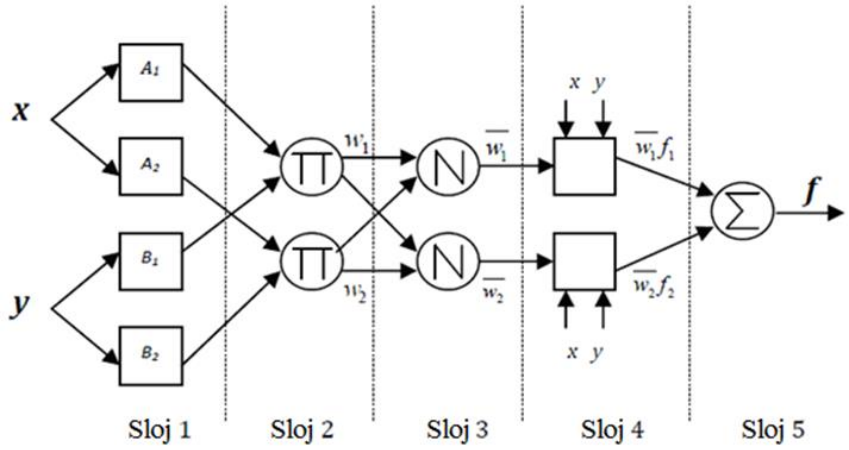
Svaki čvor četvrtog sloja je adaptivni čvor sa funkcijom koja se može zapisati na sljedeći način:

$$\bar{w}_i f_i = \bar{w}_i \left(p_i x + q_i y + r_i \right) \tag{7}$$

gdje su p_i , q_i i r_i parametri zaključka.

Peti sloj računa izlaz kao sumu svih ulaznih signala:

$$f = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \tag{8}$$



Slika 4. Generalna struktura ANFIS modela

Kod učenja u neuronskim mrežama, važno je definisati pojam iteracije i epohe. Iteracija je korak u algoritmu učenja kojim se modifikuju vrijednosti težina veza u mreži. Epoha podrazumijeva jedno predstavljanje mreži čitavog skupa podataka za obuku. ANFIS arhitektura se najčešće obučava pomoću hibridnog algoritma koji kombinuje gradijentni pad i metodu najmanjih kvadrata, a u svakoj iteraciji su potrebna dva prolaza kroz mrežu.

ANFIS model za predikciju nivoa Wi-Fi signala je kreiran u MATLAB programskom paketu. Zahvaljujući grafičkom korisničkom interfejsu, ANFIS editor omogućava lako definisanje i rad sa modelom. Algoritam koji opisuje proces od kreiranja do testiranja modela, može se zapisati u sljedećim koracima:

- Učitavanje podataka za obuku, provjeru i testiranje (64 vektora za obuku, od čega je 10 za provjeru sposobnosti modela i 10 za testiranje rezultata),
- Definisanje broja i oblika fazi funkcija pripadnosti ulaznih varijabli i oblika fazi funkcije pripadnosti izlazne varijable,
- Obučavanje modela (Hibridni algoritam obuke, greška tolerancije=0, broj epoha=500),
- Testiranje i izbor ANFIS modela prema RMSE (Root Mean Square Error).

Podaci za testiranje omogućavaju procjenu sposobnosti ANFIS modela da izvrši predikciju vrijednosti izlazne varijable (nivoa signala) na osnovu datih ulaza, tako što se izlazi ANFIS modela porede sa već poznatim vrijednostima i na osnovu toga računa se RMSE na sljedeći način:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^{N} \left[n(k) - n(k) \right]^2} \tag{9}$$

gdje je N – broj pojedinačnih posmatranja (broj vektora podataka za testiranje, N=10), *n(k)* - očekivana vrijednost (dobijena mjerenjem), $n(k)$ - vrijednost dobijena predikcijom modela. Podaci za provjeru prvenstveno imaju za cilj da spriječe pojavu prenavikavanja na podatke za obuku (*overfiting*).

4. REZULTATI I DISKUSIJA

U ovoj sekciji predstavljeni su parametri izabranih modela za predikciju nivoa Wi-Fi signala, kao i njihove performanse. U cilju međusobnog poređenja, vršeno je testiranje dva modela na istom skupu podataka, a rezultati su dati i grafički.

4.1 Regresioni matematički model

Na osnovu podataka za obuku, formirano je više matematičkih regresionih modela od kojih su u Tabeli 1. prikazani linearni i polinomijalni model sa najvećom vrijednosti indeksa R^2-adj. Izabrani model devetog stepena ima najveću vrijednost navedenog indeksa od 87,97%. Linearni model ima najmanju vrijednost od 43,11%, što ukazuje na drastično slabije performanse istog.

Tabela 1. Linearni i polinomijalni regresioni matematički model

Model	R^2-adj [%]
Nivo Signala = 28,91 + 1,159 X + 3,696 Y	43,11
Nivo Signala = 45,96 - 145,6 X + 131,1 Y + 426 X*X - 155,2 Y*Y - 82,4 X*Y - 488 X*X*X + 63,2 Y*Y*Y - 19,1 X*X*Y + 114,4 X*Y*Y + 289 X*X*X*X - 10,56 Y*Y*Y*Y + 29,1 X*X*X*Y - 15,5 X*X*Y*Y - 49,0 X*Y*Y*Y - 99,5 X*X*X*X*X + 0,621 Y*Y*Y*Y*Y - 13,8 X*X*X*X*Y - 0,97 X*X*X*Y*Y + 8,14 X*X*Y*Y*Y + 8,74 X*Y*Y*Y*Y + 20,56 X*X*X*X*X*X + 3,85 X*X*X*X*X*Y + 0,176 X*X*X*X*Y*Y + 0,04 X*X*X*Y*Y*Y - 1,72 X*X*Y*Y*Y*Y - 0,546 X*Y*Y*Y*Y*Y - 2,51 X*X*X*X*X*X*X - 0,630 X*X*X*X*X*X*Y - 0,0503 X*X*X*X*Y*Y*Y + 0,064 X*X*X*Y*Y*Y*Y + 0,1217 X*X*Y*Y*Y*Y*Y + 0,1666 X*X*X*X*X*X*X*X + 0,0546 X*X*X*X*X*X*X*Y + 0,00415 X*X*X*X*Y*Y*Y*Y - 0,00768 X*X*X*Y*Y*Y*Y*Y - 0,00462 X*X*X*X*X*X*X*X*X - 0,00192 X*X*X*X*X*X*X*X*Y	87,97

4.2 ANFIS model

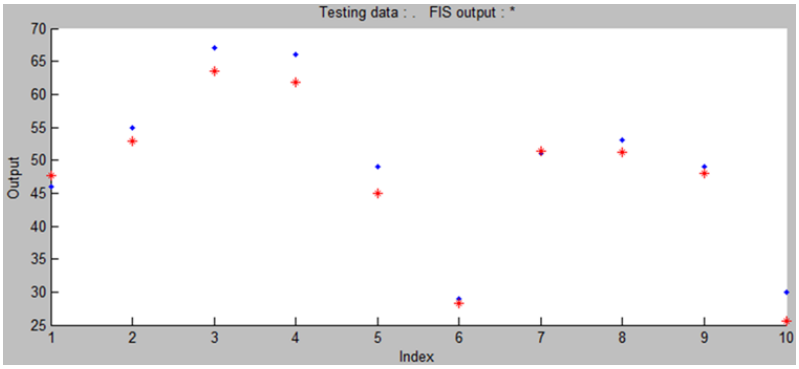
Kao i u slučaju matematičkog regresionog modela, u istraživačkom procesu je kreirano više ANFIS modela sa različitim parametrima, a izabran je najbolji s obzirom na ostvarenu vrijednost prosječne greške testiranja. Tabela 2. daje pregled različitih kreiranih i testiranih modela sa vrijednostima RMSE. Kriterijum za izbor modela jeste najmanja vrijednost pomenute prosječne kvadratne greške testiranja, a u konkretnom slučaju, ona iznosi 2,77. Pri tome, svaka od dvije ulazne varijable ima po pet fazi funkcija pripadnosti trougaonog oblika, a izlaz ima oblik konstante.

U Tabeli 2, je vidljiva najveća vrijednost RMSE od 319,72 koju ima model sa po pet fazi funkcija pripadnosti ulaznih varijabli, trapezoidnog oblika, uz linearni oblik izlaza. Generalno posmatrano, značajno bolji rezultati se postižu uz konstantan oblik izlaza modela (desna strana Tabele 2).

Tabela 2. Vrijednosti prosječne greške testiranja za različite ANFIS modele

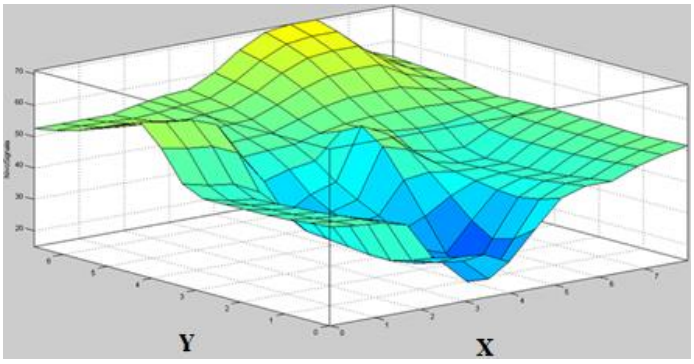
Oblik fazi funkcije pripadnosti ulaznih varijabli	Oblik izlazne funkcije ANFIS modela					
	Linearni			Konstanta		
	Broj fazi funkcija pripadnosti ulaznih varijabli					
	2 2	**3 3**	**4 4**	**2 2**	**3 3**	**4 4**
trimf	7,08	5,44	9,32	11,19	8,7	4,91
trapmf	6,11	4,54	19,33	8,16	8,36	5,39
gbellmf	7,19	8,20	19,39	9,47	8,65	3,39
gaussmf	3,87	3,24	12,45	9,3	8,19	8,38
gauss2mf	8,04	9,09	9,95	10	7,95	5,53
pimf	5,75	4,59	10,51	8,49	7,73	4,53
dsigmf	6,93	5,11	23,05	8,76	7,34	3,77
psigmf	6,93	5,11	21,99	8,76	7,34	3,74
	5 5	**2 3**	**3 2**	**5 5**	**2 3**	**3 2**
trimf	58,91	5,14	8,57	**2,77**	10,20	8,47
trapmf	319,72	6,59	6,5	3,23	10,23	7,87
gbellmf	45,16	6,15	7,67	28,87	9,36	8,31
gaussmf	33,68	6,91	8,51	11,86	9,50	8,25
gauss2mf	267,67	6,83	5,48	3,31	9,56	8,09
pimf	134,96	6,7	3,81	104,31	9,87	8,00
dsigmf	23,56	7,71	3,45	3,62	9,24	8,46
psigmf	23,56	7,71	3,45	3,66	9,24	8,46

Slika 5. grafički prikazuje rezultate testiranja izabranog modela, gdje se jasno vide odstupanja. Plave tačke predstavljaju poznate vrijednosti nivoa signala, iz podataka za testiranje, dok su crvenim zvjezdicama označene vrijednosti predikcije dobijene na izlazu modela. Kao što se može vidjeti, najveća odstupanja su u tačkama 3,4, i 5.



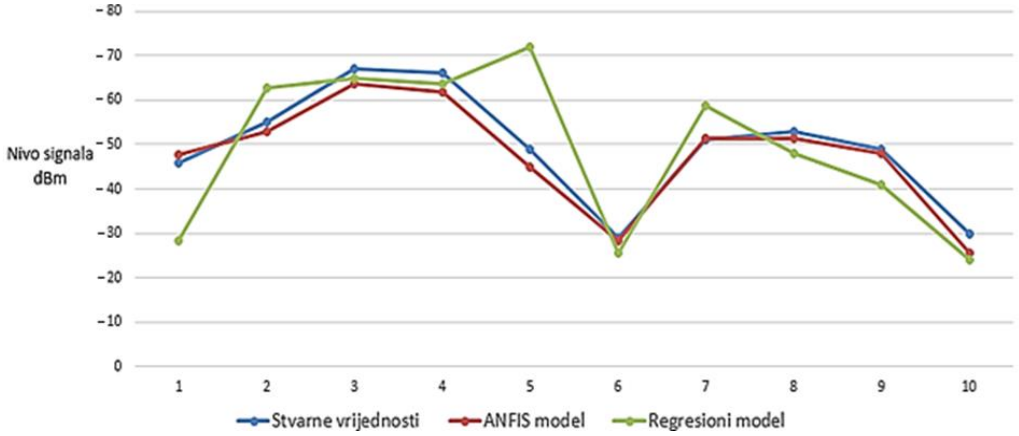
Slika 5. Odstupanja vrijednosti dobijenih mjerenjem po modelu od stvarnih

Površina koja predstavlja zavisnost nivoa signala od pozicije u prostoru (X i Y koordinate) prikazana je na Slici 6. I ovdje se može zaključiti da je slabljenje najmanje u okolini pozicije rutera (3 do 4 metra po X i 1 do 2 metra po Y), a najveće na drugom kraju stana (5 do 6 metara po X i 6,5 metara po Y).



Slika 6. Površina zavisnosti nivoa signala od pozicije mjerenja u posmatranom prostoru

Poređenje vrijednosti nivoa signala dobijenih predikcijom oba modela sa stvarnim vrijednostima, grafički je prikazano na Slici 7. Kako je već navedeno, skup podataka za testiranje se sastoji od 10 vektora ulaz/izlaz. Plava linija predstavlja stvarne izmjerene vrijednosti nivoa signala iz navedenog skupa, a crvena i zelena vrijednosti dobijene predikcijom ANFIS i regresionim modelom, respektivno. Za iste ulazne vrijednosti kao kod ANFIS modela, regresioni model daje RMSE od 10,53, što je znatno veća greška od 2,77 koliko je ostvareno za ANFIS.



Slika 7. Grafički rezultati poređenja performansi ANFIS modela i regresionog modela

5. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni ANFIS model, kreiran u MATLAB programskom paketu i nelinearni polinomijalni matematički regresioni model, kreiran u softveru Minitab 17 korištenjem procedure *Stat>Regression>Nonlinear Regression,* za predikciju nivoa snage Wi-Fi signala u zatvorenom prostoru. Metodom uporedne analize mjerenih i izračunatih vrijednosti rezultata istraživanja pokazalo se da su performanse ANFIS modela dosta bolje pri testiranju na istom skupu podataka. Primjena predložene metode je ograničena na posmatrani zatvoreni prostor u kome su izvršena mjerenja na osnovu kojih je obučen ANFIS model. Važno je naglasiti da je broj izvršenih mjerenja relativno mali, a da su vrijednosti predikcije jako bliske stvarnim, što znači da bi se sa još većim brojem mjerenja mogla ostvariti veća preciznost. Takođe, tačnost izvršenih mjerenja zavisna je od tačnosti implementacije same mobilne aplikacije ali treba imati u vidu pretpostavku da aplikacija pravi proporcionalnu grešku u svima tačkama mjerenja.

Izvedeni eksperiment u istraživanju ukazuje da rastojanje između rutera i prijemnika signala (u ovom slučaju mobilnog telefona) i postojanje fizičkih prepreka koje onemogućavaju direktnu optičku vidljivost između njih, najviše utiču na slabljenje nivoa snage signala. S obzirom da su Wi-Fi bežične mreže široko dostupne u zatvorenim prostorima skoro svih fizičkih objekata na određenim geo-lokacijama, a i na otvorenim prostorima, predstavljeni rezultati istraživanja mogu imati značajnu primjenu u planiranju i optimizaciji mobilnih mreža. Pored toga, kreirani ANFIS model se može koristiti kao komparativni za dalja istraživanja modelovanja propagacije signala i kao jednostavno rješenje za predikciju.

6. LITERATURA

Ali, A. H., Razak, M. R. A., Hidayab, M., Azman, S. A., Jasmin, M. Z. M., & Zainol, M. A. (2010, October). Investigation of indoor WIFI radio signal propagation. In 2010 IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications (ISIEA) (pp. 117-119). IEEE.

Amer, B., & Noureldin, A. (2017, April). Modeling received signal strength for indoors utilizing hybrid neuro-fuzzy network. In 2017 7th International Conference on Modeling, Simulation, and Applied Optimization (ICMSAO) (pp. 1-5). IEEE.

Banjanin, M. K. (2007). Komunikacioni inženjering. Saobraćajno-tehnički fakultet Doboj.

Jang, J. S. (1993). ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, 23(3), 665-685.

Lin, C. M., Mon, Y. J., Lee, C. H., Juang, J. G., & Rudas, I. J. (2014). ANFIS-based indoor location awareness system for the position monitoring of patients. Acta Polytech. Hung, 11(1), 37-48.

Meng, W., Wang, J., Peng, L., & Xu, Y. (2009, September). ANFIS-based wireless LAN indoor positioning algorithm. In 2009 5th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (pp. 1-4). IEEE.

Mon, Y. J. (2015). WSN-based indoor location identification system (LIS) applied to vision robot designed by fuzzy neural network. J. Digit. Inf. Manag, 13, 37.

Omae, M. O., Ndungu, E. N., & Kibet, P. L. (2018, October). Comparing the performance of ANFIS, PSOANFIS and PSO-ANFIS with random input in indoor Wi-Fi Signal propagation prediction. In Proceedings of Sustainable Research and Innovation Conference (pp. 276-283).

Omae, M. O., Ndungu, E. N., & Kibet, P. L. (2014). The Application of ANFIS-PSO trained in Signal Propagation Modeling for Indoor Wireless Communication Networks; A Review. International Journal of Scientific & Engineering Research, 5(12), 180-193.

Omae, M. O., Ndungu, E. N., & Kibet, P. L. (2016, June). Wi-Fi Signal Indoor LOS Coverage modeling using ANFIS. In Proceedings of Sustainable Research and Innovation Conference (pp. 284-288).

Oteri, O., Ndung'u, E. N., & Langat, K. (2018, July). Wi-Fi Signal Indoor LOS Coverage modeling using PSO-ANFIS. In Proceedings of Sustainable Research and Innovation Conference (pp. 269-275).

Wu, B. F., Jen, C. L., & Chang, K. C. (2010). Neural fuzzy based indoor localization by extending kalman filtering with propagation channel modeling. In Kalman Filter. IntechOpen.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

IMPROVING THE PASSIVE SECURITY

Adrian Wagner[a], Philipp Graf[a], Frank Michelberger[a]

[a] *Carl Ritter von Ghega Institut – St. Pölten University of Applied Sciences, Matthias Corvinus-Straße 15, St- Pölten 3100, Austria, adrian.wagner@fhstp.ac.at, philipp.graf@fhstp.ac.at, frank.michelberger@fhstp.ac.at*

Abstract: *For public transport passengers, subjective safety is a major selection criterion when choosing their means of transport. Objectives: Despite an objectively good safety level, it appears that certain groups of people feel uncomfortable in some areas outside of rush hours. In this respect, various approaches to increasing the subjective feeling of safety were investigated in the project SafeMobil. Approach: The research showed that the main aspects contributing to a feeling of safety are good lighting and free visibility of places in the evening and at night. In addition, not being alone is reassuring to those affected. Furthermore, different possibilities were discussed regarding the question how a security network can be set up with an application and a control centre, which has a low hurdle for use. Results: Four typical scenarios were illustrated in storyboards and evaluated by both potential users and experts. By means of the created system different variants could be shown, how it is possible to increase the passive safety over an app by including different interfaces. Contribution The study shows that the corresponding financing achieves an increase in passive safety. An outlook shows that further steps are necessary to ensure the required basis for such an application.*

Key words: *Mobility, subjective security, public transport, safety, public*

1. INTRODUCTION

There are different areas of perceived insecurity in multimodal pathways. Research shows that the amount of perceived insecurity is higher in the areas surrounding traffic stations. This statement is true for both women and men (Ablinger, 2013). That is because the areas around train stations and metro stations act as a hotspot for criminality (Block et. al., 1996). A distinction can be made between objective and subjective feelings of security. This research deals with why the feeling of passive safety is often lower than that of objective safety and how this can be improved.

1.1.1 Objective security

Objective Security refers to proven data and measurements of criminal acts that actually happened (for example in public transport). In Austria, this data is found in the annual security reports of the federal department of justice. Only the report for the year 2012 contains current data (number of bags/trick theft) that allows for an objective evaluation of the security level in public transport (Justiz webpage, 01.07.2019). For the other years, data from the crime report is used.

When comparing the years 2008 and 2012, the data shows that theft in public transport has declined by 15.7% (BMI Sicherheitsbericht, 2012).

1.1.2 Subjective security

The personal opinion plays a big role in the subjective security (Luhmann, 1991) there are, however, a number of different factors which may influence the subjective security (e.g. gender, education, age, experiences, etc.). The intensive coverage of spectacular individual acts is also proven to negatively affect the perception of security of passengers (Hamburg Consult, 2000).

1.2 Hypothesis or research questions, problem and the aim of research

As described, the perceived security of public transport is worse than it actually is. Media reports also fuel fears and promote distorted perception which leads to the use of personal transport rather than public transport. There is a need to increase the perceived security of multimodal mobility chains. On the other hand, there is an increased fear of surveillance in the public and in other aspects of life. Because of this, technical solutions that increase security and perceived security are in a constant state of tension between acceptance, technical and legal feasibility, and their use.

1.2.1 Aim of the research

SafeMobil is an exploratory project. It is the aim of the project to find out if – and under which circumstances – an idea like this is practicable and whether there are better alternatives. The project investigates the idea in the sense of:

- General feasibility / meaningfulness
- Technical feasibility – reliability
- Legal framework
- Operator model
- Measures to increase security and awareness of anxiety spaces in public spaces
- Alternatives or additional measures to increase safety
- Evaluation of the effectiveness of the system

1.3 Introduction to the field of research and discussion of current research

Currently multiple technical solutions address at least parts of this problem but none of them is specifically designed for multimodal transport. These can be divided into the following groups:

- accompanying services (Guardly, MyForce-never walk alone, KommGut Heim-App (only one which is available worldwide))
- reporting services (FemHelp, Topos Sicher in Wels, Sag's Wien)
- information services (SuSi Team)
- Emergency help applications (Mobile Rufhilfe, Notfall App Bergrettung Tirol, Notfall-Hilfe HD App, BM.I Sicherheitsapp)
- Wearables (e.g.: Stickers in the underwear that detect sexual assaults)

None of these services meet all of the requirements that have been set for the SafeMobil project. (FH St. Pölten, et.al., 2016)

2. METHODS

Firstly, the *SafeMobil (SiMo)* project identifies the people that are most likely to be deterred from using public transport due to their feeling of being unsafe while at the same time also identifying their individual fears. The survey on the assessment of passive safety was carried out via online surveys and road surveys. A broad target group and a meaningful number of interviewees were taken into account when determining the results. Also the projectteam has access to the expertise of a consortium from the relevant field of expertise. In the following, the project participants thoroughly analyse all known systems that contribute to increase security or perceived security and the unknown systems are identified as well. In the course of the project, operators of these systems are contacted in order to learn from their experiences and to verify points of contact and interfaces. Because of the complexity and sensibility of the topic (and to determine the system requirements for potential users and planning agencies), networking workshops are the core of this project. Representatives of security agencies, public cooperations, politicians, planning agencies, IT experts as well as those who have been affected attended these workshops. The workshops are used to generate a mutual understanding of the topic and to discuss concrete questions from multiple angles. The findings from the networking workshops are used to create a concept for system that acts as the following:

- A “companion” for active mobile people in situations of perceived insecurity
- A deterrent in emergency situations that can organise help
- A service that (partially automatically) detects hotspots of insecurity and sends the information to the relevant organisations (city planners, police, etc.)

The needs of the users are determined by using a mix of methods. Personal questioning on public streets generates local data. Online surveys, advertised with flyers that have been passed out in public and on public transport, are used as a base for mass surveys. These methods have proven reliable in numerous other projects and support the dissemination of the project idea. Additionally, a system design of an application takes place which can contain different scenarios for users. This is done methodically via storyboards. The designed system is evaluated according to its user acceptance and its value for the raising of the security for the sustainable forms of mobility and its effects on the mobility behaviour. This is used to define further implementation steps.

3. RESULTS

At the launch of the project, it was necessary to analyse the needs of the potential users, i.e. all persons who would like to use the system to increase their sense of security. Therefore, an online and street survey was carried out regarding feelings of insecurity. The results indicated that the feelings of insecurity hardly arise while on the means of transport but rather on the routes to and from the stops during night-time. Better lighting and accompanying measures alone could improve the sense of security of the people questioned. In addition, more than 50% of these people indicated that they would make their data available to an escort service. Nevertheless, respondents considered the most effective measure to increase safety to be social factors, such as the presence of other people. The regions of (Eastern) Austria surveyed tend to have a relatively good subjective sense of security, but it was possible to identify some groups of people who feel more affected by insecurity than others. Nevertheless, three factors could be identified to increase the safety feeling:

- sufficient lighting
- open, easily visible square design
- presence of other people

On the other hand, the use of surveillance cameras was only described as moderately successful in all investigations, since they can only be used reactively to solve crimes but not to actively intervene in the situation itself. The factor "deterrence" does not give the interviewees any further sense of security.

The research has shown that there have already been some studies on this subject and that there are already some applications on the market. Different approaches have been used to increase people's sense of security in public spaces. On the one hand, machine learning technologies are used and on the other hand, great importance is attached to the community. It should also be considered that contact with friends and family is a form of low-threshold cry for help. The technical, operational and legal framework conditions were therefore determined in the further course of the project. This revealed that the emergency response organisations are increasingly moving in the direction of central control centres at federal state level. This is consistently an advantage for the present project, since a control centre which receives calls for help from persons should be connected, as far as possible, with all control centres of emergency organisations. Assuming that the SiMo project has its own control centre, it must meet various requirements. Furthermore, it should be sketched how such a control centre and the procedure could run in a similar way:

The control centre must be on duty and staffed around the clock. When it comes to the design of the control centre, the project relieson the structure of similar control centres of other operational organisations. The staff of the control centre consists of at least two call takers, at least one dispatcher, at least one contact person per partner organisation/company as well as personnel for system monitoring and administrative activities. If a user is in an emergency/hazard situation and makes an emergency call via the SiMo-App, the call is transferred to the bot. If the caller uses the SiMo-App for the emergency call, the data of the person and the position data determined by GPS positioning are transmitted in the background to the SiMo control centre. If the caller does not use the app for the emergency call, only the telephone number can be transmitted to the control centre. Further information can then be obtained during the call. If the caller says the code word, he is forwarded to the call-taker. The call-taker asks the user for information which is necessary and/or useful for the alarmed emergency forces by means of a prefabricated query scheme. This information is then transmitted to the dispatcher during the call so that the dispatcher can alert the necessary emergency forces as quickly as possible. As already mentioned before, the emergency forces might have already been alerted by the dispatcher during the beginning of the conversation. During the alarm, the user is automatically alerted by the call-taker by telephone

in the hazardous situation. At the same time as the emergency forces are alerted, both security personnel and SiMo users who have agreed to help in an emergency situation are automatically alerted by the control centre as well. This works in a similar way as the first responder system of the emergency services. In addition, it would be a good idea to include safe-havens in the application, which are, so to speak, safe premises for people in need of assistance. Once the emergency forces have arrived at the scene, they provide feedback on the situation on site. With the arrival of the emergency forces, the support offered by the call-taker ends, since this task is now taken over by the emergency forces. The alarmed emergency forces now intervene in the emergency situation and provide help to the user.

In the previous text, a possible procedure from the operator's point of view was presented. Based on the available results and surveys, different system designs for scenarios could be designed. The design for an application was developed using a storyboard. Drafts were created for the following scenarios:

- Way home
- Wait (at the stop)
- Use of public transport

The first application case is now discussed as an example. It is assumed that a young woman is on her way home alone in the evening (number 1). However, she is in an area that she is not familiar with, and she does not know how best to make her way home. For this reason, she uses her smartphone to open the SiMo-App which shows her the safest way home (number 2). Since she is using the application for the first time, she is asked to define her emergency contacts (family, friends) (numbers 3, 4). They are notified when she leaves the planned route and does not acknowledge the corresponding warnings after leaving (number 9). It can also determine in advance which of the emergency contacts should be alerted (numbers 5, 6). Now she can choose between the safest, the fastest or the shortest route (number 7) to navigate home (number 10). A variant to the described situation is also the telephone connection with an artificial intelligence (bot), with which she can have a conversation and use certain code words to be connected to the emergency control centre. There she can report her request for help.

The following pictures show the described situation as storyboard:

Figure 1. Storyboard: way home

4. DISCUSSION

The designed systems for the existing systems and the possible alternative measures (control of intelligent streetlamps, integration of safe havens or other application users) show that the subjective safety for the users can be increased from a technical point of view. Finally, a survey was conducted to evaluate the storyboards. For this purpose, empirical values were generated using a mix of online methods and road surveys. It turned out that 93% of the respondents would be willing to make their location data available for such an application, access to the microphone 83%. 57% of the women would like to be connected with familiar persons, whereas 65% of the men prefer to be directly connected with the police. Fewer respondents were able to identify themselves with the public transport scenario, 56% of them saw problems in its application. In the waiting scenario, 68% of respondents said that they would feel safer with an SOS button, with 75% preferring the emergency telephone at the stop to the app. It was found that women would use the home service more often and rate its effectiveness as medium to high. It should also be emphasized, however, that emergency call pillars are more effective than mobile phone applications due to their physically anchored location.

5. CONCLUSION

Throughout the project, it became apparent that a central point for reducing anxiety is the elimination of anxiety dreams. However, as this is not possible across the board, such an app would be a good complementary measure to increase the overall sense of safety. The results of the storyboards were also evaluated by experts and assessed in regards to their strengths and weaknesses. In particular, the selection criterion "safest route" in route planning was highlighted. However, it was recommended to use as simple user interfaces as possible in order to enable intuitive operation. In addition, a provision of the application in different languages is desirable in order to make it easier for people with other mother tongues to use it. With regard to the averaging of the given route to other persons, however, it should not be neglected that possible misuse (monitoring of a family member) of this function must also be excluded. Finally, however, the question of the financing of such a service also arises, whereby various possibilities can be considered. One possibility of funding the service would be through public financing or by charging the users with a monthly lump sum. This could, however, result in the exclusion of those target groups that would benefit most from the service. Therefore, a cost-effective and efficient solution is advantageous for the end user.

6. REFERENCES

Ablinger A., (2013). Subjektives Sicherheitsempfinden von Fahrgästen-Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitswahrnehmung in Verkehrsstationen des Öffentlichen Personennachverkehrs, 41f

Block, Richard /Davis, Sean (1996). The Environs of Rapid Transit Stations: A Focus for Street Crime or Just Another Risky Place? Preventing Mass Transit Crime: Criminal Justice Press.

Bundesministerium für Verfassung, Reformen, Deregulierung und Justiz:

https://www.justiz.gv.at/web2013/html/default/2c94848525f84a630132fdbd2cc85c91.de.html.

Bundesministerium für Inneres (2012). Bericht des BM für Inneres über die innere Sicherheit in Österreich: Sicherheitsbericht, 150

FH St. Pölten, et.al. (2016). Projektbeschreibung für das Förderungsansuchen des Programms Mobilität der Zukunft. Möglichkeiten zur Attraktivitätssteigerung nachhaltiger Mobilitätsformen durch Verbesserung der Sicherheit, 16f

Hambug Consult (2000). Subjektives Sicherheitsempfinden der Hochbahn-Fahrgäste, Schlussbericht.

Luhmann N. (1991). Soziale Systeme. Grundriss einer allgemeinen Theorie, 418.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

FREIGHT SIGNAL PRIORITY OPERATIONS IN CONNECTED VEHICLE ENVIRONMENT

Zorica Cvijovic[a], Milan Zlatkovic[a]

[a] *University of Wyoming, 1000 E University Ave, Laramie, WY 82070, USA, zcvijovi@uwyo.edu, mzlatkov@uwyo.edu*

Abstract: *Connected vehicle (CV) technologies offer significant possibilities for traffic safety and operational improvements. The large and accurate data which can be shared among vehicles, or vehicles and the infrastructure, enact possibilities to ameliorate existing traffic operations or create new ones. The limited number of field tests have proven that CV can be used for different adaptive traffic control programs. However, there are still many applications which require more research. This study develops and tests CV-based Freight Signal Priority (FSP) algorithm for commercial vehicles. The algorithms are using the latitude/longitude (lat/lon) coordinates of CV-equipped vehicles and intersections to establish communication, share information and request priority. The tests were performed in VISSIM microsimulation with ASC/3 Software-in-the-Loop (SIL) controller emulator. The test-case for this study is a signalized intersection adjacent to an I-80 interchange in Laramie, Wyoming. A total of six scenarios with the same traffic volume but with different percentage of CV-equipped freight vehicles were developed and compared. The study shows that CV-based FSP can reduce delays by up to 48% for specified vehicles. This algorithm is the first step in further research and development of adaptive signal priority programs.*

Key words: *Connected Vehicles, Freight Signal Priority, VISSIM, ASC/3*

1. INTRODUCTION

Connected vehicles (CV) are an emerging technology aimed at improving safety and operations of transportation systems. CVs exchange information with each other (V2V) and with the roadside infrastructure (V2I) in real-time using wireless-based communication technologies (ITSJPO, 2018). The open-source protocol for wireless communication in CV applications is known as the dedicated short-range communication (DSRC) and is set by the Federal Communications Commission (FCC) for Intelligent Transportation Systems (ITS) (Narla and Stowell, 2019). DSRC was selected for this application since it can ensure a more reliable connection than other types of communication. CV equipment constantly transmits vehicle position, direction, and speed, as well as the status of various vehicle systems (ITSJPO, 2018; Leonard, 2017; Yang, 2017).

One of the main parts of the economy of any country is the tracking industry. In 2012, 9.4 million tons of freight in the United States were transported by trucks. An even further expansion of freight transport and the number of trucks is expected on American's roads in the next ten years (American Trucking Association, 2017). Due to significantly different physical characteristics than passenger cars, trucks require more space and time for maneuvering. In order to avoid stopping at an intersection, especially on the routes with a high percentage of trucks, strategies such as Freight Signal Priority (FSP) are implemented to improve truck traffic operations. This priority allows extra time for trucks to clear the intersection without stopping, or an earlier return to the green phase if the truck is stopped. This improves their travel time reliability and enhances safety. Having trucks at the front of the queue is an undesirable scenario, since the start-up lost time for all vehicles is greater, and the vehicles behind have limited visibility of the traffic control devices. In order for FSP strategies to accomplish their goals, roadside infrastructure (traffic signals) have to receive accurate information about the arrival of the freight vehicle. After the vehicle is detected, the system extends or provides earlier green time. These systems could use historical or real-time data. Real-time data are collected by loop detectors, video-based systems or radar-based systems. The benefits of FSP include, but are not limited to: reduced truck stops and delays, a reduction in truck red-light running, safer phase termination for trucks, higher capacity due to the reduced start-up lost time and similar (Urbanik et al., 2015). FSP can improve mobility in the range between 15 and 25 percent, and reduce energy consumption 5 to 10 percent (National Center for Sustainable Transportation, 2016). A simulation study of a signalized intersection in Portland, OR that experiences high truck traffic evaluated the impacts of FSP on traffic performance, which included eleven seconds of green time extension (Mahmud, 2014).

Results showed that the given FSP increased freight service reliability, reduced red-light running, and improved safety and smoother operations. Overall truck travel and stop delay reduced 13 and 20 percent, respectively, with minimum to no impact on other vehicles. The number of truck stops reduced 9 to 16 percent at the major truck moving direction. A study Traffic Light Signal Control System with Truck Priority (Zhao and Ioannou, 2016) analyzed a co-simulation optimization control approach that determines the optimal signal timing with FSP. The control program was tested on a road network simulator adjacent to the twin ports of Long Beach / Los Angeles. The tests were performed with 3 and 20 percent of trucks in the traffic flow. The results showed that the FSP system can reduce truck delay 28 to 45 percent, with significant reductions in emissions, when the truck traffic is 3 percent. The savings were more significant for the 20 percent truck traffic. Another study (Kari et al., 2014) developed and tested an algorithm for eco-friendly FSP with the goal of reducing energy consumptions and emissions. The proposed algorithm was implemented and evaluated on an isolated intersection in microsimulation. The results indicated that the algorithm can improve system-wide fuel economy by 5 to 10 percent, and reduce freight vehicle travel time by up to 26 percent. Based on the simulation results, the eco-FSP algorithm provided fuel and time savings to both freight and non-freight vehicles.

Inaccurate data about the position, speed and arrival time of incoming vehicles are a limitation for FSP performance. The development of new technologies such as CVs is an opportunity for an upgrade of the existing FSP and introducing a performance-based evaluation. The accurate data provided by CV technologies ensures that precise information about the arrival of the priority is being sent to the signal controller. Based on the trajectory of the approaching vehicle, the controller can be programmed to implement the optimal FSP strategy.

The goal of this paper is to develop and test a CV communication protocol for FSP applications and asses the effectiveness of FSP strategies in a case of heavy truck percentages. The communication is based on vehicle's latitude/longitude (lat/lon) coordinates, which are being transmitted in each time step. The request for FSP is being sent to the controller when the distance between the vehicle and the traffic signal drops below 1,000 ft (305 m). This approach ensures an accurate data exchange among the CV-equipped vehicles and roadside infrastructure. The traffic signal control programs were developed and tested in Econolite ASC/3 Software-in-the-Loop (SIL) signal control simulation implemented in VISSIM microsimulation software. This algorithm is tested in simulation, but is also convenient for field implementation, since lat/lon coordinates of the vehicles are contained in the CV's Basic Safety Messages (BSM).

2. METHODOLOGY

The test-case for this study is a signalized intersection between McCue St. and Curtis Street, shown in Figure 1. This intersection is adjacent to an I-80 interchnage and is heavily used by trucks due to the vicinity of gas and service stations. The testing and analysis were performed for the PM peak hour (4:00 – 5:00 PM), with traffic volumes of 313 and 466 vehicles on westbound (WB) and eastbound (EB) approaches, respectively. The vehicle composition consists of 54% passenger cars and 46% freight vehicles.

Figure 1. Test-Case Intersection

The Wyoming Department of Transportation (WYDOT) provided traffic and signal timing data included in a Synchro model. I-80 traffic data and vehicle compositions were obtained from WYDOT's Average Annual Daily Traffic (AADT) records. The available data for this intersection represent conditions for a typicail workday from September 2018, and were used to create a simulation model for the study.

The development, testing, and assessment of the FSP algorithm and communication protocols were performed in VISSIM microsimulation software, coupled with Econolite ASC/3 Software-in-the-Loop (SIL) controller software. CV technologies, such as communication, BSM and Road Side Unit (RSU) operations were replicated using Python programing language, with attributes from the Component Object Model (COM) functionality of VISSIM. The signal control operation, priority and controller logic were programmed directly in ASC/3 controllers. One of the limitations of CV technologies in the early stages of deployment is the market penetration rate (MPR) of CV-equipped vehicles. Their number will gradually increase, but a 100% MPR will not be achieved immediately. The success of CV technologies directly depends on the MPR, therefore this study also aims to determine the minimum benchmark of CV-equipped vehicles for a successful FSP deployment.

Six scenarios were developed, tested and compared:

- A base model without FSP, with the existing traffic volumes, traffic composition, and traffic operations.
- An FSP model with 10% CV-equipped trucks and fleet vehicles in the traffic composition, with the existing traffic volumes and signal operations. FSP consists of 15 seconds of green extension time for prioritized movements (EB and WB), and five to ten seconds of early green, depending on the preceding signal phase.
- An FSP model with 25% CV-equipped trucks and fleet vehicles, with the existing traffic volumes, signal operations and FSP implementation as in the previous model.
- An FSP model with 50% of CV trucks and fleet vehicles.
- An FSP model with 75% of CV trucks and fleet vehicles.
- An FSP model with 100% of CV trucks and fleet vehicles.

Ten simulation runs for the peak hour (4:00 – 5:00 pm), with a 15-minute warm-up period, were performed for each scenario. The outputs were averaged from ten randomly-seeded simulation runs for each scenario, with the same sequence of random seeds among scenarios.

The main BSM information used for communication with traffic signals through RSU was the vehicles' lat/lon coordinates. RSU contained the lat/lon coordinates of the center of the intersection, which was used as a reference point. As a vehicle was approaching the intersection, it would send its lat/lon coordinates, and the RSU would compute the current distance in every time step. The distance was computed using the Haversine formula as follows (IGIS map, 2019):

$$a = sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + cos(lat_{veh}) \cdot cos(lat_{int}) \cdot sin^2\left(\frac{\Delta lon}{2}\right) \quad (1)$$

$$c = 2 \cdot atan2 \cdot \left(\sqrt{a}, \sqrt{(1-a)}\right) \quad (2)$$

$$d = R \cdot c \quad (3)$$

Where:

lat_{veh}, lat_{int} – latitude values of the vehicle and the center of the intersection, respectively

Δlat – lat_{veh} – lat_{int} (difference of latitudes)

Δlon = lon_{veh} – lon_{int} (difference of longitudes)

R – Earth radius (20,902,231 ft ≈ 6,371,000 m)

d – the distance between the vehicle and the center of the intersection (ft), updated every time step

The lat/lon coordinates in VISSIM were computed through user-defined attributes which converted the current VISSIM into the world coordinates. In each time step, the intersection had the information about the position of the approaching vehicles. Although this procedure was developed in simulation, it can easily be implemented in the field, since lat/lon coordinates are contained in the BSM, while the RSU has lat/lon information for the intersection.

FSP is based on the extension of the green time (GE) for the main approach, or on the early green (EG) – a truncation of the red time for conflicting approaches. The communication range between the vehicles and controllers was set to 1,000 ft (305 m), while the green extension times were set to 15 seconds maximum. With the free-flow speed of close to 45 mph (72 km/h), for 15 seconds, the vehicle can travel distance of close to 1,000 ft (305 m), which would ensure an effective GE strategy. Each CV-equipped vehicle sends a request for priority to the traffic controller when it enters the 1,000 ft detection zone. In this study, FSP was provided only to trucks along the main movement (WB and EB through), although the controller was able to identify those vehicles on all approaches (Figure 2). The vehicles on WB/EB through phases were filtered out based on the heading/route information from the BSM. The FSP request and strategies were programmed through a combination of RSU operations, and built-in controller logic and FSP features. When the RSU detected a request, it would activate the internal controller logic and enable GE/EG FSP strategies. GE was set to 15 seconds maximum, while the maximum green time reductions for EG were set as 5 seconds for left turns along the main street, and 10 seconds for through movements from the side street. In this case, the FSP was unconditional, meaning that all CVs would send a request and receive priority.

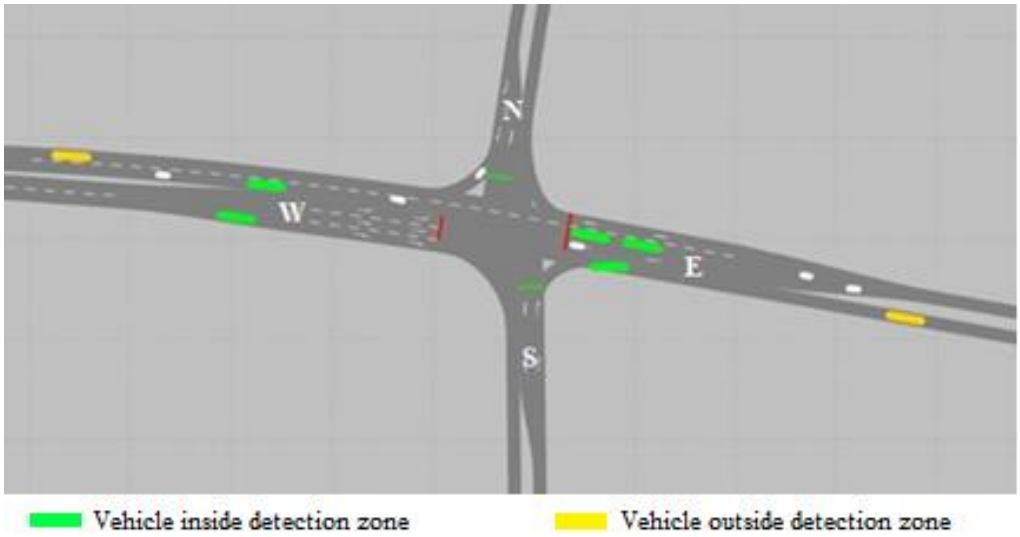


Figure 2. Intersection with the detection range from VISSIM

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The final analysis contains outputs from 10 simulation runs which were averaged for each model. Collected data from the simulations are green time distribution for all phases (for approaches with FSP and without FSP alike), and intersection performance evaluation consisted of delays and stops for all vehicles and per classes for all approaches (phases). Where applicable, a two-tailed paired t-test with a 95% confidence level was used to check statistically significant differences in results.

Table 1 shows the results of the statistical analyses for the green time distribution. The differences in the green time durations are presented for all phases, however the differences are not significant for all cases. EB and WB movements (phases 2 and 6 with FSP), with the percentage of CV trucks of 25% and greater, have very small P-values (less than 0.05), thereby the difference in the green time duration between the base scenario and all scenarios with FSP are significant. Northbound (NB) and southbound (SB) approaches display longer green times for scenarios that include FSP and 25% or CV trucks MPR.

Table 1. Green time distribution per phases

Phases (mov.)	Statistical procedure	FSP implementation / MPR for CV trucks					
		Base	**FSP / CV 10%**	**FSP/ CV 25%**	**FSP/ CV 50%**	**FSP/ CV 75%**	**FSP/ CV 100%**
1 (WBL)	Avg. Green Time (s)	88.123	100.903	101.644	96.999	99.897	112.693
	SD	178.202	215.993	187.864	187.709	208.849	225.966
	P-value	0.365		0.305	0.497	0.398	0.098
2 (EBT, EBR)	Avg. Green Time (s)	18.761	19.491	20.008	20.625	20.845	20.739
	SD	15.205	15.963	16.958	17.548	18.182	18.163
	P-value	0.151		0.018	0.001	0.000	0.000
4 (SBT, SBL)	Avg. Green Time (s)	19.315	20.310	20.927	21.711	21.918	21.749
	SD	20.735	21.959	23.215	23.769	24.704	24.325
	P-value	0.160		0.028	0.001	0.001	0.001
5 (EBL)	Avg. Green Time (s)	227.020	287.227	250.000	282.172	299.538	382.698
	SD	461.117	600.661	547.322	522.786	551.069	728.859
	P-value	0.351		0.696	0.370	0.265	0.046
6 (WBT, WBR)	Avg. Green Time (s)	18.947	19.940	20.292	21.131	21.383	21.239
	SD	16.162	17.455	18.123	19.139	20.331	19.671
	P-value	0.072		0.018	0.000	0.000	0.000
8 (NBT, NBL)	Avg. Green Time (s)	19.315	20.310	20.927	21.711	21.918	21.749
	SD	20.735	21.959	23.215	23.769	24.704	24.325
	P-value	0.160		0.028	0.001	0.001	0.001

EB – Eastbound; WB – Westbound; NB – Northbound; SB – Southbound

T – Through; L – Left; R - Right

The intersection performance evaluation measures delays, stop delays and stops for all vehicles, and each vehicle class separately (Table 2). The same statistical procedure is applied for intersection performance evaluation in order to determine the significance in parameters' changes. The right turn movement is not considered as reliable due to the right-turn-on-red option.

For signal phase 1 (WBL), delays and stops in all vehicle categories are highest for the base scenario and for the scenario with FSP with 10% CV trucks. For this movement, CV and FSP have a significant impact on the reduction of delays for all vehicles and for CV trucks when the MPR is 100% (P-value less than 0.05). Phase 2 (EBT movement with GE/EG strategies) records a significant delay reduction in all CV scenarios for all vehicle types. The most significant reduction in delays occurs for CV rates from 25 % to 50%. Increasing CV rates from 50% to 100% does not lead to higher delay reductions for trucks. A reduction in truck delays is notable for MPR as low as 10%. The stop delay for all vehicles significantly reduces when MPR is 10% and 25%. The change in the percentage of CV-equipped trucks from 50% to 75% has a significant impact on the reduction of stop delays. The market penetration rate of 50% is the borderline of a significant drop in the number of stops for all vehicles. P-value shows a significant change between 25% and 50%. The number of stops for CV-equipped trucks shows a significant reduction for MPR as low as 10%. The reduction in delays for CV-equipped trucks varies from 35% to 48%, depending on the MPR, while for passenger cars this reduction varies between 14% and 21%. Phase 4 (SBT/SBL) is a conflicting movement with the FSP phases, therefore there are notable negative impacts of the FSP. The delays for all vehicles are increased significantly with the increasing number of CV trucks on the priority approaches. Only the 25% CV trucks scenario does not have a significant impact on the SBT/SBL delays. Similar results are observed for stop delays for all vehicles, however only the 100% MPR has statistically significant impacts. Phase 5 (EBL) does not have significant changes in operational performances, except for stop delays and the number of stops of CV-equipped trucks. The stop delays are reduced significantly for MPR of 25%, 75%, and 100%, while stops reduce significantly for MPR of 10% and 25%. Phase 6 (WBT) has a significant reduction in delays for all vehicles if the MPR of CV trucks is 50% or more. According to the P-value, the threshold for delay reduction is MPR between 25% and 50%. The reduction in stop delays for all vehicles is more significant for lower MPR (10% and 25%), while for the CV trucks, this value has to be at least 75% in order to make a statistically significant difference. The stops for all vehicles are not affected by the FSP

strategies and the percentage of CV trucks, while the CV truck stops reduce significantly for MPR of 50% or greater. The reduction in delays for CV-equipped trucks varies from 35% to 39%, depending on the MPR, while for passenger cars the reduction range is from 5% to 7%. Phase 8 (NBT/NBL) experiences negative impacts of the FSP strategies implemented on the main approaches, especially for higher percentages of the CV-equipped trucks in the traffic flow. The left turn (NBL) records a significant increase in delays for all vehicles if the MPR is 25% or more, while for stop delays this increase is significant for MPR as low as 10%. The through movement (NBT) experiences an increase in stop delays for passenger cars and CV trucks if the penetration rate is 100%.

Table 2. Intersection performance measures

Phases (mov.)	Performance Measure	Base	FSP / CV 10%	FSP/ CV 25%	FSP/ CV 50%	FSP/ CV 75%	FSP/ CV 100%
1 (WBL)	Delay all (s)	5.47	5.37	5.09	4.86	4.70	4.65
	Delay CV trucks (s)	6.84	9.33	7.89	6.51	5.70	5.19
	Stop delay all (s)	1.09	1.44	1.24	1.06	0.88	0.95
	Stop delay CV trucks (s)	1.27	1.74	1.58	1.17	0.75	0.84
	Stops all	0.25	0.27	0.24	0.20	0.20	0.20
	Stops CV trucks	0.26	0.42	0.24	0.18	0.13	0.16
2 (EBT, EBR)	Delay all (s)	5.45	5.37	5.17	4.32	4.24	4.00
	Delay CV trucks (s)	5.60	2.18	3.58	2.93	3.55	3.63
	Stop delay all (s)	0.84	1.13	1.01	0.73	0.85	0.73
	Stop delay CV trucks (s)	0.89	0.20	0.74	0.56	0.71	0.75
	Stops all	0.15	0.17	0.17	0.13	0.12	0.12
	Stops CV trucks	0.16	0.05	0.12	0.08	0.10	0.11
4 (SBT, SBL)	Delay all (s)	16.77	19.10	19.97	19.07	21.68	22.04
	Delay CV trucks (s)	17.10	18.25	19.42	17.91	21.07	23.32
	Stop delay all (s)	8.48	10.95	12.08	11.26	13.51	13.45
	Stop delay CV trucks (s)	8.96	9.18	9.77	9.49	12.18	14.00
	Stops all	0.60	0.67	0.62	0.58	0.62	0.64
	Stops CV trucks	0.59	0.75	0.30	0.62	0.61	0.70
5 (EBL)	Delay all (s)	5.13	5.36	4.70	5.21	5.26	4.52
	Delay CV trucks (s)	5.74	5.23	4.16	6.10	5.09	3.73
	Stop delay all (s)	0.99	1.50	1.20	1.27	1.15	0.80
	Stop delay CV trucks (s)	0.89	0.00	0.00	0.69	0.34	0.11
	Stops all	0.25	0.27	0.22	0.28	0.26	0.25
	Stops CV trucks	0.17	0.00	0.03	0.20	0.06	0.08
6 (WBT, WBR)	Delay all (s)	4.35	4.58	4.44	3.75	3.61	3.43
	Delay CV trucks (s)	3.16	3.06	3.28	2.94	3.23	3.26
	Stop delay all (s)	0.60	0.84	0.90	0.72	0.72	0.63
	Stop delay CV trucks (s)	0.68	0.64	0.91	0.68	0.61	0.51
	Stops all	0.12	0.14	0.14	0.12	0.12	0.11
	Stops CV trucks	0.14	0.09	0.09	0.08	0.10	0.09
8 (NBT, NBL)	Delay all (s)	15.75	17.56	16.55	18.45	18.63	21.41
	Delay CV trucks (s)	15.50	20.44	20.16	19.99	20.34	22.64
	Stop delay all (s)	7.95	9.48	8.86	10.56	10.78	13.22
	Stop delay CV trucks (s)	7.16	10.42	10.15	11.26	11.65	13.70
	Stops all	0.52	0.62	0.54	0.60	0.60	0.67
	Stops CV trucks	0.49	0.66	0.61	0.62	0.64	0.65

4. CONCLUSIONS

The main goal of this paper was to develop, test and asses the effectiveness of FSP based on the CV technologies, as well as the impact of the market penetration rate of CV-equipped trucks. The control programs were developed and tested in Econolite ASC/3 SIL signal control simulation implemented in VISSIM microsimulation. CV protocols, communication, BSM information, and RSU operations were implemented through Python programming language. The study first showed that vehicles' lat/lon coordinates can be successfully used to communicate their position in each time step, and select a traffic control program based on this information. Although the tests were performed in simulation, this concept can easily be implemented in the field, since the same information exists in the BSM of CV-equipped vehicles. This algorithm can be used for other traffic operation purposes, which will be explored in future studies.

The analysis shows that CV-based FSP can significantly reduce truck delays and stops through green extension or earlier green time on the approaches where it is implemented. The quality of the improvement directly depends on the percentage of vehicles equipped with CV technologies. In order to get a significant reduction in delays, MPR of CV-equipped trucks has to be 50% or more. Delays for the CV-equipped trucks can be reduced from 35% to 48% on the movements with FSP. On the other hand, the FSP implementation on the main movements has a considerable negative impact on the side-street traffic, where the delays for minor approaches are greater than in the model without FSP. These delays increase more with the higher percentage of CV-equipped trucks. This study is the first step of a comprehensive CV-based FSP study. The methodology implemented in simulation in this study is also transferable to field conditions since it uses field-based communication and priority strategies. Further studies will be focused on the alleviation of the negative impacts on the side-street traffic and on the development and testing of other applications which can be ameliorated with extensive data provided by CV-equipped vehicles.

ACKNOWLEDGEMENTS

The work presented in this paper is sponsored by the Wyoming Department of Transportation (contract number RS03219), and supported by the Mountain Plains Consortium (MPC).

Copyright © 2018. All rights reserved, the State of Wyoming, Wyoming Department of Transportation, and the University of Wyoming.

5. REFERENCES

American-Trucking Associations (ATA), 2017. U.S. Freight Transportation Forecast to 2027. www.trucking.org/article/Latest-U.S.-Freight-Transportation-Forecast-Shows-Continued-Growth-for-Trucking. Accessed July 24, 2019.

GIS Map: Haversine Formula. www.igismap.com/haversine-formula-calculate-geographic-distance-earth/ (Assessed May 23, 2019)

Intelligent Transportation Systems Joint Program Office (ITSJPO, 2018). Connected Vehicles. Available from: https://www.its.dot.gov/cv_basics (Accessed Sep 21, 2018)

Kari, D., Wu, G. and Barth, M. J. (2014). Eco-Friendly Freight Signal Priority Using Connected Vehicle Technology: A Multi-Agent Systems Approach. 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), pp. 1187-1192. DOI: 10.1109/IVS.2014.6856511

Leonard, B. D. (2017). Installing DSRC Systems for Vehicle to Infrastructure Applications. Western States Rural Transportation Technology Implementers Forum, Yreka, California.

Mahmud, M. (2014). Evaluation of Truck Signal Priority at N Columbia Blvd and Martin Luther King Jr. Blvd Intersection. Master's Thesis, Portland State University

Narla, S. R. K., and Stowell, H. G. (2019). Convergence of the Automotive, Telecommunications, Software, and Transportation Industries, and the Transportation Professional's Role. ITE Journal, March 2019, pp. 28-33.

National Center for Sustainable Transportation (2016). Increasing the Efficiency and Economic Competitiveness of the Nation's Freight System. Capitol Hill Briefing. Available from: https://ncst.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2015/11/01-15-2016-01-13-2016-NCST-Freight-Briefing-Master_FINAL-Jan-11_KL.pdf (Accessed Sep 18, 2018).

Urbanik, T. et al. NCHRP Report 812: Signal Timing Manual, 2nd Edition. Transportation Research Board and U.S. Department of Transportation, 2015

Yang, X. (2017) Traffic Operations with Connected and Automated Vehicles. AAAI-17 AI-CAV Workshop, San Francisco, California

Zhao, Y. and Ioannou, P. (2016). A Traffic Light Signal Control System with Truck Priority. International Federation of Automatic Control (IFAC), Vol. 49-3, pp. 377-382. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.07.063

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

PHASES OF IMPLEMENTATION RFID TECHNOLOGY IN LOGISTIC SYSTEMS

FAZE IMPLEMENTACIJE RFID TEHNOLOGIJA U LOGISTIČKIM SISTEMIMA

Žarko Jovanović[a], Dejan Danilović[b]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, jovanoviczarko@live.com*

[b] *UNDP, Bosnia and Herzegovina, danilovic.dejan@gmail.com*

Abstract: *The implementation of Radio Frequency Identification (RFID) is a big step forward in the functioning of logistics systems and allows much better control of the flow of goods and information through the complete product lifecycle from manufacturer to end user. The implementation of information systems supported by RFID systems is carried out through several interconnected phases that cover all aspects of integration, from the development of initial ideas, design, implementation, up to the maintenance and further development of the implemented solution in accordance with customer needs.*

Through the research and analysis of these phases, we try to define all the challenges that designers and potential users face when implementing this type of information systems in logistics systems.

This paper provides a methodological overview of all critical factors for implementing RFID in logistics systems that, as a result, enable future users to understand the benefits of such information systems and how much information systems will improve the business processes compared to existing traditional business processes systems.

Key words: *RFID, logistics, information systems, development levels, risks*

Apstrakt: *Implementacija radiofrekvente identifikacije (RFID) predstavlja veliki iskorak u funkcionisanju logističkih sistema i omogućuje mnogo bolju kontrolu protoka roba i informacija kroz kompletan „životni" ciklus proizvoda od proizvođača do krajnjeg korisnika. Procesi implementacije informacionih sistema podpomognutih RFID sistemima provode se kroz nekoliko međusobno povezanih faza koje obuhvataju sve aspekte integracije, od razrade početnih ideja, projektovanja, implementacije, pa sve do održavanja i daljnjeg razvoja implementiranog rješenja u skladu sa potrebama korisnika.*

Kroz istraživanje i analizu ovih faza pokušavaju se definisati svi izazovi sa kojim se susreću projektanti ali i potencijalni korisnici prilikom implementacije ovog tipa informacionih sistema u logističkim sistemima.

U ovom radu dat je metodološki osvrt na sve kritične faktore implementacije RFID u logističkim sistemima koje kao rezultat daju mogućnost budućim korisnicima da razumiju kakve prednosti pružaju ovakavi informacioni sistemi i koliko će ovakavi informacioni sistemi da unaprijede poslovanje u odnosu na postojeće klasične sisteme poslovanja.

Ključne riječi: *RFID, logistika, informacioni sistemi, faze razvoja, rizici*

1. UVOD

RFID (eng. Radio Frequency IDentification) ili identifikacija putem radio frekvencije je tehnologija koja koristi radio talase za automatsku identifikaciju objekata. To je sistem daljinskog slanja i prijema podataka pomoću RFID tagova ili odašiljača, i RFID čitača, odnosno terminala za dekodiranje, validiranje i slanje informacija računarskom sistemu. RFID tag je nosilac podataka za identifikaciju objekta koji se sastoji od mikročipa postavljenog na malu antenu koja može biti zasebna ili integrisana sa RFID naljepnicom. RFID naljepnica se lijepi na željeni objekat (proizvod, transportno pakovanje, paleta, kontejner i sl.) čime se

omogućava praćenje kretanja objekta tokom proizvodnih i logističkih operacija. Sistemi za RFID identifikaciju sastoje se od sljedećih komponenti:

- RFID tag (transponder),
- RFID čitač,
- sistem za prikupljanje, distribuciju i upravljanje podacima.

Princip rada RFID sistema je sledeći: čitač i transponder podešeni su na istu frekvenciju. Čitači se nalaze na svim ključnim lokacijama (ukrcaj kontejnera na brod, na kraju proizvodne linije i sl.) u poslovnom procesu. Čitač šalje elektromagnetske ili elektrostatičke signale na antenu određene frekvencije u tačno definisanom periodu (50 ms). Generisane signale prihvata antena u tagu. Kada se završi sa prijemom signala od čitača, tag istog trenutka šalje podatke (u najjednostavnijem slučaju 128 bita i bitovi o detekciji greške). Ovi podaci se primaju na anteni čitača i dekodiraju se. Podaci sa čitača direktno se unose u računar za daljnu obradu podataka. (Йованович, 2016)

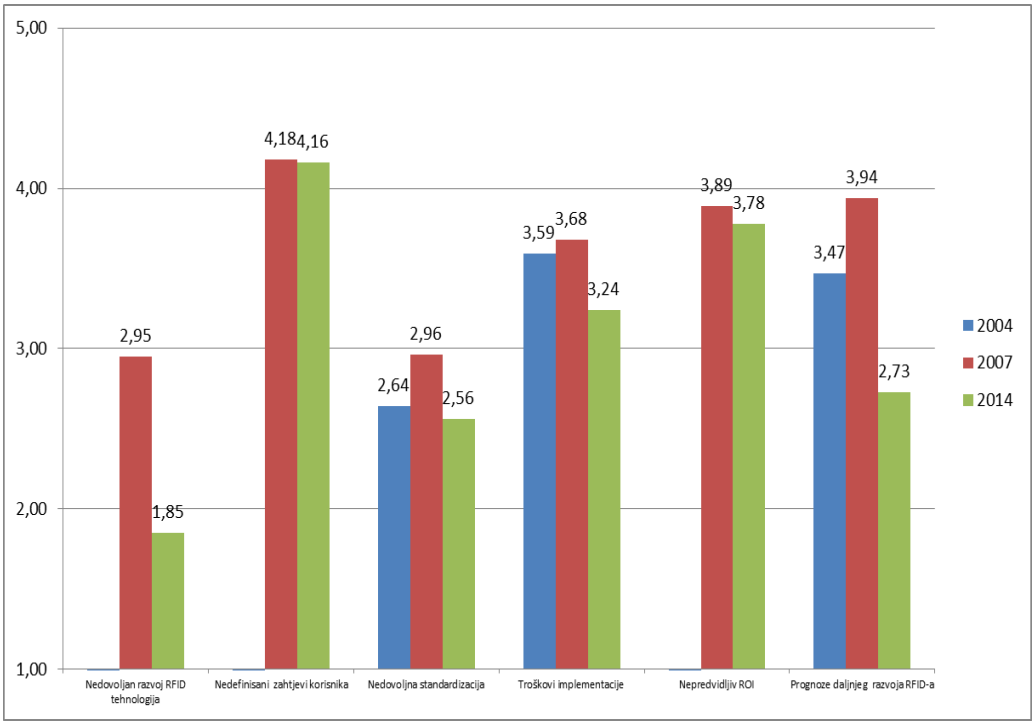
Za prenos podataka između čitača i taga koristi se FSK (Frequency Shift Keying) modulacija iz razloga što je otporna na šum dok je s druge strane cijena implementacije prihvatljiva. Na ličnom računaru ili mreži računara odgovarajuća je programska podrška koja izvršava osnove funkcije kao što su prikupljanje, skladištenje i obrada informacija, kao i komunikaciju s ostalim aplikacijama. Pored toga, programska podrška generiše odgovarajuće izvještaje, obavještenja, ispravlja greške, eliminiše dvostruke kodove od strane čitača i dr. Svi se podaci definišu na računaru. Primjena ove tehnologije u logističkim sistemima je u ekspanziji i očekuje se da će ova tehnologija u budućnosti držati primat u odnosu na ostala logistička rješenja.

2. PRAVCI RAZVOJA RFID TEHNOLOGIJA U LOGISTICI

Iako je RFID tehnologija prepoznata kao revolucionarna tehnologija za razvoj skladišne logistike i razvoj segmenta upravljanja lancima snabdijevanja tj. kao rješenje koje će donijeti ogromna unapređenje u sisteme upravljanja lancima snadbjevanja, njena implementacija je u početku išla vrlo sporo. Kod potencijalnih korisnika postojao je interes za ovom tehnologijom, ali bez konkretnih koraka vezanih za izradu novih funkcionalnih rješenja potpomognutih RFID tehnologijom.

Da bi se utvrdio razlog, sprovedeno je niz istraživanja o razlozima koji utiču na potencijalne korisnike da se odluče za prelazak na RFID sisteme upravljanja lancima snadbijevanja. (Lee i dr., 2008; Osyk i dr., 2012).

Na slici 1. prikazani su rezultati istraživanja o razlozima koji su kod potencijalnih korisnika prikazani kao otežavajući faktori u donošenju odluka da li ići u procese implemetacije RFID tehnologija ili ostati na trenutnim sistemima.



Slika 1. Razlozi neimplemetacije RFID tehnologije (Lee i dr., 2008; Osyk i dr., 2012).

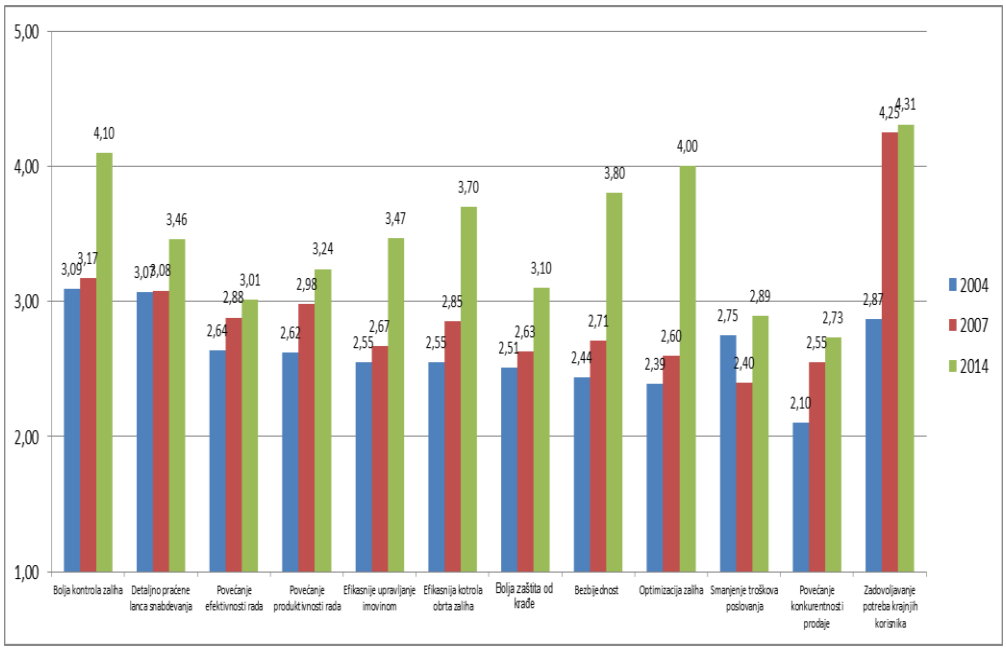
Rezultati istraživanja su predstavljeni na način da su na skali od 1 (najmanje bitno) do 5 (veoma bitno) prikazani najčešći razlozi koji kod potencijalnih korisnika izazivaju sumnju i nesigurnost po pitanju RFID tehnologije, te direktno utiču na donošenje odluke o prelasku sa klasičnih sistema upravljanja na sisteme potpomognute RFID tehnologijama.

Kao što vidimo, kod potencijalnih korisnika RFID tehnologija u logističkim sistemima glavne razloge nesigurnosti predstavljali su nedefinisani zahtjevi i potrebe korisnika kao i neizvjesnost oko daljnjih prognoza razvoja ove tehnologije.

Shodno ubrzanom razvoju ove tehnologije, pojeftinjenjem komponenti sistema, povećanju broja korisnika RFID sistema, razvojem konkretnih rješenja od strane velikih informatičkih kompanija, koje bi širokom spektru novih korisnika mogle da ponude adekvatnu uslugu, povećao se i interes za ovim sistemima i udio sistema potpomognutih RFID tehnologijom se svakodnevno povećava.

Takođe, ista grupa autora (Lee i dr., 2008; Osyk i dr., 2012) provela je istraživanje kod korisnika koji su već implementirali RFID tehnologiju u logističkim sistemima za upravljanje lancima snabdijevanja da bi provjerili koje su to prednosti nastale nakon prelaska na sisteme potpomognute RFID tehnologijama u odnosu na dosadašnje sisteme.

Na slici 2. prikazani su rezultati njihovih istraživanja iz kojih se vidi kako iz godine u godinu kroz evidentan napredak u razvoju sistema za upravljanje putem RFID tehnologija, dolazi do povećanja zadovoljstva korisnika.



Slika 2. Prednosti implementacije RFID tehnologije (Lee i dr., 2008; Osyk i dr., 2012).

Rezultati istraživanja su predstavljeni na način da su korisnici kod kojih je implementiran RFID sistem, na skali od 1 (najmanje bitno) do 5 (veoma bitno) ocijenjivali uticaj osnovnih unapređenja sistema RFID u odnosu na dosadašnje sisteme. Nakon implementacije, korisnici su primjetili da postoji ogroman napredak u kontroli i optimizaciji zaliha kao i da RFID sistemi za upravljanje u logistici mogu da u potpunosti prilagode i zadovolje gotovo sve potrebe krajnjih korisnika.

3. IMPLEMENTACIONI OKVIRI RFID TEHNOLOGIJA U LOGISTIČKIM SISTEMIMA

Iz gore prikazanih rezultata istraživanja, vidljivo je da potencijalni korisnici u početku nisu imali jasnu sliku koje su to prednosti primjene RFID telnologija u odnosu na postojeće i već u praksi standardizovane tehnologije, niti su imali dovoljno predznanja o svim mogućnostima koje pruža ova tehnologija.

Da bi se nova RFID rješenja ponudila potencijalnim korisnicama bilo je potrebno da se definišu okviri za implementaciju i izvrši standardizacija faza implemetacija kroz već definisane okvire. Okviri implementacije RFID sistema u logističkim sistemima se mogu podijeliti na:

- preliminarni okvir
- implementacioni okvir
- post implementacioni okvir
-

Tip okvira	Faze implementacije	Fazni podprocesi
Preliminarni okvir	Definisanje obima projekta	Razmatranje potencijala i ograničenja koja donosi RFID sistem
		Definisanje projektnih zadataka
	Analiza postojećih sistema	Sakupljanje potrebnih informacija
		Analiza prikupljenih informacija
Implementacioni okvir	Kreiranje sistemskog rješenja	Analiza dimenzija sistema
		Izbor softverskih i hardverskih rješenja
		Razvoj novih procesa
	Testiranje prototipskog modela	Otklanjanje neusaglašenosti
		Adaptacija i testiranje novog sistema
	Implementacija novog sistemskog rješenja	Instalacija i podešavanje novog sistemskog rješenja
		Obuke i treninzi novih korisnika
Post implementacioni okvir	Stalna unapređenja u skladu sa potrebama korisnika	Izrada tehničke dokumentacije i korisničkih upustava
		Monitoring rada sistema
		Sakupljanje povratnih informacija od korisnika
		Unapređenje rada sistema prema potrebama korisnika

Slika 3. Implementacijski okviri RFID sistema

3.1 Preliminarni okvir procesa implemetacije RFID tehnologije

Preliminarni okvir implementacije RFID tehnologije u logističkim sistemima započinje momentom rađanja ideje o prelasku sa postojećih sistema na sisteme potpomognute RFID tehnologijom. U preliminarnom okviru odvijaju se dvije faze:

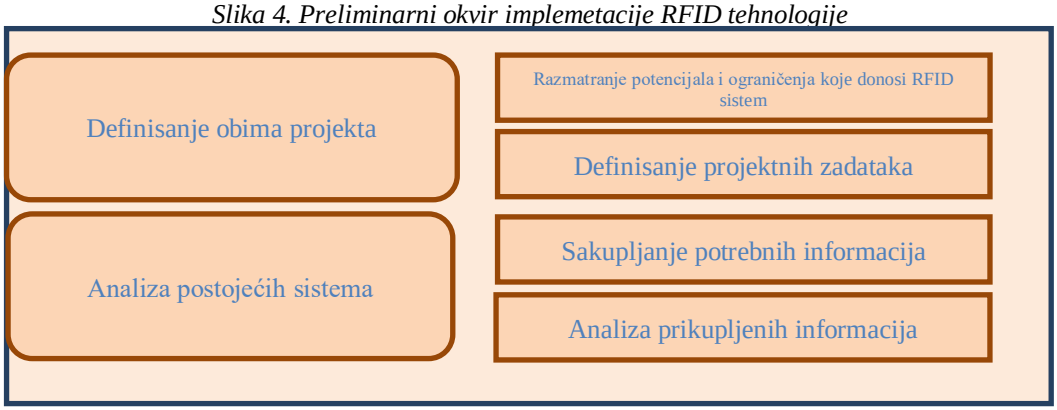
- Definisanje obima projekta
- Analiza postojećeg sistema

Preliminarni okvir je ključan za uspjeh integracije RFID sistema u logističke procese, jer se su ovom okviru prikupljaju sve ulazne informacije, definišu se potrebe krajnjih korisnika i načini realizacije projekta.

Faza definisanja obima projekta sastoji se od dva fazna podprocesa:

- Razmatranje potencijala i ograničenja koje donosi RFID sistem
- Definisanje projektnih zadataka

Slika 4. Preliminarni okvir implemetacije RFID tehnologije



U faznom podprocesu razmatranja potencijala i ograničenja koje donosi RFID sistem, zadatak je projektanta da potencijalnim korisnicima predstavi mogućnosti koje pruža RFID tehnologija kao i tehnološka ograničenja koja postoje kod pojedinih komponenti RFID tehnologije i da prije samih definisanja tehničkih zadataka sa potencijalnim korisnicima otkloni sve nedoumice i sumnje koje u tom momentu postoje.

Kroz fazni podproces definisanja projektnih zadataka, projektant zajedno sa korisnicima vrši detekciju područja u sadašnjim sistemima koji predstavljalju rizike za rad, predstavljaju prostor za napredak i unapređenja

biznis procesa. Zadatak korisnika je da za svoje potrebe utvrdi opseg rada i da ima jasnu sliku kakvo rješenje i kakva unapređenja na kraju želi da dobije (npr. transparentnost sistema, zaštita od krađe, smanjenje trajanja radnih procesa, smanjenje ljudskog uticaja na poslovanje i broja zaposlenih, bolja kontrola zaliha).

Faza analize postojećih sistema obuhvata analizu postojećeg sistema kao i njegove opreme (hardvera i softvera), mapiranje procesa, izradu i analizu *layout*-a magacinskih zona, analizu protoka robe kroz magacin, izračunavanje kapaciteta svake zone, analizu upravljanja zalihama, itd.

Faza analize postojećih sistema sastoji se od dva podprocesa i to:

- Sakupljanje potrebnih informacija
- Analiza prikupljenih informacija

U podprocesu sakupljanja potrebnih informacija, projektant koristi razne metode da izvrši prikupljanje što većeg broja informacija o postojećem stanju i procesu rada. Informacije prikuplja kroz razgovore sa ključnim radnicima, obilaskom i snimanjem stvarnog stanja na mjestu implementacije, prikuplja informacije o instaliranoj opremi koja se trenutno koristi, kretanju robe i informacija kroz postojeće sisteme, prikuplja raspoloživu tehničku dokumentaciju i sl. Projektant u ovoj fazi mora voditi računa da prikupi sve potrebne informacije vezane za implementaciju RFID sistema koje će u narednom podprocesu da analizira i koristi kao ulazne podatke za razvoj novog funkcionalnog rješenja prilagođenog individualnom korisniku.

U podprocesu analize sakupljenih informacija, na projektantu je da sistematično obradi sve prikupljene informacije, kreira dijagrame toka informacija i mapira procese rada. Ovaj podproces je kritična tačka i predstavlja najveći rizik u samom procesu implemetacije. Jer ako stvari ovde krenu pogrešnim tokom, sam razvoj programskog rješenja će ići u krivom smjeru, i neće zadovoljiti potrebe sistema krajnjeg korisnika. Zato je potrebno da projektant u ovim podprocesima prikupi i analizira što više informacija, da u potpunosti razumije problematiku logističkih operacija i potreba korisnika i da u skladu sa tim u narednim fazama programerima omogući da izrade kvalitetno rješenje novog sistema.

3.2 Implementacioni okvir procesa implementacije RFID tehnologije

Nakon što je projektant završio sve faze preliminarnog okvira procesa implementacije, poslove oko implementacije preuzimaju programeri koji na osnovu obrađenih ulaznih parametara projektanata počinju da kreiraju novo sistemsko rješenje prilagođeno potrebama korisnika.

Implementacioni okvir procesa implementacije RFID tehnologije se sastoji od 3 međusobno povezane faze:

- Kreiranje sistemskog rješenja
- Testiranje prototipskog modela
- Implementacija novog sistemskog rješenja

Faza kreiranje sistemskog rješenja sastoji se od tri međusobno povezana podprocesa:

- Analiza dimenzija sistema
- Izbor softverskih i hardverskih rješenja
- Razvoj novih procesa

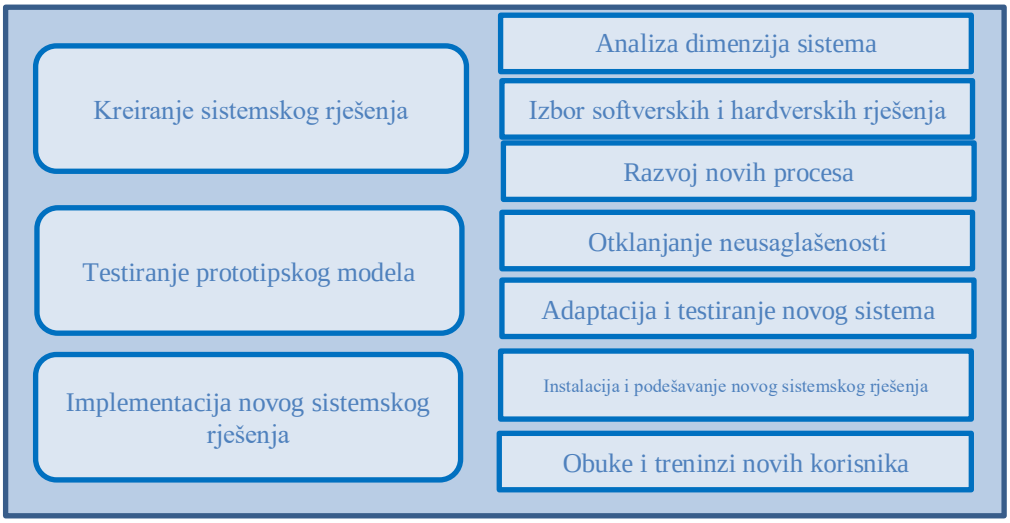
U procesu analize dimenzija sistema, potrebno je da se sagledaju svi tehnički i tehnološki aspekti, zadatak je da se za identifikovane kritične tačke sistema izradi što kvalitetnije sistemsko rješenje, da se definišu kapaciteti budućeg sistema, predvide njegova buduća proširenja i nadogradnje.

Izbor softverskih i hardverskih rješenja je veoma bitan proces, i na programerskom timu je da izvrši kvalitetno dimenzionisanje sistema prema ulaznim podacima projektanata koji su vršili mapiranje sistema. Potrebno je da se u ovoj fazi izvrši priprema za integraciju novog rješenja u postojeće ERP sisteme korisnika kao i da se omogući pravilna razmjena podataka između postojećih i novih sistema.

Kod izbora hardverskih rješenja potrebno je uzeti u obzir sve ulazne podatke i voditi računa o izvredbama i kapacitetima planiranih komponenti, načinima njihovog povezivanja u centralni sistem RFID sistema kao o uslovima i načinima rada tih komponenti jer sam izbor komponenti direktno utiče na sigurnost i stabilnost sistema, na brzinu rada i kapacitete obrade podataka u realnom vremenu i sl. (Kaur i dr., 2011)

Razvoj novog procesa podrazumjeva pronalaženje novih rješenja da se postigne optimizacija postojećih radnih procesa bez negativnih uticaja na kvalitete i kapacitete usluga na mjestima primjene RFID tehnologija. U skladu sa prednostima koje pruža ova tehnologija, kroz primjenu automatizovanih sistema, krajnji izgled radnog

procesa nakon primjene RFID tehnologije izgledati će drugačije od postojećeg i smanjiti će se broj potrebnih operacija da bi proizvod prošao kroz kompletan logistički sistem.



Slika 5. Implementacioni okvir implementacije RFID tehnologije

Nakon što je kroz prethodnu fazu izvršeno kreiranje novog sistemskog rješenja, dolazi se u fazu testiranja prototipskog modela sistema. U ovoj fazi zajednički rade budući korisnici, projektanti i programeri sistema. Ova faza se sastoji od dva podprocesa:

- Otklanjanje neusaglašenosti
- Adaptacija i testiranje novog sistema

Prije stvarne implementacije RFID sistema vrlo je važno provesti demonstraciona testiranje kako bi se osiguralo da se svi procesi rada odvijaju u skladu sa projektnim zadatkom i da sistem potpomognut RFID tehnologijom funkcioniše. Ispitivanja prototipskog rješenja odvija se u laboratorijskim ili stvarnim okruženjima.

U praksi se to rješava na način da se svi procesi rada vrše paralelno kroz postojeće sisteme sa novim RFID sistemom, i da se na osnovu krajnjih rezultata rada izvrši analiza izlaznih podataka i da ukoliko postoje neusaglašenosti, da se one u stvarnom procesu primjete i da se u do konačnog proizvoda otklone. U ovim podprocesima takođe se prikupljaju povratne informacije od korisnika nakon testiranja, kako bi se finalni proizvod i njegovi interfejsi mogli što preciznije prilagodtiti potrebama krajnih korisnika.

Nakon uspješnog završetka ispitivanja prototipskog modela, faza implementacije novog RFID sistemskog rješenja u stvarnom okruženju može započeti. U ovoj fazi postoje dva povezana podprocesa:

- Instalacija i podešavanje novog sistemskog rješenja
- Obuke i treninzi novih korisnika

Instalacija komponenti novog sistemskog rješenja treba da bude u skladu sa projektnim zadatkom i stvarnim potrebama i kapacitetima novog sistema.Takođe, sve neusaglašenosti koje su bile prisutne u toku testiranja prototipskog modela moraju biti otklonjene do početka montiranja hardverskog dijela opreme. Kod instalacije i podešavanja novog softverskog sistemskog rješenja mora se voditi računa da se uspostavi veza između RFID čitača i računara (ili računarskog sistema) u kojem se skladište i ažuriraju prikupljene informacije kroz:

- *Middleware* - softverske platforme koja povezuje RFID čitač sa računarskim sistemom omogućavajući razmjenu podataka iz RFID čitača ili mreže čitača i sistema poslovnih informacija, kao što su *Warehouse Management System* (WMS) ili *Enterprise Resource Planning* (ERP) i sl. *Middleware* filtrira, formatira i prevodi podatke koji su registrovani od strane RFID čitača i prosleđuje ih računaru, objedinjujući rad više različitih aplikacija koje vrše praćenje objekata (sirovina, poluproizvod, proizvod, transportno pakovanje, paleta, kontejner i sl.);
- *Edgeware* - platforma koja obuhvata softver i hardver, i koja omogućava poslovnim sistemima da obezbijede neophodnu kontrolu i interfejse za upravljanje uređajima kao što su RFID čitači, senzori i ručni terminali, ali omogućava i prikupljanje i obradu podataka i kooperaciju sa drugim aplikacijama i sistemima.

Obuka i edukacija novih korisnika je od ključnog značaja za uspješnu implementaciju, kao i za uspješno funkcionisanje RFID sistema. Korisnike treba informisati i edukovati o tome kako da koriste RFID uređaje, kako

da koriste softversku aplikaciju, kako da analiziraju prikupljene podatke i sl. Jedna od karakteristika RFID sistema jeste transparentnost učinka rada svakog operatera u sistemu, što može biti od velike koristi i u početnoj fazi primjene kao odličan pokazatelj obima rada . (Йованович, 2016)

3.3 Post implementacioni okvir procesa implemetacije RFID sistema

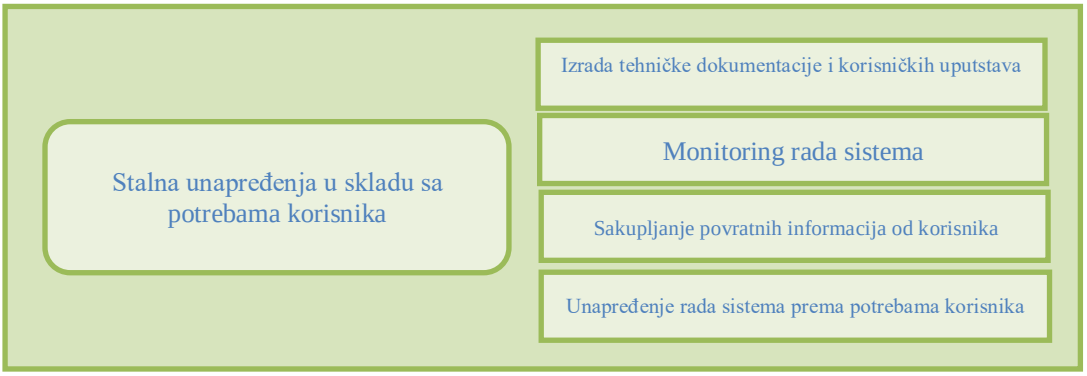
U procesu implementacije RFID tehnologija u logističke sisteme poslednji okvir je rezervisan za post implementacionu fazu, koja se odnosi na stalna unapređenja u skladu sa potrebama korisnika. Budući da nijedan sistem nije savršen i uvjek se može nadograditi i unaprijediti, potrebno je kontinurano provoditi ocjenjivanje performansi sistema i upoređivati ih sa unaprijed definisanim tehničkim kapacitetima i ciljevima. Ubrzani razvoj novih tehnologija omogućava da se već definisani procesi dodatno optimizuju i prilagode stvarnim potrebama korisnika, potrebama poslovnih procesa ili potrebama tržišta.

Takođe, u ovoj fazi se sprovode i sledeći podprocesi:

- Izrada tehničke dokumentacije i korisničkih upustava
- Monitoring rada sistema
- Sakupljanje povratnih informacija od korisnika
- Unapređenje rada sistema prema potrebama korisnika

Proces izrade tehničke dokumentacije i korisničkih upustava podrazumjeva da projektant u skladu sa pravilima struke izvrši pripremu potpune projektne dokumentacije na osnovu stvarnog izvedenog stanja implementiranog RFID sistema i da pripremi korisnička upustva za sve procese i podprocese koji se odvijaju unutar novo implementiranog sistema. Korisnička upustva moraju biti jasno napisana, da bi budućim korisnicima bilo razumljivo i jasno na koji način se procesi rada unutar ovog sistema odvijaju.

Implementacijom novog sistema ne prestaje poslovni odnos izmedju implementatora (projektanta i programera) i krajnjeg korisnika. Obaveze implementatora su da vrši konstantan monitoring rada sistema, i da korisnicima u svakom momentu pruži korisničku podršku kako bi sistem kontinuirano i bez otkazivanja funkcionisao.



Slika 6. Post implementacioni okvir implementacije RFID tehnologije

Unapređenje rada sistema prema potrebama korisnika je proces razrade novih tehničkih i tehnoloških rješenja koja će omogućiti da se već implementirano rješenje prilagodi novonastalim potrebama korisnika (proširenja poslovanja, povećanja kapaciteta sistema, promjena organizacione strukture i sl.). Nezavisno da li se radi o manjim ili drastičnim izmjenama sistema, obaveze projektanta su da sa korisnicima razradi novo rješenje i za to rješenje pripremi projektnu dokumentaciju na osnovu koje će programerski tim da izvrši modifikacije sistema. Prilikom reinženjeringa postojećeg sistema, potrebno je da novonastalo rješenje prođe kroz sve gore pomenute okvire i faze implementacije.

4. KRITIČNI FAKTORI USPJEHA PROCESA IMPLEMENTACIJE RFID TEHNOLOGIJE

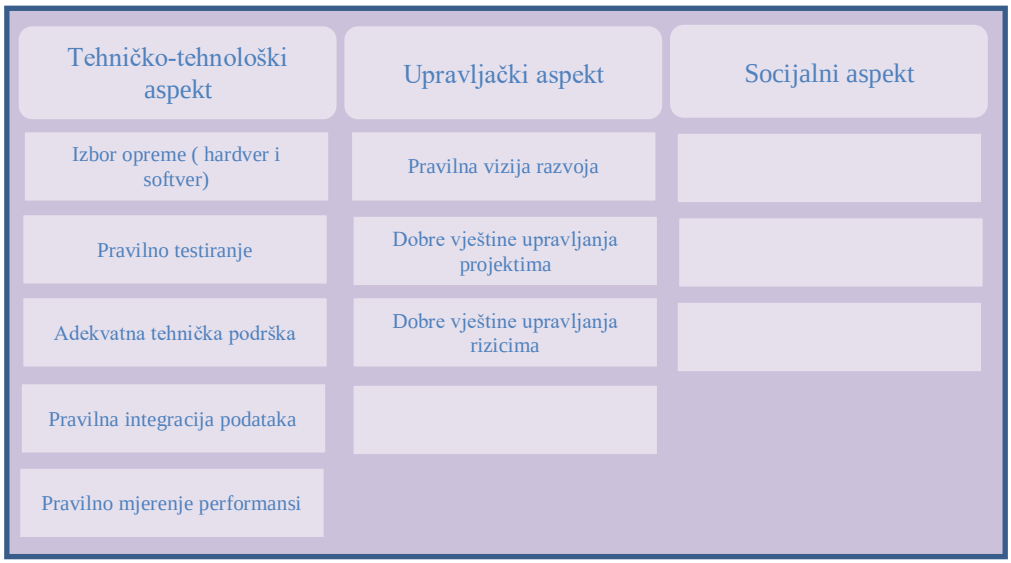
U svakoj od faza implementacije RFID sistema postoje zajednički kritični faktori od kojih uveliko zavise konačni rezultati implementacije. Faktore možemo svrstati u 3 grupe: tehničko-tehnološke, upravljačke i socijalne faktore.

U tehničko-tehnološke rizične faktore spadaju: pravilan izbor opreme (softveri i hardver), pravilno testiranje prototipskih i finalnih rješenja, uspostavljanje pravilne razmjene podataka kroz sistem kao i pravilno mjerenje performansi sistema. Ukoliko se u nekoj od faza propusti voditi računa o ovim kritičnim faktorima, postoji veoma veliki rizik da sistem neće biti funkcionalan ili će biti nestabilan i praviti probleme u toku eksploatacije.

U upravljačke rizične faktore se ubrajaju: pravilna vizija razvoja, vještine upravljanja projektima i rizicima kao i podrška top menadžmenta.

Prvenstveno, upravljački rizični faktori se odnose na početne faze implementacije kada je potrebno da zajedno sa projektantima na razradi kvalitetnog tehničkog rješenja koje će da zadovolji sve potrebe i da podnese sve izazove koji se stavljalju pred sistem RFID rade i odgovorni predstavnici korisnika. Top menadžment ima veliku ulogu sa aspekta razumjevanja stvarnih potreba sistema, razumjevanja upravljanja projektima i rizicima u poslovanju i veoma je bitna njihova podrška u razvoju novog sistema.

Na slici 7. prikazani su najkritičniji faktori uspjeha procesa implementacije:



Slika 7. Kritični faktori uspjeha implementacije RFID sistema

Socijalni rizici se mogu javiti u bilo kojoj fazi implementacije RFID sistema, ukoliko tim koji radi na razradi ili implementaciji ideja nema dobru komunikaciju ili ima narušene međuljudske odnose koji otežavaju timski rad. U socijalne rizike takođe spadaju i rizici povezani sa neadekvatnom kadrovskom strukturom tima koji radi na implemetaciji. Zbog loše kadrovske strukture može se javiti rizik da i kada je sistem perfektno projektovan i implementiran ali kod korisnika ne postoji kvalitetan kadrovski potencijal koji će neadekvatnom primjenom novih metoda koje pruža RFID biti u prilici da ugrozi pravilno funkcionisanje poslovnih procesa. Zato je veoma bitno da se u toku implementacije izvrši detaljna obuka budućih korisnika o načinima i procesima rada. Smanjenje socijalnih rizika postiže se i kvalitetnom post implementacionom korisničkom podrškom.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Ovim radom pokušano je da se metodološki predstavi definisanje okvira i faza implementacije RFID tehnologija u logističkim sistemima. Metodologija implementacije RFID tehnologija u logističkim sistemima takođe može se uz male promjene primjeniti kao univerzalna i u drugim granama industrije. Jednostavnim korak po korak pristupom prikazani su svi koraci koji prethode, koji se odvijaju u toku i koji se nastaju nakon implementacije RFID sistema. Na taj način pokušano je da se stvori jasna slika o složenosti implementacije kao i kritičnim faktorima na koje potencijalni korisnici RFID tehnologije mogu naići ukoliko se odluče za

implementaciju RFID tehnologije u svoje sisteme poslovanja. Cilj rada je da RFID tehnologiju, koja predstavlja budućnost u logističkom poslovanju približi ka potencijalnim korisnicima na našem području, jer trenutno ne postoji dovoljno dostupne literature na jezicima ovog podneblja, koja bi pružila više detalja o samoj tehnologiji, načinima implementacije, prednostima i manama ove tehnologije, a sve sa ciljem zauzimanja boljih startnih pozicija prilikom donošenja strateških odluka u vezi sa implementacijom RFID tehnologije.

6. LITERATURA

Йованович Ж. "Возможности применения РФИД-технологии в ходе оптимизации процессов хранения и отгрузки готовой продукции на МПЗ Модрича" Naučno-tehnički skup mladih inženjera kompanije Zarubežnjeft, Moskva (2016)

Kaur M., Sandhu M., Mohan N., Sandhu P. S., "RFID Technology Principles, Advantages,Limitations & Its Applications", International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol.3, No. 1, 2011, strana. 151

Lee, L.S., Fiedlera, K.D. and Smith, J.S. Radio Frequency Identification (RFID) Implementation in the Service Sector: A customerfacing Diffusion Model. International Journal of Production Economics. Volume 112, strane 587-600. Elsevier. Holandija (2008).

Osyk, B.A., Vijayaraman, B.S., Srinivasan, M., Dey, A. RFID adoption and implementation in warehousing. Management Research Review, Volume 135, No.10, strane 904 -926. Emerald Group Publishing. Velika Britanija (2012).

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

APPLICATION OF SMART SIGNALIZATION IN ORDER TO INCREASE THE SAFETY OF TRAFFIC PARTICIPANTS

PRIMJENA PAMETNE SIGNALIZACIJE U CILJU POVEĆANJA BEZBJEDNOSTI UČESNIKA U SAOBRAĆAJU

Aleksandar Damjanović[a], Maida Babić[a], Emira Hodžić[a], Bojan Cvijanović[a], Branko Jotanović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, aleksandar.damjanovic@hotmail.com, themaidacule@gmail.com, hodziicc@gmail.com, bojanc26@gmail.com, jotan.bra.94@gmail.com*

Apstract: *In recent times, great efforts have been made to apply information technology in traffic. All of this has been done in order to improve and increase the safety of all traffic participants. The greatest attention is focused on pedestrian crossings that are considered as one of the most dangerous places in the traffic field. It is considered that information technology can be great support in the development of certain infrastructure for traffic regulation. This paper presents smart road systems that warn drivers about road safety, as well as smart semaphores that help pedestrians known as "the weakest" traffic participants.*

Key words: *Smart signalization, information technology, smart semaphores*

Apstrakt: *U novije vrijeme uloženi su veliki napori na primjeni savremenih informacionih tehnologija u saobraćaju. Sve to je učinjeno radi unapređenja i povećanja bezbjednosti svih učesnika u saobraćaju. Najveća pažnja je usmjerena na pješačke prelaze koji važe za jedno od najopasnijih mjesta u saobraćajnom polju. Smatra se da informacione tehnologije mogu biti velika podrška u razvoju određenih infrastruktura za regulisanje saobraćaja. Ovaj rad predstavlja pametne sisteme na cesti koji upozoravaju vozače o bezbjednosti saobraćajnica, kao i pametne semafore koji pomažu pješacima kao „najslabijim" učesnicima saobraćaja.*

Ključne riječi: *Pametna signalizacija, informacione tehnologije, pametni semafori.*

1. UVOD

Zajedno sa razvojem saobraćaja i povećanjem broja učesnika u saobraćaju, rastu saobraćajne gužve,a samim tim i broj saobraćajnih nezgoda. Za gužve u saobraćaju rješenja se, uglavnom, pronalaze kroz projekte zasnovane na upotrebi računarskih sistema i simulacijama različitih saobraćajnih slučajeva, odnosno u objedinjavanju informatičkih i saobraćajnih infrastruktura. Primjenom savremenih informacionih tehnologija podstiče se uspostavljanje nove infrastrukture koju čine mreže puteva, pruga, aerodroma, stanica i luka povezanih sistemima zasnovanim na Internetu.

Na efikasnost i kvalitet saobraćaja znatno utiču inteligentni sistemi koji poboljšavaju mobilnost i bezbjednost učesnika u saobraćaju. Oni obezbjeđuju pro-aktivno održavanje i bržu i kvalitetniju dijagnostiku. Pomenuta napredna rješenja povećavaju produktivnost poslovanja, skraćuju vrijeme putovanja i smanjuju zagađenje životne sredine.

Primjenom IT (informacione tehnologije) rješenja regulacije saobraćaja utiče na sniženje troškova i povećanje zadovoljstva putnika, čime se posredno smanjuje broj saobraćajnih nezgoda. Buduća rješenja biće utemeljena na primjeni „pametnijih" i ekološki „zdravijih" vozila i njihovom povezivanju sa infrastrukturnim objektima, kao što su benzinske pumpe, parkinzi, garaže i sl. Šira primjena naprednih informacionih tehnologija, osim komunikacije vozila sa infrastrukturom, omogućiće međusobnu komunikaciju vozila (npr. automatsko održavanje minimalnog rastojanja kako bi se izbjegli sudari) (Inovacije u saobraćaju, 2019).

Primjeri implementacije inteligentnih informacionih sistema su:

- Upravljanje tokovima saobraćaja.
- Upravljanje semaforima.
- Promjenjive saobraćajne poruke.
- Kontrola pristupa autoputu.
- Provjera brzine kretanja.
- Upravljanje parkiranjem i sl.

Informacije koje savremeni sistemi isporučuju (praćenje vozila, navigacija, e-naplata putarine i sl.) najčešće se prenose preko 3G ili 4G mobilne mreže ili drugih sistema komunikacije (Inovacije u saobraćaju, 2019).

2. INTELIGENTNI TRANSPORTNIH SISTEMI U FUNKCIJI BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA

Inteligentni transportni sistemi (ITS) podrazumijevaju nove informacione, komunikacione i senzorske tehnologije, primjenjene sa ciljem stalnog podizanja nivoa bezbjednosti saobraćaja i kvaliteta usluge putovanja i prevoza. ITS je upravljačka i informaciono-komunikaciona nadgradnja klasičnog saobraćajnog i transportnog sistema, čime se postiže veća propusnost, bezbjednost, ekološka prihvatljivost u odnosu na rješenja bez ITS aplikacija. Atribut „inteligentni" označava sposobnost adaptivnog djelovanja u promjenjivim situacijama, pri čemu je potrebno prikupiti dovoljno podataka i obraditi ih u realnom vremenu (Saobraćajni fakultet Beograd, 2019).

EU je Direktivom 2010/40/EU iz 2010. godine definisala inteligentne transportne sisteme (ITS) kao napredne aplikacije koje imaju za cilj da obezbijede inovativne servise za različite vidove transporta i različite metode upravljanja saobraćajem, i da omoguće različitim korisnicima da budu bolje informisani, sigurniji i da pametnije koriste transportne mreže (JANKOVIĆ, 2016). ITS integrišu telekomunikacije, elektroniku i informacione tehnologije sa saobraćajnim inženjerstvom.

2.1 ITS alati koje primjenjujemo u saobraćaju

Jezgra ITS-a čine procesi prikupljanja, obrade, integrisanja podataka i servisnih informacija. ITS alati su u mogućnosti bolje informisati organe vlasti, pojedine operatore i putnike, bolju koordinaciju i podršku inteligentnom odlučivanju (Saobraćajni fakultet Beograd, 2019).

U prikupljanju podataka o saobraćajnim i transportnim sistemima, kako za potrebe aplikacija ITS, tako i u standardnim zadacima praćenja i upravljanja saobraćajem, značajnu ulogu imaju različite senzorske tehnologije (Todorović N., 2014). One su bazirane na različitim vrstama detekcije vozila: video, bluetooth, audio, ultrazvučnoj detekciji, detekciji uz pomoć induktivnih petlji ili pneumatskih cijevi, detekciji uz pomoć Radio-Frequency Identification (RFID) tehnologije, itd. Senzori generišu brojne podatke, kao što su: datum i vrijeme kada je vozilo registrovano, brzina vozila, dužina vozila, kategorija vozila, smijer kretanja vozila, interval sljeđenja vozila, rastojanje od susjednog vozila, dinamičko osovinsko opterećenje vozila, zauzetost parking mjesta, temperatura vazduha, itd. (Lipovac K., 2015).

Da bi korištenje senzorskih tehnologija dalo upotrebljive rezultate neophodno je skladištiti i u realnom vremenu obraditi ogromne količine heterogenih podataka, koji neprekidno pristižu. Poseban problem predstavlja obrada nestruktuiranih podataka, kao što su videozapisi i slike. Prema definiciji koju je uvela kompanija IBM, za neki informacioni resurs kažemo da ima Big Data osobine ako ga karakteriše:

- velika količina podataka (engl. Volume),
- velika raznovrsnost podataka (engl. Variety) i
- velika brzina pristizanja podataka (engl. Velocity) (IBM, 2019).

Savremeni informacioni resursi u saobraćaju imaju sve tri nabrojane osobine, što znači da se mogu okarakterisati kao Big Data.

ITS alati pokrivaju širok spektar rješenja koja doprinose kvalitetu saobraćajnog sistema u pogledu:

- povećanja bezbjednosti,
- povećanja protoka,

- boljeg informisanja putnika,
- kraćeg vremena putovanja,
- manjeg štetnog utjecaja na okolinu, itd. (Saobraćajni fakultet Beograd, 2019).

3. ITS APLIKACIJE PRIMJENJENE U SAOBRAĆAJU

Osnovni princip rada svake ITS aplikacije sastoji se u prikupljanju odgovarajućih podataka iz transportnog sistema, obradi prikupljenih podataka i distribuciji inforkorisnika i organizacija nadležnih za upravljanje transportnim sistemom, što dovodi do promjene stanja transportnog sistema. Neki od primjera ITS aplikacija su:

- promjenljiva saobraćajna signalizacija,
- dinamičko ograničenje brzine,
- adaptivna kontrola brzine kretanja vozila,
- inteligentno prilagođavanje brzine,
- sistem elektronske kontrole stabilnosti, sistem mjerenja brzine na određenoj dionici puta,
- digitalni čitač brzine, informisanje u vozilima poput „head – up display“ (HUD) ,
- napredni sistemi za informisanje vozača (engl. Advanced Traveller Information System, ATIS),
- sistemi za vođenje i informisanje korisnika o zauzetosti kapaciteta za parkiranje (engl. Parking Guidance and Information, PGI) (JANKOVIĆ, 2016).

3.1 Napredni sistemi upravljanja saobraćajem, ATMS

ATMS (Advanced Transportation (Traffic) Management Systems) su ITS aplikacije koje obezbjeđuju dinamički pristup pružanju informacija na putu i sistemima saobraćajne signalizacije. To podrazumijeva savremeno, centralizovano upravljanje saobraćajem iz Centara za kontrolu saobraćaja (engl. Traffic Control Centers - TCC), koji funkcionišu slično kontroli letenja ili signalnim centrima u željezničkom saobraćaju.

Putem senzora koji su ugrađeni u površinski dio puta ili smješteni na opremu pored puta, i kamera postavljenih na tačkama koje omogućavaju širok vizuelni prikaz dionice, prikupljaju se podaci i snima stanje saobraćaja. Na taj način dolazi se do velikog broja podataka koji se 'slivaju' u Centre za kontrolu saobraćaja, gdje se zatim objedinjuju i procesiraju.

Rezultat su multimedijalne informacije o:

- (i) stanju puteva i saobraćaja u realnom vremenu,
- (ii) ograničenjima kojih se treba pridržavati, i
- (iii) servisne informacije (koje mogu da obuhvate i ekološke aspekte, npr. nivo zagađenja u tunelima i meteorološke uslove).

Moderni TCC rade neprekidno. Zaposleni nadgledaju status saobraćaja, aktiviraju nadležne službe ukoliko je potrebno a mogu i da daljinskim putem intervenišu na opremi ili da uspostave komunikaciju sa vozačima. Važan domen proaktivnog upravljanja jeste adaptivna kontrola svjetlosnih signala, koja prilagođava režim rada uređaja (npr. semafora) uslovima saobraćaja (broju vozila na putu). Umjesto statičkog signalnog plana, senzori detektuju vozila, obrađuju se podaci i anticipira veličina dolazećeg toka. Shodno tome se signalni plan kontinuirano podešava, i na taj način 'inteligentno' odlučuje o statusu signala (Saobraćajni fakultet Beograd, 2019).

4. INTELIGENTNA SAOBRAĆAJNA SIGNALIZACIJA (PAMETNI SEMAFORI)

Pametni semafori ili inteligentni semafori predstavljaju sistem kontrole saobraćaja koji kombinuje tradicionalne semafore sa nizom senzora i vještačkom inteligencijom (oblast ITS) kako bi inteligentno kontrolisao kretanje vozila i pješaka. Oni mogu biti dio većeg inteligentnog transportnog sistema (ITS).

Tehnologija pametnih prometnih signala razvijena je na Univerzitetu Carnegie Mellon i koristi se u pilot projektu u Pittsburghu u nastojanju da smanji emisiju štetnih gasova iz vozila u gradu. Za razliku od drugih dinamičkih upravljačkih signala koji podešavaju vrijeme i fazu semafora u skladu s ograničenjima koja su postavljena u samom regulatoru, ovaj sistem kombinuje postojeću tehnologiju sa vještačkom inteligencijom.

Signali komuniciraju jedni s drugima i prilagođavaju se promjenjivim saobraćajnim uslovima kako bi se smanjilo vrijeme koje automobili provode u praznom hodu. Koristeći optičke video prijemnike slične onima koji su već korišteni u dinamičkim upravljačkim sistemima, nova tehnologija prepoznaje broj vozila i vrši promjene u stvarnom vremenu (real time) kako bi se izbjegli zastoji kad god je to moguće. Početni rezultati pilot studije su ohrabrujući: broj vremena koje su vozači proveli u praznom hodu na semaforima smanjen je za 40%, a vrijeme putovanja po gradu smanjeno je za 25%.

Firme uključene u razvoj pametnih Sistema za upravljanje saobraćajem uključuju BMW i Siemens, koje su svoj sistem mrežnih semafora predstavili 2010. godine. Ovaj sistem funkcioniše sa tehnologijom "protiv praznog hoda" kojom su opremljeni mnogi automobili, koja upozorava na predstojeće promjene na semaforima.

Rumunski i američki istraživački timovi vjeruju da bi se vrijeme vozača provedeno čekajući da se svjetlo na semaforu promijeni, moglo smanjiti za preko 28% uvođenjem pametnih semafora i da bi emisija CO_2 mogla biti smanjena za čak 6,5%. Velika upotreba pametnih semafora mogla bi biti dio sistema javnog prevoza. Senzori na semaforu se mogu postaviti tako da osjete pristup autobusa ili tramvaja i promijene svjetlo semafora u njihovu korist, poboljšavajući tako brzinu i efikasnost održivih načina prevoza (Richard, 2010).

4.1 Primjena pametnih semafora u cilju povećanja bezbjednosti učesnika u saobraćaju

Semafori su ključni faktor za nesmetan protok saobraćaja. U budućnosti će semafori sa mogućnosti prepoznavanja pješaka i holistički povezan sistem semafora pomoći da se saobraćaj učini nesmetanijim i efikasnijim. Uz to se pomoću vremenskih senzora i senzora okoline, koji su montirani na bečke semafore, formira gusta mreža mjernih stanica koja pruža vrijedne podatke za različite primjene.

Sistem koji je razvio TU Graz značajno se razlikuje od jednostavnog senzora kretanja. Dok bi takav sistem prebacio semafor na zeleno čak i kad bi bilo koji objekt prelazio pješački prelaz, kamera semafora otkriva ne samo ljude, već i postoji li želja da se pređe ili ne. "Ovaj sistem može otkriti želi li osoba zaista preći cestu ili zapravo nema nikakve veze sa prelaskom", kaže Walter Mimmler. Novi semafori imaju za cilj nepotrebno smanjenje dugog vremena čekanja i poboljšanje udobnosti pješaka.

U saradnji sa Centralnim zavodom za meteorologiju i geodinamiku (ZAMG), semafori u Beču u narednih nekoliko godina, biće opremljeni sa oko 10.000 meteoroloških senzora i senzora za okolinu. To omogućava mnoštvo aplikacija koje koriste „veliku analizu podataka". Na primjer, mogu se otkriti toplinski valovi ili poboljšati kvalitet vazduha putem inteligentne kontrole protoka saobraćaja. Cilj je opremiti sve semafore u Beču visokokvalitetnim senzorima koji mogu direktno prenijeti podatke na Internet. U prvoj fazi razvoja planirani su senzori za mjerenje temperature i vlage. U kasnijoj fazi uslijedit će senzori za ugljen oksid, sumpor-oksid i buku. Prema ZAMG-u, sistem je održiv i osmišljen na način da se mogu povezati bilo koje vrste senzora. Mjerenja će pružati ogromne količine podataka svakog dana. Računari visokih performansi i metode vještačke inteligencije i mašinskog učenja analizirat će i obrađivati podatke (Vienna City Administration, Rathaus, A-1082 Wien, 2019).

4.2 Pametna signalizacija u sistemima informisanja putnika, ATIS

Pametna signalizacija obuhvata niz aplikacija kojima se putnicima prezentuju različite informacije o putovanju. Ove informacije su od značaja za planiranje i donošenje odluka o načinu realizacije putovanja. Ono što napredne sisteme informisanja razlikuje od pređašnjih jeste više personalizovanih asistencija, bogatije informacije kao i sistemi podrške odlučivanju u realnom vremenu, poput dinamičke navigacije koja omogućava prilagođavanje prijedloga trase trenutnim uslovima saobraćaja. ATIS je namijenjen vozačima kao i korisnicima javnog prevoza. Vozačima se informacije mogu isporučivati u potpunosti unutar vozila ili posredstvom Centara za upravljanje saobraćajem.

Za korisnike javnog prevoza, naprednija forma informisanja jesu Multimodalni planeri putovanja, koji obezbjeđuju informacije o optimalnom načinu kretanja od polazišta do odredišta. Ovi planeri putovanja su adaptibilni prema promjenama u realnom vremenu, što znači da nude alternativna rješenja shodno izmjenama saobraćajnih uslova u toku putovanja. Informacije koje dolaze do korisnika mogu da pokrivaju različita geografska područja. Multimodalni planeri putovanja koji povezuju informacione sisteme različitih operatora transporta, obično obuhvataju određene gradove ili regione (Saobraćajni fakultet Beograd, 2019).

5. ZAKLJUČAK

Razvoj saobraćaja je veoma bitan faktor u razvoju društva i uveliko utiče na kvalitet života ljudi, kako u urbanim, tako i u ruralnim područjima. Poražavajući su podaci da godišnje širom svijeta, u saobraćaju život izgubi 1,25 miliona ljudi [9]. Primjenom modernih informacionih tehnologija, kao što su inteligentni transportni sistemi i različiti pametni uređaji u automobilima, na pješačkim prelazima, raskrsnicama, prelazima preko pruge, zasigurno bi se znatno unaprijedio kvalitet saobraćaja kao i bezbjednost samih učesnika u istom. Iako su ovakve tehnologije danas svuda dostupne i imaju široko polje upotrebe, još uvijek su prihvatljive samo u razvijenijim i bogatijim zemljama svijeta. Slabije razvijene zemlje, kao što je naša, još uvijek nemaju sredstva za ulaganje u inteligentnu saobraćajnu signalizaciju koja će pokrivati veća geografska područja, niti imaju planove za primjenu istih u bliskoj budućnosti. Ipak, olakšavajuća okolnost je ta da, zajedno sa ubrzanim razvojem tehnologije, dolazi i do pada cijena na tržištu, što bi moglo doprinijeti većoj primjeni pametne saobraćajne signalizacije u zemljama slabijih ekonomskih mogućnosti.

6. LITERATUIRA

IBM. (2019). IBM. Retrieved 09. 07., 2019., from IBM software: https://www.ibm.com/products/software

Inovacije u saobraćaju. (2019). Scribd Inc. (Scribd Inc.) Retrieved 09 07, 2019, from https://www.scribd.com/document/423347744/inovacije-u-saobra%C4%87aju

JANKOVIĆ, S. R. (2016). Big Data tehnologija u saobraćaju: Studija slučaja automatskih brojača. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.

Lipovac K., V. M. (2015). Efekti primene automatskih brojača saobraćaja u kontroli prekoračenja brzine na državnim putevima Republike Srbije. Zborniku radova 10. Međunarodne konferencije„Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“, (pp. 131-140). Kragujevac, Srbija.

N1. (2014 - 2019). n1info. Retrieved 09 07, 2019, from n1info.com/Svijet: http://ba.n1info.com/Svijet/a302021/Broj-saobracajnih-nesreca-u-svijetu.html

Richard, M. G. (2010, 03 18). TreeHugger.com. Retrieved 09 07, 2019, from https://www.treehugger.com/cars/networked-traffic-lights-could-save-time-fuel-and-lives.html

Saobraćajni fakultet Beograd. (2019). Nastavni materijal. Retrieved from ITS Inteligentnitransportnisistemiu funkciji bezbednosti i efikasnosti saobraćaja: https://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/25608/mod_resource/content/6/PEOR%20Predavanje_2%20ITS%202019.pdf

Todorović N., S. M. (2014). Mjerenje osovinskog opterećenja vozila u pokretu (WIM) weigh-in-motion. Tehnika(4), 669-676.

Vienna City Administration, Rathaus, A-1082 Wien. (2019). Retrieved 09 07, 2019, from Smart City Wien: https://smartcity.wien.gv.at/site/en/smart-traffic-lights/

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uae.rs.ba

IMPROVING THE QUALITY OF TRAFFIC BY USING THE IOT CONCEPT

POBOLJŠANJE KVALITETA SAOBRAĆAJA KORIŠTENJEM IOT KONCEPTA

Slobodan Nešić[a], Harisa Mujakić[a], Milan Gajanović[a], Milanko Petrović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Mišića 52, 74000, Doboj, Bosnia and Herzegovina, slobo.n@hotmail.com, harisamujakic18@gmail.com, gajanovicmilan@gmail.com, milanko97@hotmail.com*

Abstract: *Today, half of the world's population lives in cities, leading to problems such as traffic jams, poor air quality, traffic noise, etc. Using a technical solution such as Internet of Things (IoT) and the use of different kinds of smart devices can significantly increase the quality of traffic. The Internet of Things allows smart traffic regulation, smart parking or other innovative solutions in the field of traffic and that are related to IT. The paper presents the concept of the IoT network infrastructure as well as some of the world's solutions that can contribute to the quality of traffic and traffic safety.*

Key words: *IoT, smart devices, traffic regulation, smart parking*

Apstrakt: *Danas polovina svjetske populacije živi u gradovima, što dovodi do problema kao što su saobraćajne gužve, loš kvalitet vazduha, saobraćajna buka itd. Primjenom tehničkog rješenja kao što je Internet stvari (IoT) i korištenjem različitih vrsta pametnih uređaja može se u znatnoj mjeri povećati kvalitet saobraćaja. Internet stvari omogućava pametnu regulaciju saobraćaja, pametno parkiranje ili druga inovativna rješenja iz oblasti saobraćaja a vezana su za informatiku. U radu je predstavljen koncept infrastrukture IoT mreže kao i neka od svjetskih rješenja koja mogu da doprinesu kvalitetu saobraćaja i bezbjednosti u saobraćaju.*

Ključne riječi: *IoT, pametni uređaji, regulacija saobraćaja, pametno parkiranje.*

1. UVOD

Internet stvari drastično mijenja način na koji se ponašamo u današnjem digitalnom okruženju. Internet stvari pomaže ljudima da žive i rade pametnije i preuzmu kontrolu nad svojim životom, koji je danas prepun informacija koje dolaze iz različitih izvora. Internet stvari može da omogući:

- potpunu automatizaciju poslova u kompanijama,
- smanji cijenu rada,
- smanjuje proizvodni otpad,
- poboljšava proces dostave,
- čuva novac i vrijeme i
- poboljšava zadovoljstvo korisnika.

Ova tehnologija dodiruje sve sfere industrije, zdravstvenu industriju, finansije, poljoprivrednu proizvodnju kao i saobraćaj. Ona dostavlja real time uvid u procese koji se odvijaju u određenom preduzeću i omogućava detaljan pregled performansi sistema i logistički operacija u njemu.

Jedna od najvećih primjena ove tehnologije u takozvanim „pametnim gradovima“ gdje je omogućeno građanima da smanje proizvodnju otpada, potrošnju energije i vrše pametniju regulaciju saobraćaja kako bi se što efikasnije odvijao. Tendencija je smanjenje saobraćajnih gužvi i zastoja. Da bi se to postiglo koriste se IoT rješenja kao što su pametna regulacija saobraćaja, pametno parkiranje i pametna autobuska stajališta.

Naravno, kao i svaka tehnologija, i ova dolazi uz određene negativne strane. IoT povezuje milijarde uređaja i svi moraju biti zaštićeni. To predstavlja ogromnu površinu podložnu napadima te se zato postavlja pitanje sigurnosti i privatnosti IoT mreže.

2. METODE

Za izradu rada su korištene različite metode. Najveći broj informacija i podataka prikupljen je sa interneta i iz naučnih radova stručne literature. U radu su prvenstveno korištene sledeće metode:

- metoda kompilacije,
- metoda analize i sinteze i
- metoda deskripcije.

3. REZULTATI

Internet stvari tehnologija je omogućila različita inovativna rješenja širom svijeta koja imaju za cilj rješenja problema vezana za saobraćaj. Do 2032. godine, smatra se da će preko 60% svjetske populacije živjeti u gradovima. Uslijed toga nastaju problemi kao što su saobraćajne gužve, nedostatak parkirnih mjesta i loša sigurnost u saobraćaju koji se pokušavaju riješiti korištenjem Interneta stvari, zasnovanih na cloud računarstvu, vještačkoj inteligenciji (eng. Artificial intelligence - AI) i BigData tehnologijama. U nastavku su predstavljena rješenja koja su ostvarena pomoću IoT.

3.1 Pametni gradovi (Smart Cities)

Pametni grad je koncept koji se još tačno ne može definisati. Pametni grad je mjesto gdje su mreže i servisi fleksibilni, efikasni i održivi uz upotrebu informacioni, digitalnih i telekomunikacionih tehnologija za poboljšanje poslovanja grada za dobrobit njegovih stanovnika.

Pametni gradovi treba da su:

- zeleniji,
- brži,
- sigurniji i
- prijateljski raspoloženi (Mohanty i dr., 2016).

Upravo su Internet stvari i BigData tehnologija osnova za mogućnost nekog grada da bude „pametan“ odnosno one omogućavaju njegovu efikasnost i brzinu reagovanja na događaje. Podaci se prikupljaju sa IoT senzora i koriste u upravljanju različitim resursima. Podaci dolaze iz različitih izvora, kao što su stanovnici, uređaji i imovina te se obrađuju i koriste u nadzoru i upravljanju saobraćajom, transportnim sistemima, elektranama, vodovodom kao i školama, bolnicama i drugim javnim ustanovama sa povezanim informacionim sistemom. Pored potrebne infrastrukture, najvažniji faktor pametnih gradova su sami ljudi. Ljudi moraju biti dovoljno obrazovani jer bez pametnih ljudi nema ni pametnog grada i primjena ove tehnologija na kraju ovisi o samim stanovnicima. Najbolji primjeri pametnih gradova danas su Singapur, Dubai, Amesterdam,Barcelona itd.

3.2 Inteligentni transportni sistemi (ITS)

Pametni transportni sistemi (eng. Intelligent Transportation System – ITS) je neizbježiv izbor za urbane transportne sisteme zbog problema uslijed urbanizacije i motorizacije. Prijevoz je jedan od najbitniji stvari za svakog stanovnika. Prevoz treba da bude udoban i siguran uz što manje troškove, kako za stanovnike, tako i za prevoznike. Korištenjem Interneta stvari sve vrste i oblici prevoza dolaze u interakciju jedni sa drugim koristeći različite sisteme za komunikaciju između sebe. Ovi pametni sistemi uključuju:

- različite vrste navigacije,
- kontrolisanje signalno-sigurnosnim uređajima,
- prepoznavanje registarskih oznaka,
- korištenje kamera za kontrolu brzine odvijanja saobraćaja,
- upravljanje parkiranjem i
- informacije o vremenskim uslovima itd.

Primjena ovih sistema je jedan od najboljih načina za povećavanje kvaliteta saobraćaja uopšteno.

Primjer korištenja ITS-a je eCall sistem.

eCall je sistem koji je u mogućnosti da automatski zatraži pomoć u slučaju saobraćajne nesreće. Sistem šalje minimalnu količinu podataka o tom događaju, kao što je geografska pozicija nesreće i identifikacioni broj

vozila. Nakon toga sledi poziv najbližoj službi Hitne pomoći, te je operator hitne pomoći u mogućnosti da čuje šta se dešava na licu mjesta bez potrebe da učesnici u nesreći obavljaju poziv (Cabo i dr., 2014).

Drugi primjer korištenja ITS-a su sigurnosne kamere, koje se sastoje od same kamere i senzora za pratnju vozila. Ovaj sistem može detektovati i identifikovati vozila koja ne poštuju ograničenja brzine ili druga zakon određena pravila i automatski ih kazniti na osnovu broja njihovih registarskih tablica.

Sljedeći primjer su varijabilna ograničenja brzine na putevima koja se mijenjaju u zavisnosti od gužve i protoka saobraćaja. Pretežno se ona smanjuju na niža u slučajevima loših vremenskih uslova ili nesreća na putu. Primjer ovoga je M25 Britanska autocesta koja se nalazi u Londonu koja koristiti ovu vrstu ograničenja još od 1995. godine. Rezultati istraživanja korištenja ovakve ceste su zadovoljavajući. Omogućeno je:

- skraćenje trajanja putovanja,
- brže odvijanje saobraćaja i
- smanjenje broja saobraćajnih nesreća.

Korištenjem ITS-a je takođe moguće upravljati semaforima i drugim signalno-sigurnosim uređajima. Ovo je ostvareno korištenjem RFID tehnike i određenih algoritama sa bazama podataka na ceste sa više traka, različitim vrstama vozila. Ovaj sistem koristi AI i neuronske mreže da bi odredio kojoj traci da daje prioritet na osnovu prisustva vozila na tim trakama, te određuje brzinu kretanja tih vozila.

Ostala područja primjene ITS-a mogu biti:

- praćenje lokacije vozila,
- naplata putarine,
- praćenje gužvi preko mobilnih uređaja i
- taxi usluge itd.

3.3 Pametno parkiranje

Sistem pametnog parkiranja dobija informacije o slobodnim mjestima na određenim pozicijama, te koristi te informacije kako bih smjestio vozila na ta mjesta. Koristi sistem senzora male cijene, sistem skupljanja podataka u realnom vremenu i sistem plaćanja parkinga preko mobilnih telefona koji omogućava korisnicima da rezervišu parkirno mjesto ili veoma tačno predvide gdje bi mogli naći slobodno mjesto.

Prednosti ovog sistema su:

- smanjenje izduvnih gasova u urbanim područjima,
- optimizira korištenje parkirnih mjesta,
- olakšava nalaženje parkinga i
- pomaže odvijanju saobraćaja (Basu, 2014).

3.4 Pametna autobuska stajališta

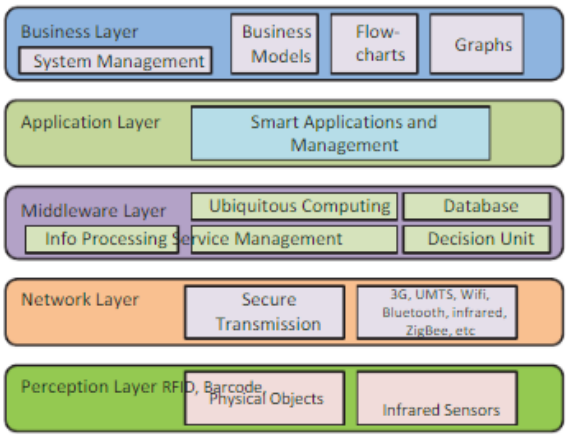
Ova vrsta autobuskih stajališta može biti postavljena na bilo kojem mjestu te služi za popravljanje kvaliteta života stanovnika i korisnika gradskog prevoza. Sadrži interaktivni terminal koji pruža mnoštvo informacija:

- pregled reda vožnje,
- mapa autobuskih stanica,
- trenutna lokacija autobusa i
- informacije o gradu i mapa grada itd. (http://iotsys.io, 06.09.2019).

4. DISKUSIJA

Internet stvari (IoT) definisan je po preporuci ITU-T Y.2060 (06/2012) kao globalna infrastruktura za informacijsko društvo, omogućavajući napredne usluge povezivanjem (fizičkih i virtualnih) stvari zasnovanih na postojećim i razvijajućim interoperabilnim informacijama i komunikacijskim tehnologijama (https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx, 04.09.2019). Cilj Interneta stvari je povezivanje uređaja kojih svakodnevno koristimo kao što su pametni telefoni, računari, rasvjeta, kućanski uređaji itd. te razmjenu informacija između njih i njih i korisnika. Stvar (thing) predstavlja pametni uređaj sa kojim možemo da komuniciramo sa daljine i razmjenjujemo informacije sa njim. Te informacije treba da budu dostupne korisniku, treba da omoguće upravljanje uređajima sa daljine i sa bilo kojeg mjesta i u bilo koje vrijeme. U nekim slučajevima, uređaji mogu i sami da donose neke odluke. Prema tome, postoje četiri vrste razmjene informacija u IoT:

- uređaj – uređaj (M2M),
- čovjek – uređaj (H2M),
- čovjek – čovjek (H2H) i
- uređaj – čovjek (M2H).



Slika 1. Slojevi arhitekture IoT (preuzeto iz Khan i dr.,2012)

Za omogućavanje ovih vrsta komunikacija koriste se poznati standardi i protokoli kao što su Bluetooth, NFC, RFID, Wifi kao i neke manje poznate tehnologije kao što su ZigBee, Zwave i 6LOWPAN.

4.1 Arhitektura IoT mreže

Da bi se povezali uređaji i ljudi kao i uređaji sa uređajima potrebna je neka vrsta arhitekture IoT mreže. Kao što Internet koristi TCP/IP(eng. Transmission Control Protocol/Internet Protocol) protokol sa određenim slojevima za komunikaciju tako i Internet stvari obuhvata mnoge podjele na slojeve, međutim mnoge od njih predstavljaju zastarjele podjele na nedovoljno definisane slojeve, tako da danas prihvaćena podjela obuhvata pet slojeva kao što je vidljivo na slici 1.:

- poslovni sloj,
- aplikacijski sloj,
- posrednički sloj,
- mrežni sloj i
- percepcijski sloj (Khan i dr., 2012).

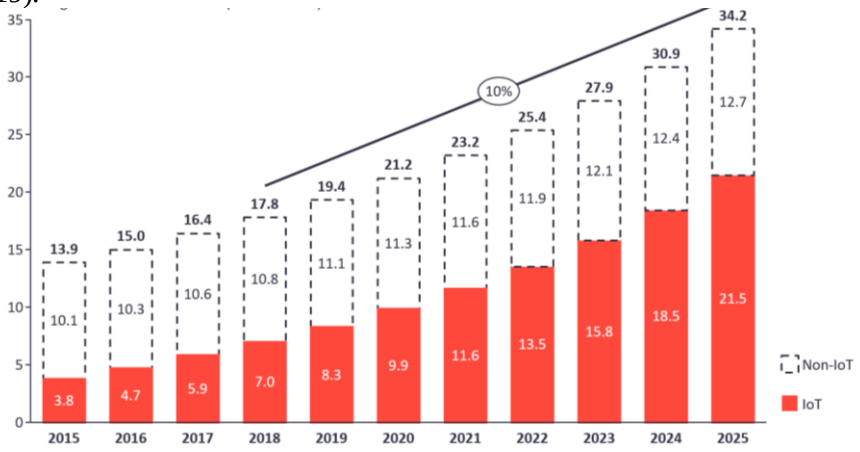
Za prikupljanje informacija iz okruženja zaduženi su senzori. Svaka IoT arhitektura mora da posjeduje jedan ili više senzora. Senzor je elektronički uređaj koji proizvodi električni, optički ili digitalni podatak iz fizičkog stanja ili događaja. Podaci dobijeni iz senzora se potom elektronički transformiraju, od strane drugog uređaja, u output odnosno izlaznu informaciju koji je koristan za donošenje odluka pomoću inteligentnih uređaja ili ljudi (Holdowsky i dr., 2015).

U zavisnosti od situacije bira se i vrsta senzora koja će se koristiti, pošto postoji veliku broj različitih senzora koji se mogu koristiti. Neki od najčešće korištenih senzora su:

- senzor temperature,
- senzor udaljenosti,
- senzor pritiska,
- senzor kvaliteta vode,
- hemijski senzori,
- senzor dima,
- Infra-crveni senzori,
- snezor pokreta i
- žiroskop itd. (https://www.finoit.com/blog/top-15-sensor-types-used-iot, 04.09.2019).

4.2 IoT tehnologije

Kao što možemo vidjeti na slici 2.,danas postoji preko 19 milijardi povezanih uređaja, sa brojem IoT uređaja oko 8 milijardi, i taj broj raste iz dana u dan. Predpostavlja se da će broj povezanih uređaja dostići 35 milijardi do 2025. godine.(https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/ , 04.09.2019).



Slika 2. Broj povezanih uređaja globalno(preuzeto iz https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/)

Ova količina uređaja proizvodi nezamislivu količinu podataka svakog časa, te je potreban način da se omogući upravljanje ovim podacima. Za to je zaslužana BigData tehnologija.

Big Data je tehnologija koja je zaslužna za prikupljanje i analizu ogromne količine podataka u realnom vremenu. Ona obuhvata velike i kompleksne setove podataka, kod kojih tradicionalne aplikacije za obradu podataka nisu primjenjive. Te skupove podataka karakterišu raznovrsnost formata, velike brzine obrade i pristup velikom obimu podataka (https://www.majkic.net/novosti/nauka-i-tehnologija/906-sta-je-big-data, 05.09.2019).

Najznačajnije karakteristike BigData se definišu sa tri V (Volume, Variety, Velocity):

- veliki obim podataka (Volume),
- različite vrste podataka i formata (Variety) i
- brzina obrade i pristupa podacima (Velocity).

Zbog ovih osobina, BigData predstavlja odlično riješenje za obradu velike količine podataka koji dolaze sa IoT uređaja te njihovu pohranu.

Druga veoma bitna tehnologija koja predstavlja osnovu funkcionisanja Interneta stvari je Cloud. “Cloud računarstvo” je model kojim se obezbjeđuje pogodan pristup mreži na zahtjev raspodeljenim resursima, koji mogu biti mreže, serveri, memorije, aplikacije i servisi. Pri tome resursi mogu da budu obezbijeđeni i realizovani uz minimalnu interakciju provajdera servisa (Weiss, 2007). Ovi servisi su web orijentisani što ih čini lako pristupnim svima onima sa internet konekcijom i dostupni su na bilo kojoj vrsti uređaja (uz uslov Internet konekcije).

Vrste cloud-a prema lokaciji su:

- javni,
- privatni i
- hibridni.

Arhitektura za cloud računarstvo može da se podijeli u četiri sloja:

- hardverski sloj,
- sloj infrastrukture,
- sloj platforme i
- sloj aplikacije.

Zbog dostupnosti cloud predstavlja jedinu tehnologiju koja je u mogućnosti da filtrira, analizira i pohrani podatke koje proizvode uređaji i senzori IoT mreže u bilo koje doba i bilo gdje.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Saobraćaj je jedan od ključnih faktora koji određuje kvalitet života u gradovima. Dnevno na cestama širom svijeta život izgubi oko 3 300 osoba, pri čemu su saobraćajne nesreće na devetom mjestu uzroka smrti u svijetu (https://www.radiosarajevo.ba/, 06.09.2019). Saobraćajne nesreće, rast populacije i povećanje učesnika u saobraćaju neće predstavljati problem tj. njihov broj bi se mogao drastično smanjiti ako se dostupne tehnologije kao što su Internet stvari i senzori koriste za nadzor i upravljanje saobraćajem. Ove tehnologije postaju sve više dostupne i njihova cijena je sve niža, te njihova primjena nema granica. Ipak sa druge strane, primjena IoT u saobraćaju nije jeftina, te mnoge države, uključujući i našu nemaju planove za implementaciju ovih rješenja u svojim institucijama i na svojim cestama u skorijoj budućnosti.

6. LITERATURA

Anadolija., U saobraćajnim nesrećama godišnje strada 1,25 miliona ljudi širom svijeta. Posjećeno 6.9. 2019. Dostupno na: https://www.radiosarajevo.ba/magazin/zanimljivosti/u-svijetu-godisnje-u-saobracajnim-nesrecama-strada-125-miliona-ljudi/282003.

Basu, A. (2014). Smart Parking. Happiest Minds.

Cabo, M., Fernandes, F., Pereira, T., Fonseca, B., & Paredes, H. (2014). Universal Access to eCall System. Procedia Computer Science, 27, 104–112. doi: 10.1016/j.procs.2014.02.013

Holdowsky, J., Mahto, M., & Raynor, M. E. (2015). Inside the Internet of Things (IoT). Deloitte University Press.

Internet of Things Global Standards Initiative. Posjećeno 4.9.2019. Dostupno na: https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx.

Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R., & Khan, S. (2012). Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges. 2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology. doi: 10.1109/fit.2012.53

Lueth, K. L. (2018, Avgust 8). State of the IoT 2018: Number of IoT devices now at 7B – Market accelerating. Posjećeno 4.9.2019. Dostupno na: https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/.

Majkić, D. (2018, Decembar 20). Šta je BigData. Posjećeno 5.9.2019. Dostupno na: https://www.majkic.net/novosti/nauka-i-tehnologija/906-sta-je-big-data.

Mohanty, S. P., Choppali, U., & Kougianos, E. (2016). Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of things is the backbone. IEEE Consumer Electronics Magazine, 5(3), 60–70. doi: 10.1109/mce.2016.2556879

Smart Bus Shelter. Posjećeno 6.9.2019. Dostupno na: http://iotsys.io/intelligent-components/infrastructure/smart-bus-shelter/.

Top 15 Sensor Types Used By IoT Application Development Companies. (2019, Oktobar 18). Posjećeno 4.9.2019. Dostupno na: https://www.finoit.com/blog/top-15-sensor-types-used-iot/.

Weiss, A. (2007). Computing in the clouds. NetWorker, 11(4), 16–25. doi: 10.1145/1327512.1327513

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

DEVELOPING THE SECOND GENERATION OF SAFETY MANAGEMENT IN THE AVIATION

Andrej Lališ[a], Slobodan Stojić[a]

[a] *Czech Technical University in Prague, Horská 3, 128 03 Prague 2, Czech Republic, lalisand@fd.cvut.cz, stojislo@fd.cvut.cz*

Apstract: *Safety management belongs to the newest and one of the fastest developing domains in the aviation. Since its invention from around the year 2000, there has been growing interest worldwide in getting more control over the negative aspects of risk in flight operations. Today, the achievement is remarkable given the safety records of modern aviation. However, past success cannot be guarantee of future safety due to fast pace of development and ever-increasing complexity of the aviation industry. Past methods and approaches do not indicate as great performance today and so has the approach to safety management deal with the new emerging challenges. This paper deals with potential implementation of the modern safety theory into the established framework of safety management system. It utilizes all current safety models and methods and proposes how the framework could be updated in the aviation to achieve new generation of safety management. The results show how the theory can be integrated in the aviation with some remarks about the new concept. The paper shows the way forward to the future safety management and ground the future research in the domain.*

Key words: *FRAM, RAG, resilience engineering, safety engineering, STAMP*

1. INTRODUCTION

Aviation progressively became the safest transport mode, at least from the perspective of fatalities per distance travelled (Savage, 2013). Considering the latest statistics available, probability of aviation fatal accident is about 10^{-7} in order of magnitude (IATA, 2019), which is remarkable safety record. The record is attributable to long term effort in various disciplines, progressively resolving technical, human factors and organizational safety issues, the latest represented by the introduction of the safety management system (SMS). SMS became over the last 20 years standard in the aviation; all key aviation stakeholders are obliged to implement and maintain the system (ICAO, 2016). Organizational issues and dynamicity of the aviation necessitated introduction of this new managerial system, to support decision making about safety at organizational level.

The current SMS framework in the aviation is described by the ICAO (International Civil Aviation Organization) Doc. 9859 Safety Management Manual (ICAO, 2018) and consists of four main components: safety policy and objectives, safety risk management, safety assurance and safety promotion. The key technical elements are part of the safety risk management component: hazard identification and safety risk assessment and mitigation. In simple terms, these elements provide aviation organizations with means to identify what the current safety problems are, what is their priority and which of them shall be addressed by appropriate measures. All the other SMS components build on the information acquired with the safety risk management component.

In the aviation, ICAO endorses the use of several safety-related tools that provide rationale for the component: SHELL (Edwards, 1972) and Swiss cheese (Reason, 1990) safety prediction models, the concept of practical drift and the risk matrix (ICAO, 2018). While these tools are grounded in decades of accident and incident investigation (not only in the aviation), undoubtedly being proven by the previous experience, modern theory of safety already provides new models and methods, that surpass the current safety tools (Eurocontrol, 2009). This time however, this shift in the theory is not just another evolutional step of the currently used safety models and methods, but rather a significant change altering the very foundations of safety thinking. This shift is called Safety-II and it was described by prof. Hollnagel (Hollnagel, 2014).

Safety-II introduces several new notions and it well corresponds to the new focus of the safety theory: the system level. Recent thoughts about safety are attracted to this level, because there are several phenomena that are considered as having significant impact on the overall safety outcome: emergence, resonance and complexity

(Dekker, 2012) (Hollnagel, 2014) (Leveson, 2012). More precisely, safety is now considered an emergent property, i.e. a product of the overall system behavior that can cannot be predicted as the sum of system components behaviors. Safety-II also changes the governing principle, which is the resonance instead of causality, typical for older models and methods (now commonly referred to as Safety-I). On the other hand, Safety-II is not intended to replace Safety-I, but to complement it. The reason is that complex (non-traceable) systems behave in different ways than traceable systems do. Safety-II in this respect is focused on the complex systems, while Safety-I methodologies remain valid for simpler, traceable systems.

The issue in the aviation is, that the industry progressively became complex, at the level of the industry so as at the level of individual organizations and with much of the technology we use. Among the examples that this became so is that modern aircraft are heavily dependent of software, the industry is globalized and multiple companies with different background operate on the same infrastructure etc. There are too many links between the aviation components, generating complexity. With this in mind, further maintenance and progress of safety cannot be achieved without adoption of Safety-II.

This paper considers the current situation and provides an insight into the options for further development of the SMS framework. The key methodologies and models are briefly introduced and basic conceptualization of how the future SMS system shall be updated are provided. The work builds on the knowledge and experience from several research projects carried by the Czech Technical University in Prague, in cooperation with Czech aviation organizations and funded by the Technology Agency of the Czech Republic.

2. METHODS

This section provides brief introduction of the models and methods that are currently available by the safety theory. They represent the methodological background for further update of the SMS framework, not only in the aviation. This paper, however, is limited to the aviation and so the results provide basic schema of how the modern models and methods could be integrated with the ICAO SMS framework.

2.1 FRAM – The Functional Resonance Analysis Method

FRAM became the first Safety-II compatible methodology, developed by prof. Hollnagel (Hollnagel, 2012). As the name suggests, the method is designed to help its user to identify resonance (at the system level), with subsequent guidance how negative effects can be avoided and, vice versa, how positive effects reinforced. The method is based on the idea that resonance is one of the possible products of variability combination, here the variability of functions provided by the assessed system. This means that the method encourages the user to draw functional diagrams and search for the possible variabilities and their combinations. It is mostly recognized by the notation using hexagon visualizations of the functions and their aspects, as shown in Fig. 1.

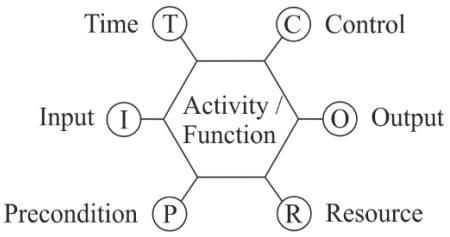


Figure 1. Function description as per FRAM (Hollnagel, 2012)

A functional description is achieved by identifying the scope of the analysis (i.e. relevant functions) and by connecting the functions with each other as in Fig. 2. Each function can have output and five types of input, as shown in Fig. 1. An output from a function serves as the input to some other downstream function. After the functional schema is complete, possible variability has to be identified. This is cumulatively determined as the variability of a function output, which can combine downstream with other output variability. Aggregation analysis of the function variability searches for the potential resonance and guides the user to identify where variability should be dampened, or possibly increased.

FRAM is suitable for analysis of accidents or safety assessment of a proposed system, which is complex and where safety is in sequence driven by resonance. For detailed description of the method and its application see (Hollnagel, 2012).

2.2 RAG - The Risk Assessment Grid

RAG is one of the newer methods compatible with Safety-II, designed to assess whether particular system is resilient, or more precisely if the system has potential for resilient performance. The author is also prof. Hollnagel, and the method uses FRAM notation (Hollnagel, 2017). Unlike FRAM, it provides basic functional schema (depicted in Fig. 2), that shall be present in some form in a system to increase the likelihood of its resilient performance. The user thus either assesses whether the generic functions (resilience potentials) to monitor, respond, learn and anticipate are sufficiently built in a system or, if this is not the case, how they can be built in.

For that purpose, the author proposed basic check-lists with questions about each potential, that should be developed in detail and mapped to specific environment. Answers with the questions are both diagnostic and formative, i.e. they allow assessment of each potential presence, so as guidance how the presence can be enabled.

This method represents one of the major shifts in current theory, where resilience engineering is becoming more of the focus than safety engineering. The shift is a result of discussions in the background of Safety-II about the very meaning of safety and the paradox of safe organizations: the more organizations get safe, the less safety data they have and the less they can estimate the true safety performance (Hollnagel, 2014). The concept of resilience resolved the issue since there will be more data about resilience performance when particular system is managed properly. For detailed description of the method, its application and the role of resilience in modern safety management can be found in (Hollnagel, 2017).

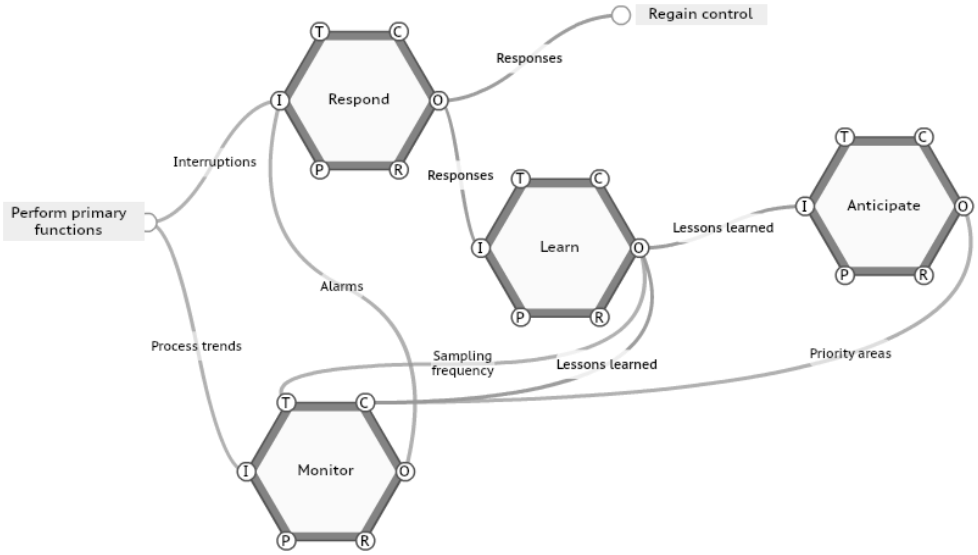


Figure 2. RAG - Functional schema of resilience potentials with FRAM notation (Hollnagel, 2017)

2.3 STAMP – Systems -Theoretic Accident Model and Processes

STAMP belongs to the newest safety models available in the theory, taking the system-level perspective for safety management. The model was developed by prof. Leveson and it explains safety as a control problem (Leveson, 2012). It attempts to systematize the information normally available in companies and industries to find out where and how inadequate control occurred. By control we mean human interventions, e.g. by a pilot flying an aircraft through various managers issuing instructions up to the governmental bodies, issuing law and standards. We also mean automated controllers which are designed to control some process, such as the autopilot controls a flight. However, STAMP is not fully compatible with Safety-II, since it does not account for resonance as the governing principle of safety events, but retains causality from Safety-I. Nevertheless, it provides system-level perspective and allows for control of emergent phenomena in complex systems. In comparison with FRAM and RAG, methods based on STAMP take different perspective and allow for identification and resolution of different safety issues.

There are several methods based on STAMP, such as CAST (Causal Analysis based on STAMP) and STPA (Systems-Theoretic Process Analysis), which are designed for accident investigation and safety assessment. In comparison with the other methods, the theory of STAMP is more versatile, as prof. Leveson already discussed application of STAMP on all common safety use cases, i.e. designing, manufacturing,

operating, modifying and updating a system or investigating into an accident (Leveson, 2012). What is more, recently the theory was discussed in application to security management, which supports the versatile nature of the model (Leveson and Thomas, 2018). This is mostly given by the reuse of feedback control theory concepts (Doyle et al., 2013), originating from computer science, that allow for a system description (here mainly object-based) with control loops. The control loop is the core concept of STAMP and it is depicted in Fig. 3. System description needed for safety assessment is achieved as a hierarchical network of control loops. Description of the model and its methods can be found in (Leveson, 2012) (Leveson and Thomas, 2018) (Leveson, 2019).

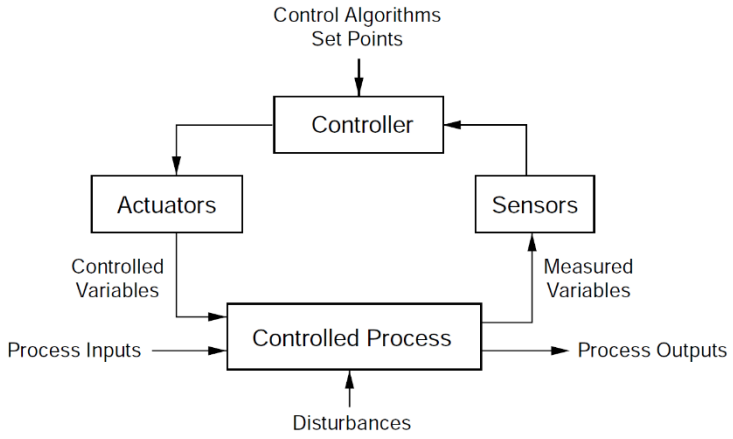


Figure 3. STAMP control loop reused from feedback control theory (Leveson, 2012)

2.4 ICAO SMS framework

ICAO provided SMS framework for the system application in the aviation (ICAO, 2018). It's all components and elements are depicted in Tab. 1. The core technical elements are 2.1 and 2.2 of the second component, where the influence of the underlying safety prediction models and methods is the most significant. It also severely impacts elements 3.1 and 3.2 of the third component, with some influence for the remaining elements of the third and fourth SMS component.

As already mentioned, these components are now based on Swiss cheese and SHELL prediction models of safety, with the consideration of practical drift phenomena, thus clearly a Safety-I perspective. Given the recent progress in safety theory described in previous sections, the question now arises, how the new theory changes what we do today? Certainly, it does not imply redefinition of the SMS framework from Tab. 1, only an update how each of the activities in the relevant elements are performed. Within the ongoing research project at the Czech Technical University in Prague, practical solution to this issue was researched.

Table 1. SMS framework defined by the ICAO (ICAO, 2018)

Component	Element
1. Safety policy and objectives	1.1 Management commitment 1.2 Safety accountability and responsibilities 1.3 Appointment of key safety personnel 1.4 Coordination of emergency response planning 1.5 SMS documentation
2. Safety risk management	2.1 Hazard identification 2.2 Safety risk assessment and mitigation
3. Safety assurance	3.1 Safety performance monitoring and measurement 3.2 The management of change 3.3 Continuous improvement of the SMS
4. Safety promotion	4.1 Training and education 4.2 Safety communication

3. RESULTS

Fig. 4 represents the conceptualization of how the current safety theory models and methods can be applied with the aviation SMS framework. In the figure, the core is process modeling, here with the use of BPMN language. Illustrative schema in the central part of the figure (blue and red boxes, yellow operators with relations) represents generic process description, deliberately not readable. Such schema is common way process documentation is currently stored in the aviation organizations, originally for the purpose of business process management. This schema, however, contains many information needed for system description by the STAMP-based methods and FRAM or RAG.

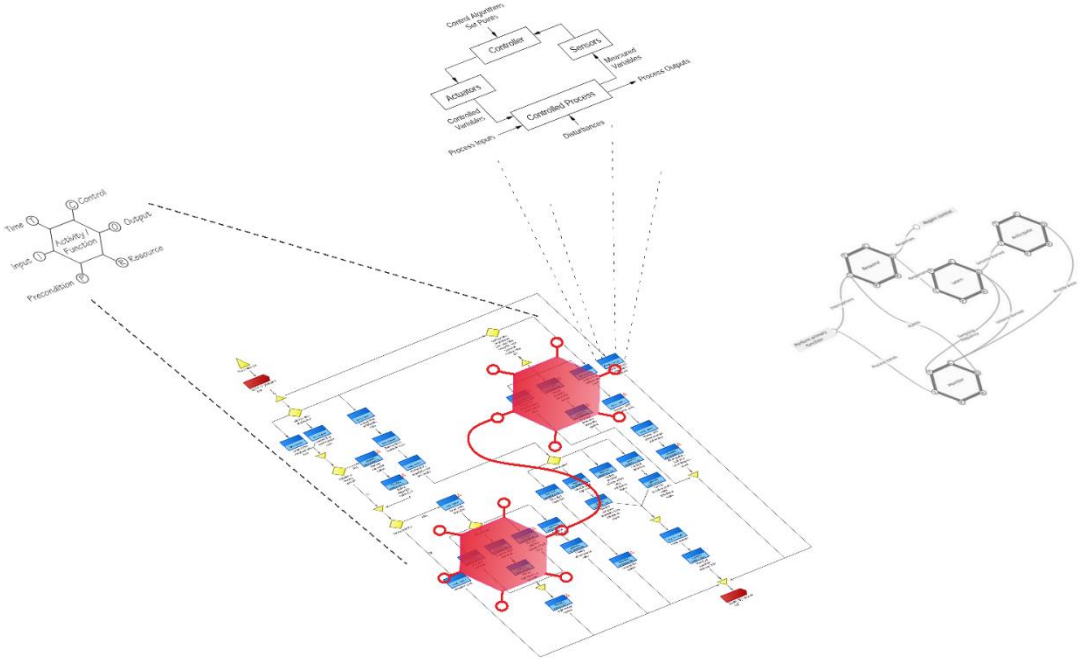


Figure 4. Conceptualization of SMS framework with STAMP, FRAM and RAG

In the Fig. 4, STAMP control loop fits into a single process step. More precisely, one activity (blue box) is a controlled process, that typically has a control loop assigned, e.g. responsible person is normally specific among the process step attributes, which corresponds to a controller in STAMP theory.

FRAM based functions correspond to a single process step, so as to a set of process steps, depending on the model granularity. In the figure, this is illustratively depicted as the red hexagons covering multiple process steps in different parts of the system, with connection representing dependability between the functions. Definition of the functions is analytical choice, but the structure of the process documentation normally suggests parts where process steps comprise one comprehensive activity, thus providing a function. Lastly, since RAG uses FRAM notation, the established system description with the red hexagons can be directly used for the purpose of RAG-based analysis.

4. DISCUSSION

The solution in Fig. 4 resolves some of the issues already identified with the application of the modern theory, especially time, experience and data requirements to apply the models and methods (Underwood et al., 2016) (Kim et al., 2016) (Patriarca et al., 2017). Grounding the models in process documentation saves time and resources to build the system description for safety assessment, under some conditions it may be even possible to automatically extract it from the documentation. It reduces the time and experience needed, because process documentation management is maintained by personnel outside the safety management, as part of the already existing processes. It also limits the issues with data requirements, because data can be reused for multiple purposes.

On the other hand, process documentation does not contain all the information needed for STAMP, FRAM and RAG. For STAMP, it may be necessary to add information about the safety control structure, e.g. specifying actuators and sensors, the hierarchy of controllers, and contributory factors, that can be derived from the information about control structure. For FRAM, it is necessary to exercise the analytical choice about the functions provided by the system. RAG may add new requirements for the existing functional representation by

FRAM. This additional information shall be provided by safety management staff, either as new information added directly to the process documentation in BPMN notation (e.g. by use of attributes in particular BPMN software), or as information stored in the SMS software solution, that needs to be integrated with process management documentation. Such solution may require initial investment, but eventually has the potential to allow for the shift of the underlying safety model and methods in the SMS.

The final effect would be updated SMS in terms of what hazards could be identified. Further, STAMP, FRAM and RAG inherently contain guidance how concrete issues can be resolved. In STAMP, this is given by suggestions about possible update to the safety control structure, in FRAM by suggestions about redefinition of functions or modification of the processes which provide them, to dampen negative resonance in function variability, and in RAG this may lead to introduction of new functions or modification of the existing, to enable resilient performance. In general, this guidance is a benefit of the application of modern theory, since aviation organizations currently propose mitigation measures almost exclusively based on expert assessment.

5. CONCLUSION

This paper deals with the issue of applying modern safety engineering theory into the current aviation SMS framework. The theory so as the SMS framework were detailed, key ideas about the current way of thinking about safety and its management were provided. In the paper results, basic conceptualization of how the new safety models and methods could be related with current activities of aviation organizations and their safety management is proposed. The results indicate that it is possible to integrate process management with safety management, and to exploit this integration to achieve system-level description needed by all the modern safety models and methods. This way, the practical limitations of the models and methods can be partly resolved.

The paper is, however, limited to the extent it provides technical solutions for the integration. These solutions will be detailed in other papers, as it was out of the scope of this work. It is also limited in the details of the conceptualization at the level of the safety theory, as this relates to the application of ontology engineering, which will also be detailed in more technical papers. On the other hand, the schema is a product of a series of research projects carried by the Czech Technical University in Prague, that were executed with Czech aviation organizations, with respective validation. It is recommended that aviation organizations take into account the future technical papers if they decide to apply the conceptualization.

The future work will provide all technical details about the integration of process and safety management, so as the details of conceptual integration of the current safety theory. The whole updated SMS framework shall be subject to thorough testing until all the details are refined and the solution is completely specified. In this respect, there is great potential for update of the safety theory itself, as update of the SMS framework may allow new discoveries about the mechanism safety manifests itself.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Technology Agency of the Czech Republic, grant No. TJ01000377.

6. REFERENCES

Dekker, S. (2012). Drift into Failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems. Ashgate Publishing.

Doyle, J., Francis, B. and Tannenbaum A. (2013). Feedback Control Theory. Courier Corporation.

Edwards, E. (1972). Man and machine: Systems for safety. In: Proceedings of British Airlines Pilots Association Technical Symposium, British Airlines Pilots Association, London, 21-36.

Eurocontrol (2009). A White Paper on Resilience Engineering for ATM. The European Organisation for the Safety of Air Navigation. Available from: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2019-07/white-paper-resilience-2009.pdf, 1.9.2019.

Hollnagel, E. (2012). FRAM: the Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-technical System. Ashgate Publishing.

Hollnagel, E. (2014). Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. Ashgate Publishing.

Hollnagel, E. (2017). Safety-II in Practice: Developing the Resilience Potentials. Taylor & Francis.

IATA (2019). Fact Sheet Safety. International Air Transport Association (IATA). Available from: https://www.iata.org/pressroom/facts_figures/fact_sheets/Documents/fact-sheet-safety.pdf, 1.9.2019.

ICAO (2016). Annex 19 - Safety Management. Montréal, Quebec: International Civil Aviation Organization (ICAO).

ICAO (2018). Doc. 9859: Safety Management Manual. Montréal, Quebec: International Civil Aviation Organization (ICAO).

Kim, T., Nazir, S. and Øvergård, K. I. (2016). A STAMP-based causal analysis of the Korean Sewol ferry accident. Safety Science, 83, 93-101.

Leveson, N. (2012). Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety. MIT Press.

Leveson, N. and Thomas, J. (2018). STPA Handbook. Available from:

https://psas.scripts.mit.edu/home/get_file.php?name=STPA_handbook.pdf, 1.9.2019

Leveson, N. (2019). CAST Handbook. Available from:

https://psas.scripts.mit.edu/home/get_file4.php?name=CAST_handbook.pdf, 1.9.2019

Patriarca, R., Del Pinto, G., Di Gravio, G. and Constantino, F. (2017). FRAM for Systemic Accident Analysis: A Matrix Representation of Functional Resonance. International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, 25(1).

Reason, J. (1990). The contribution of latent human failures to the breakdown of complex systems. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 327 (1241), 475-484.

Savage, I. (2013). Comparing the fatality risks in United States transportation across modes and over time. Research in Transportation Economics, 43(1), 9-22.

Underwood, P., Waterson, P. and Braithwaite, R. (2016). 'Accident investigation in the wild' - a small-scale, field-based evaluation of the STAMP method for accident analysis. Safety Science, 82, 129-143.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.af.uns.rs.ba

GEODETIC REFERENCE SYSTEMS IN AVIATION

GEODETSKI REFERENTNI SISTEMI U VAZDUHOPLOVSTVU

Sanja Tucikešić[a], Ankica Milinković[b], Tanja Fržović[c], Kornelija Ristić[a]

[a] *Faculty for Architecture, Civil Engineering and Geodesy of University of Banja Luka, Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, sanja.tucikesic@aggf.unibl.org, kornelija.ristic@aggf.unibl.org*

[b] *'Vekom geo', Trebinjska 24, Belgrade 11000, Serbia, ankica.milinkovic@vekom.com*

[c] *Republic administration for geodetic and property affairs, Republika Srpska Square, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, tanjafrzovic@gmail.com*

Abstract: *Starting with active use of the World Geodetic System 1984 (WGS-84) as a common geodetic reference framework for international civil aviation, there is provided a faster and easier access to data, as well as better and more quality services to airports. Qality improvement of services to airports in some kind illustrates development level of the country, and its integration to the rest of the world. Observing of obstacles in the both of air and ports, increases security of National airspace systems, delivering accurate spatial coordinates of objects that could pose a risk to aircraft during take-off and landing. An obstacle is any natural or artificial object, such as a towers, trees, antennas or buildinges located in an area intended for the movement of aircraft across the ground or extending beyond the surfaces defined for the protection of aircraft in flight. Conventional methods of exploring airports obstacles include a combination of photogrammetric and field techniques that provide high level of accurate and reliable obstacles.*

Key words: *WGS-84, obstacles, geodetic reference systems*

Apstrakt: *Počevši sa aktivnom upotrebom Svjetskog geodetskog sistema WGS-84 (eng. World Geodetic System 1984) kao zajedničkog geodetskog referentnog okvira za međunarodno civilno vazduhoplovstvo, omogućen je brži i jednostavniji pristup podacima, koji pružaju bolje i kvalitetnije usluge vazdušnim lukama. Poboljšanje kvaliteta usluga u vazdušnim lukama, u određenoj mjeri, pokazuje nivo razvoja zemlje i integracije sa ostatkom svijeta. Mjerenje prepreka u vazdušnim lukama povećava sigurnost Nacionalnih sistema vazdušnog prostora, pružajući tačne prostorne koordinate za objekte koji bi mogli predstavljati opasnost za vazduhoplove pri polijetanju i slijetanju. Prepreka je bilo koji prirodni ili umjetni objekat, poput tornjeva, drveća, antena ili zgrada, koji se nalazi u oblasti namijenjenoj za kretanje vazduhoplova po zemlji ili koji se protežu iznad površi definisanih za zaštitu vazduhoplova u letu. Konvencionalne metode istraživanja aerodromskih prepreka obuhvataju kombinaciju fotogrametrijskih i terenskih tehnika ispitivanja, koje daju vrlo precizne i pouzdane podatke o preprekama.*

Ključne riječi: *WGS-84, prepreke, geodetski referentni sistemi*

1. UVOD

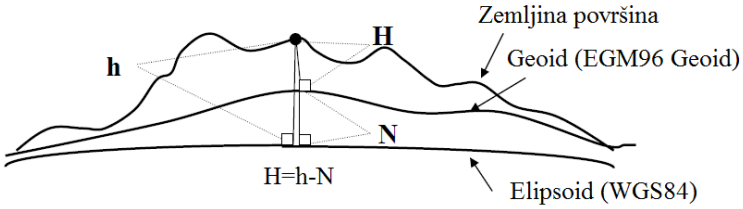
U skladu sa preporukama Međunarodne organizacije za civilno vazduhoplovstvo - ICAO (eng. International Civil Aviation Organization) svi aerodromi, uređaji za navigaciju i prepreke koje mogu ometati obavljanje vazdušnog saobraćaja moraju biti snimljeni. ICAO je stvorena 1944. godine za potrebe sigurnog prometa i urednog razvoja međunarodnog civilnog vazduhoplovstva u cijelom svijetu. Ona postavlja standarde i propise potrebne za sigurno vazduhoplovstvo, učinkovitost i pravilnost, kao i za zaštitu vazdušne okoline. ICAO je postavio minimalne geodetske podatke koji su potrebni da bi se u vazduhoplovstvu upravljalo letom na nebu i zemlji. Svi podaci moraju udovoljavati zahtjevima kvaliteta u pogledu tačnosti, rezolucije i integriteta.

Snimanje podrazumijeva određivanje karakterističnih tačaka aerodroma i prepreka na i oko aerodroma u Svjetskom geodetskom sistemu WGS84 (eng. World Geodetic System 1984). Usvojen vazdušni standard za horizontalni referentni system je WGS-84, dok je srednji nivo mora MSL (eng. Mean Sea Level) usvojen vazdušni standard za vertikalni referentni sistem. MSL visine mogu se izvesti pomoću odgovarajućeg modela geoida. Gravitacijski model Zemlje EGM-96 (eng. Earth Gravitational Model 96) je prihvaćen globalni model

geoida, a gregorijanski kalendar i koordinirano univerzalno vrijeme UTC (eng. Coordinated Universal Time) usvojeni su kao vremenski referentni sistem.

Prema tome, horizontalna osnova za sve podatke o terenu, preprekama i aerodromima mora biti elipsoid WGS-84. U slučajevima da neki od skupova podataka postoje u drugom referentnom sistemu, moraju se transformisati u WGS-84. To podrazumijeva tri translacije središta starog na novi elipsoid, tri rotacije starog na novi elipsoid i jedan faktor razmjere koji povezuje lokalne deformacije starog sistema.

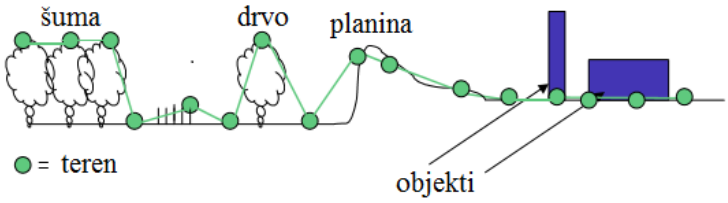
Svi podaci o terenu, preprekama ili kartografskim podacima aerodroma koji uključuju informacije o horizontalnom položaju moraju se opisati u jedinicama geografske širine/dužine u svrhu razmjene podataka. Za sve podatke o kartiranju terena, prepreka ili aerodroma koji zahtijevaju vertikalnu komponentu, vertikalna osnova mora biti ortometrijska visina (koja se odnosi na MSL) u svrhu razmjene podataka. Ortometrijska visina može se izračunati pomoću elipsoidnih visina WGS-84 i odgovarajuće undulacije geoida, slika 1. Undulacija geoida mora biti izvedena korištenjem Zemljinog gravitacijskog modela iz 1996. (EGM-96) ili modelima njihovih kasnijih ostvarenja. Ako se ne koristi EGM-96, mora se osigurati model geoida koji se koristi za dobijanje ortometrijske visine.



Slika 1. Odnos između elipsoidne (h), orometrijske (H) i geoidne (N) visine.

U zavisnosti od važnosti oblasti koju treba snimiti izvršena je njena podjela. Oblast 1 odnosi se na čitavu teritoriju države. Oblast 2 je završna kontrolisana oblast TMA (eng. Terminal Area), odnosi se na oblast oko 45 km od Referentne tačke aerodroma - ARP (eng. Aerodrome Reference Point). Oblast 3 predstavlja oblast aerodroma, 90 m od poletno-sletne staze (aerodromske piste) i 50 m od ivice vozne staze i platforme. Oblast 4 predstavlja teren ispred praga koji je namijenjen operacijama sletanja kategorije II i III (120x900 m u pravcu produžene ose aerodromske piste).

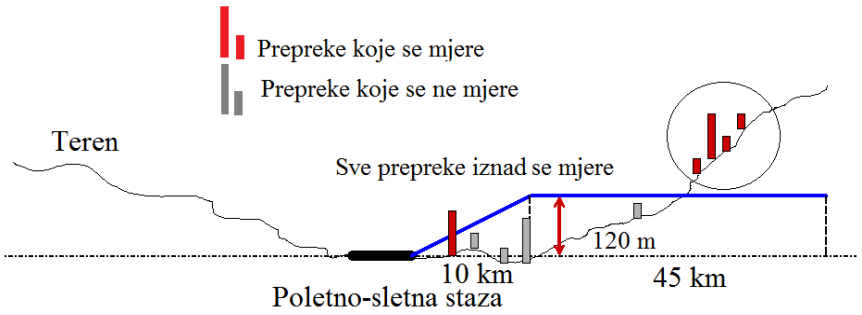
Prepreka je nepokretni (privremen ili stalan) i/ili pokretan objekat ili njegovi dijelovi koji se nalaze u oblasti namijenjenoj za kretanje vazduhoplova po zemlji ili koji se protežu iznad površi definisanih za zaštitu vazduhoplova u letu. Podaci o preprekama uključuju digitalnu predstavu vertikalne i horizontalne veličine vještačkih objekata. Prepreke se ne bilježe u bazu podataka o terenu. One su u bazi predstavljajene kao tačke, linije ili poligoni. Podaci o preprekama moraju se dokazati sa dva nezavisna mjerenja i moraju da zadovolje odgovarajuće kriterijume premjera. Prilikom geodetskog snimanja treba imati na umu da se prilikom pregleda propisanog područja može stvoriti situacija u kojoj najviša prepreka unutar tog područja ne mora nužno biti dominantna prepreka za tu određenu fazu leta. Prema tome, geodeti uvek treba da potvrde prepreku na listi glavnih prepreka, ako postoji sumnja u njenu valjanost kao prepreku. Prepreke uključuju teren, vegetaciju i objekte, slika 2.



Slika 2. Definicija prepreka

Potrebno je da se pažljivo pristupi posmatranju poprečnih i uzdužnih prepreka u neposrednoj blizini poletno-sletne staze, jer njihov uticaj može imati veći značaj od najviših tačkaka. Najviši objekti možda i nisu najvažniji za razmatranje. Sitne prepreke kao što su gromobrani ili antene koje nadmašuju objekte možda neće biti vidljive na daljinu. Zbog toga se mora paziti na posmatranje udaljenih prepreka kako bi se osiguralo da je najviša tačka registrovana i mjerena. Privremene prepreke na koje se nailazi u toku premjera treba uključiti i identifikovati kao privremene. Izvještaj treba da bude uključen u Izjveštaj premjera u kome se navodi vremenski opseg svih takvih prepreka. Prilikom podnošenja izvještaja, geodeta treba da navede detalje o svim premjerenim preprekama. Prepreke u prethodnim istraživanjima potrebno je samo provjeriti, da bi se potvrdila njihova visina i položaj. Posebnu pažnju treba obratiti na objekte i drveće čija se visina može mijenjati. Ako je očigledno da postoje značajne prepreke koje prelaze granicu od 10 km, područje istraživanja treba se produžiti uzdužno do 30

km kako bi se uzele u obzir takve prepreke. Na slici 3 prikazano je koje prepreke treba, a koje ne treba izmjeriti, zavisno od udaljenosti od poletno-sletne staze.



Slika 3. Prepreke koje treba i prepreke koje ne treba mjeriti

Predmet ovog rada su geodetski radovi koji se odnose na snimanje u Oblasti 3 i Oblasti 4 i prepreka u Oblasti 2. Prilikom premjera primjenjuju se odgovarajuće metode kako bi se kvalifikovala tačnost i integritet dostavljenih podataka. Metodologija premjera mora biti jasno prikazana u izvještaju o premjeru. Zahtjevi su navedeni u ICAO DOC 9674-AN/946, a najstroža tačnost ispitivanja primjenjena je se za aerodromsku klasifikaciju po oblastima 2, 3 i 4 kako je propisano u tabeli 1 i tabeli 2.

Tabela 1. Minimalni zahtjevi tačnosti za podatke o terenu

Atribut	Oblast 2	Oblast 3	Oblast 4
Gustina tačaka	1" (~ 30 m)	0.6" (~ 20 m)	0.3" (~ 9 m)
Horizontalna tačnost	5 m	0.5 m	2.5 m
Vertikalna tačnost	3 m	0.5 m	1 m
Vertikalna rezolucija	0.1 m	0.01 m	0.1
Nivo pouzdanosti (1σ)	90 %	90 %	90 %
Klasifikacija podata	bitni	bitni	bitni
Nivo integriteta	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$

Tabela 2. Minimalni zahtjevi tačnosti za podatke o preprekama

Atribut	Oblast 2	Oblast 3
Gustina tačaka	1" (~ 30 m)	0.6" (~ 20 m)
Horizontalna tačnost	5 m	0.5 m
Vertikalna tačnost	3 m	0.5 m
Vertikalna rezolucija	0.1 m	0.01 m
Nivo pouzdanosti (1σ)	90 %	90 %
Klasifikacija podata	bitni	bitni
Nivo integriteta	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$

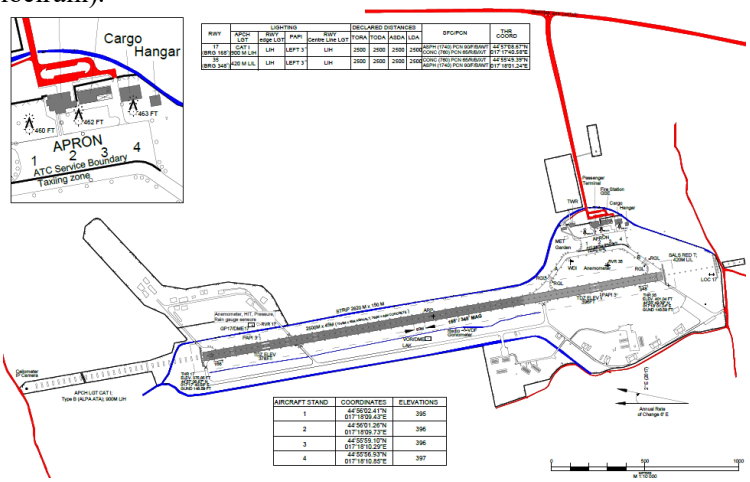
Na osnovu početnih zahtjeva, snimanje u sistemu WGS84, kao i potrebne tačnosti snimljenih podataka, tabele 1 i 2, proizilaze instrumenti i metoda kojom je moguće izvršiti snimanje sa zadovoljavajućom tačnošću. Sva oprema za ispitivanje mora imati trenutnu potvrdu o etaloniranju i biti u mogućnosti da ostvari tačnost koja odgovara zahtjevima premjera. U okviru eksperimenta ovog rada, istraživanja i mjerenja aerodromskih prepreka izvršena su GNSS tehnologijom na aerodromu Banja Luka.

Međunarodni aerodrom Banja Luka nalazi se 23 km od Banja Luke u mjestu Mahovljani, opština Laktaši. Ranije je bio baza avio-kompaniji Er Srpska i Ratnog vazduhoplovstva i protivvazdušne odbrane Vojske Republike Srpske. Od 2018. godine aerodrom Banja Luka je dobio zasluženo priznato mjesto na mapi međunarodnih aerodroma. Ostvarena je mreža letova Brisel, Berlin, Memingen i Stockholm, ništa manje značajna nije ni saradnja sa aviokompanijom „AirSerbia“, čime su omogućeni kratki letovi Banja Luka-Beograd. Ostvareni su i letovi u saradnji sa čarter prevoznicima i mogućnost letova za Grčku i Tursku.

2. REZULTATI

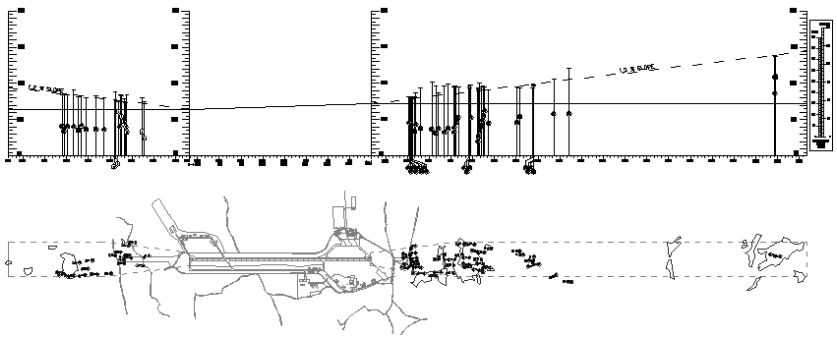
Konvencionalne metode istraživanja aerodromskih prepreka obuhvataju kombinaciju fotogrametrijskih i terenskih tehnika ispitivanja, koje daju vrlo precizne i pouzdane podatke o preprekama (FAA, 1996). Snimanje terena i prepreka je izvršeno sa GNSS tehnologijom kojom se dobijaju koordinate u zahtjevanom sistemu, WGS84, u kombinaciji sa totalnom stanicom, koristeći precizni EDM i metodu trilateracije. Za snimanje je, s obzirom na potrebnu tačnost mjerenja, izvršeno primjenom metode relativnog pozicioniranja u realnom vremenu – RTK metodom (eng. Real Time Kinematic) sa jednim pokretnim prijemnikom u mreži permanentnih GNSS stanica Republike Srpske (SRPOS). Usljed nepostojanja parametara transformacije verifikovanih od strane Republičke uprave za geodetske i imovinsko-pravne poslove za područje opštine Laktaši, parametri transformacije su određeni za šire područje opštine Laktaši, na osnovu poznatih tačaka geodetske mreže. Transformacija je rađena preko permanentne stanice Banja Luka (baze), koja je određena u WGS 84 sistemu, sa jednom GNSS antenom. Za parametre transformacije vodilo se računa da tačke transformacije (trigonometrijske i poligone tačke, koje su određene u državnom sistemu), obuhvataju predviđeno područje. Računanje je vršeno Helmertovom metodom (eng. 3D-Helmert transformation) uz sedam parametara transformacije (tri translacije, tri rotacije i razmjere).

Na predmetnoj aerodromskoj karti ICAO, prikazani su svi neophodni objekti, u skladu sa važećom ICAO regulativom i aneksima. Aerodromska karta ICAO, urađena je digitalno u razmjeri 1:10000. Prilikom prikaza sadržaja karte, vodilo se računa da karakteristični detalji budu uočljivi na predmetnoj karti (pojedini detalji su uvećani i minimalno dislocirani).



Slika 4. Aerodromska karta ICAO

Prepreka je pojedinačno identifikovan objekat ograničenog prostornog opsega. Prepreke nisu uključene u bazu podataka o terenu. Podaci o preprekama, elementi su obilježja, koji su predstavljeni tačkama, linijama ili poligonima, Slika 5.

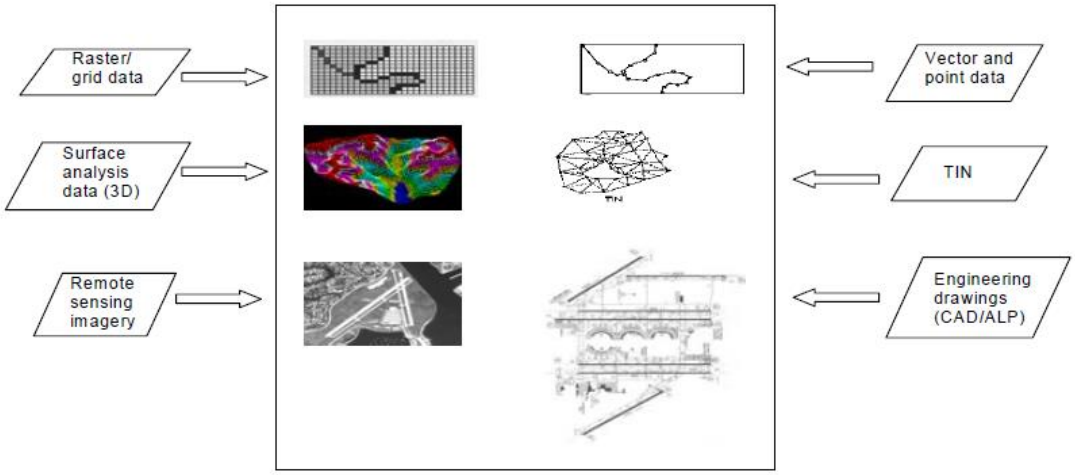


Slika 5. Karta prepreka i poprečni profil prepreka

Primjer elemenata pojedinih karakterističnih prepreka predstavljeni su na slici 6. Svaka prepreka je predstavljena identifikacionim brojem, AMSL visinom, te razvrstavanjem da li je stub, toranj, vrh tornja, antena, zgrada, drvo, šumsko područje ili šuma.

Slika 6. Primjeri karakterističnih prepreka

Aerodromska baza podataka AMDB (eng. Aerodrome mapping database) može se uspješno razviti oslonjajući se na osnovne podatke geodetskog premjera u Oblasti 3, Oblasti 4 i prepreka u Oblasti 2, pri tom razvijajući uz njih dodatne slojeve aerodromskog informacijskog sistema. AMDB predstavlja jednu ili više datoteka koje sadrže informacije u digitalnom obliku, koje predstavljaju odabrane odlike aerodroma, slika 7. Ovi podaci uključuju geo-prostorne podatke i metapodatke za definisano područje.



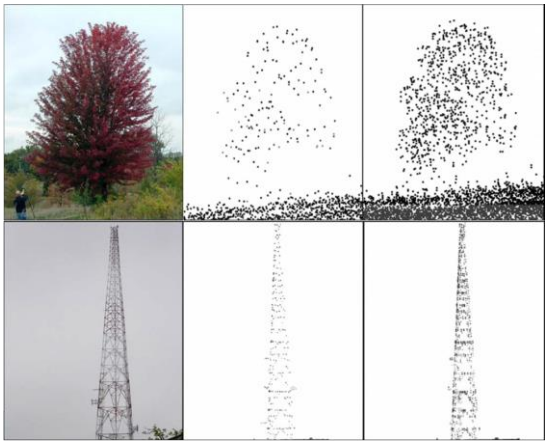
Slika 7. Slojevi tematskih informacija u AMDB sistemima

3. DISKUSIJA

Sva mjerenja su izvršena savremenim metodama snimanja, GNSS tehnologijom, koja daje koordinate u traženom sistemu (WGS84), u kombinaciji sa totalnom stanicom, metodom trilateracije. Izrada karte prepreka mora da bude u skladu sa preporukama Međunarodne organizacije za civilno vazduhoplovstvo. Geodetski radovi u skladu sa tim preporukama moraju da obezbijede: identifikaciju tačaka u ravni polijetanja, izradu liste prepreka koje se mjere i koordinate u WGS84 koordinatnom sistemu. Na poletnoj-sletnoj stazi (aerodromskoj pisti) potrebno je snimiti referentne tačke (tačke početka i kraja piste - ivice i sredinu), kao i tačke preloma u visinskom pogledu, ako takve tačke postoje, a sve u svrhu računanja azimuta i direkcionih uglova, radi određivanja uglova poletno-sletne staze ka sjeveru i jugu. Geodetski podaci i informacije u vazdušnoj navigaciji koriste se za daljnje izračunavanje i oblikovanje kretanja vazduhoplova i sigurnosnih područja u vazduhu i na zemlji. Godišnji premjer treba da identifikuje sve promjene, uključujući značajan rast pojedinog drveća, od prethodnog premjera.

Ovom metodom postigla se tačnost snimanja od 2-3 cm, što je i više nego dovoljna tačnost. S obzirom na potrebnu tačnost i raspoloživost permanentne GNSS stanice u Banja Luci, umjesto klasične RTK metode (baza i rover), korišćena je permanentna stanica, pri čemu nije smanjena tačnost snimanja (s obzirom na položaj stanice u odnosu na aerodrom i oblasti snimanja).

Tokom protekle decenije, Nacionalna uprava za okean i atmosferu NOAA (eng. National Oceanic and Atmospheric Administration) u saradnji sa više organizacija, provela je istraživanje i mjerenja LIDAR sistemima, koristeći tehnologiju prostornog laserskog skeniranja, slika 8 (Christopher i dr., 2009). Ključni aspekt ovog pristupa je dobijanje mjerodavnih oblaka tačaka vertikalnih objekata čime se ostavruje djelotvornost i efikasnost u procesu prikupljanja i registrovanja podataka.



Slika 8. Drvo i toranj u oblacima tačaka dobijenim pomoću LIDAR podataka

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Razvijene zemlje odavno su shvatile važnost brzog reagovanja na uočeni problem i nužnost upravljanja geografskim podacima. Geografski informacioni sistemi u velikoj mjeri pomažu u rješenju problema i pružanju informacija za odlučivanje. GIS je snažan i strateški alat. Kada se učinkovito koristi, može dati veliki doprinos u procesima donošenja odluka. GIS sistemi danas su popularni u mnogim poljima i smatraju se novom vrstom analize podataka i tehnike prezentacije. Ako su vazdušne luke jedan od znakova za razvoj naše države, tada trebaju biti dobro upravljane, kako bi umanjile probleme s kojima se mogu suočiti. GIS sistemi mogu se uspješno dizajnirati i koristiti za te potrebe. Aerodrom u Banjaluci posjeduje kvalitetnu podlogu za uspješno dizajniranje aerodromskog informacijskog sistema. Registrovanjem puteva, piste, zgrada, skladišta, parking mjesta, terminala i drugih detalja, može se težiti uspostavljanju Aerodromske baze podataka AMDB. Uspostavljene GIS aplikacije mogu aerodromskom osoblju dati pristup prostornim podacima sa odgovarajućim atributima, koji se mogu koristiti za planiranje, sigurnosti i poboljšanje usluga.

5. LITERATURA

Federal Aviation Administration (FAA). (1996). FAA no. 405: Standards for aeronautical surveys and related products, 4th Ed., U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.

Christopher, E. P., & Robert, D. N. (2009). Improved Approach to LIDAR Airport Obstruction Surveying Using Full-Waveform Data. Journal of surveying engineering.

Guidelines for Electronic Terrain, Obstacle and Aerodrome Mapping Information (Doc9881).

ICAO DOC 9674-AN/946 (2002), World GeodeticSystem -1984 (WGS-84) Manual, International Civil Aviation Organization.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uae.rs.ba

ANALYSIS OF THE AIRPORT COMPLEX ACCESSIBILITY

ANALIZA DOSTUPNOSTI PRISTANIŠNIH KOMPLEKSA AERODROMA

Olgica Pavlović[a], Tomislav Jovanović[b], Nenad Kapor[c]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, opavlovic27@gmail.com*

[b] *Faculty of Civil Aviation, Bulevar Maršala Tolbuhina 8, The new Belgrade 11070, Serbia, tjovanovic@megatrend.edu.rs*

[c] *Faculty of Civil Aviation, Bulevar Maršala Tolbuhina 8, The new Belgrade 11070, Serbia, nkapor@megatrend.edu.rs*

Abstract: *This paper analyzes the problems of airports accessibility (flights) by individual centers that build the airport service area. Therefore, the main goal of this paper is to carry out research in order to find (and develop) new suitable methods for analyzing the problem of availability of airports (flights) in order to efficiently perform air traffic, ie shorten travel time, using certain methods. In the process of finding the best possible solution to the problem, the paper used the method of interviewing passengers on the line Belgrade -Istanbul as a weekly sample of 568 respondents. The presented methodology is current, especially for small airports, with smaller flows of passengers on the service area network, while in large airports this problem is practically non-existent since the collection center is the airport itself and connections within the service area have been developed. Thus, outputs can be combined to derive other indicators, as well as be used as inputs for other models, especially in planning.*

Keywords: *airport complex, landside, time table, catchment area, collection center*

Apstrakt*: U ovom radu su analizirani problemi dostupnosti aerodroma (letova) od strane pojedinih centara koji grade opslužno područje aerodroma. Dakle kao glavni cilj ovog rada je, da se primenom određenih metoda izvrše istraživanja u cilju pronalaženja (i razvoja) novih pogodnih metoda za analiziranje problema dostupnosti aerodroma (letova) u cilju što efikasnijeg obavljanja vazdušnog saobraćaja, odnosno skraćenja vremena putovanja. U postupku iznalaženja što optimalnijeg rešenja problema, u radu je korišćen metod anketiranja putnika na liniji Beograd - Istambul kao sedmični uzorak veličine od 500 ispitanika. Prikazana metodologija je aktuelna, pre svega za male aerodrome, sa manjim tokovima putnika na mreži opslužnog područja, dok kod velikih aerodroma ovaj problem praktično ne postoji s obzirom da je sabirni centar sam aerodrom i veze unutar opslužnog područja su razvijene. Dakle, izlazne rezultate je moguće kombinovati u cilju izvođenja drugih pokazatelja, kao i koristiti ih kao ulazne podatke za druge modele, naročito pri planiranju.*

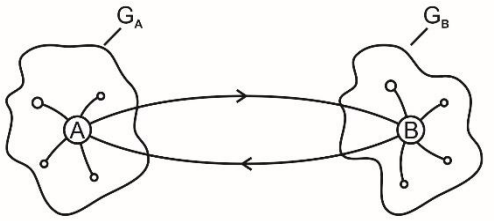
Ključne riječi: *aerodromski kompleks, zemaljski deo, red letenja, opslužno područje, sabirni centar.*

1. UVOD

Često pominjana prednost vazdušnog načina prevoza je brzina. Insistiranje na toj karakteristici kao bitstvenoj prednosti vazdušnog načina prevoza nad ostalim alternativama prevoza, nužno vodi u analizu ukupnog vremena putovanja. Jer, sama tehnička prednost vazduhoplova na linijama određene dužine (vreme leta) u odnosu na ostale vidove, može biti obezvređena predugim vremenom putovanja do i sa aerodroma. Ovde se ne misli samo na vezu grada i aerodroma, već mnogo šire: na veze unutar opsluživanog područja aerodroma, na veze pojedinih centara sa aerodromom ili gradova - glavnim sabirnim centrom. Od razvijenosti transportnog sistema u opslužnom području aerodroma zavisi vreme putovanja do i od aerodroma, te samim tim i ukupno vreme putovanja od mesta polaska do mesta opredeljenja. Ako pođemo od činjenice da je svako putovanje izloženo raznim "otporima", onda parcijalno smanjenje "otpora" pri dostupnosti aerodromu svakako utiče i na smanjenje ukupnog "otpora" putovanja.

2. OPIS PROBLEMA I CILJA ISTRAŽIVANJA

Jedna linija vazdušnog transporta spaja npr. dva aerodroma: aerodrom A i aerodrom B. Svaki od pomenutih aerodroma ima svoje područje koje opslužuje - G_A i G_B respektivno. Putnik, kome je ishodište neki centar iz G_A putuje do aerodroma A, boravi izvesno vreme na aerodromu A, putuje avionom, dolazi na aerodrom opredeljenja B, boravi izvesno vreme na aerodromu B i opet putuje do mesta opredeljenja iz G_B (slika 1.). Znači u opštem slučaju, putovanje iz mesta polaska do mesta opredeljenja možemo dekomponovati po vremenu na dva osnovna elementa: na vreme čekanja (na vožnju, opsluživanje) i na trajanje vožnje, opsluživanja i sl.



Slika 1. *Prikaz aerodroma A i B i njihovih područja opsluživanja GA i GB*

Ako pretežan deo "otpora" tokom putovanja čine "otpori" vremenskog karaktera, onda je logičan zaključak da je te "otpore" moguće znatno smanjiti smanjenjem vremena vožnje i/ili smanjenjem vremena čekanja.

Na vreme vožnje ne može se bitno uticati, jer je u pitanju tehnički limit u performansama prevoznih sredstava. Jedina mogućnost je, dakle, delimično smanjenje vremena čekanja. Da bi se moglo uticati na bilo koji element u strukturi "otpora" potrebno je prethodno izvršiti temeljnu analizu stanja u sistemu sa ciljem identifikacije problema.

Često se među putnicima može uočiti nezadovoljstvo pruženom uslugom u transportu. Takođe se često čuje da prevoznik čini sve od sebe da putnicima pruži što bolju uslugu.

Može se smatrati da je tačna i jedna i druga tvrdnja. Vrlo često nedostaje detaljna analiza celokupnog sistema kojom bi se ukazalo na mogućnosti izbegavanja konflikata između korisnika usluga i onog koji tu uslugu nudi.

Predmet istraživanja u ovom radu je analiza dostupnosti aerodroma od strane svih centara opsluživanog područja u pojedinim vremenskim presecima. Dakle, radi se o dostupnosti pojedinih letova sa aerodroma, jer cilj putovanja nije sam aerodrom (izuzev u specijalnim slučajevima koje u ovom radu ne tretiramo), već pojedini letovi u datim momentima vremena tokom dana, što i predstavlja predmet istraživanja sa ciljem iznalaženja (razvoja) pogodnih metoda za analiziranje problema dostupnosti aerodroma (letova). Na osnovu dosadašnjih istraživanja iz navedene oblasti, ovaj rad je konceptiran na jedan metod za analizu pomenutog problema, koji u opštem slučaju, može biti primenjen na bilo koji aerodrom ili kakav drugi sabirni centar. Posmatraćemo samo odlazak putnika a ne i povratak, što je, s obzirom na postavljeni cilj, sasvim dovoljno.

3. ODREĐIVANJE DOSTUPNOSTI AERODROMA

Neka posmatranom aerodromu A za tip linije $L.$ pripada opslužno područje $G_{A,L}$. Opslužno područje definišemo skupom centara koji se u njemu nalaze. Te centre nazivamo jednim imenom centroidi. Znači, imamo:

$$G_{A,L} = \{g_1, g_2, ..., g_k, ..., g_n\} \tag{1}$$

gde je:

$G_{A,L}$ - opslužno područje aerodroma A za liniju $L.$

g_k - $k-ti$ element iz skupa $G_{A,L}$; $k = 1,2,.....,n.$

Ovom skupu (vektoru) $G_{A,L}$ pridružujemo skup (vektora) prostorne raspodele putovanja $P_{A,L}$.

$$P_{A,L} = \{p_1, p_2, ..., p_k, ..., p_n\}; \sum_{k=1}^{n} p_k = 1. \tag{2}$$

gde je:

$P_{A,L}$ - skup prostorne raspodele putovanja u $G_{A,L}$;

p_k – $k-ti$ element skupa $P_{A,L}$, $k=1,2,.....,n.$

Pridruživanje skupa $P_{A,L}$ skupu $G_{A,L}$ obavljamo tako što svakom elementu g_k iz $G_{A,L}$ odgovara istoležeći elemenat p_k skupa $P_{A,L}$. (vektore $G_{A,L}$ i $P_{A,L}$ dobijamo iz ankete, pretpostavka da se ne menjaju tokom vremena, što u opštem slučaju ne mora da je tačno).

U opslužnom području aerodroma postoji određeni transportni sistem, koga čine: mreža saobraćajnica, putnički terminali i prevozna sredstva. Nivo razvijenosti ovog sistema je posledica opšte razvijenosti čitavog područja.

Čvorove u transportnoj mreži predstavljaju pojedini centroidi - elementi skupa $G_{A,L}$. kako je i sam aerodrom jedan čvor posmatrane mreže, onda se može tražiti dostupnost aerodroma od strane svih ostalih čvorova date mreže. U našem slučaju transportnu mrežu čine mreža saobraćajnica drumskog saobraćaja i železnička mreža. Dakle, potrebno je odrediti najkraće puteve od svih centroida do aerodroma po određenom kriterijumu. Ako je taj kriterijum vreme, onda možemo izvesti sledeći vektor:

$$T_{A,\mathrm{m}} = \left\{ t_{A,1}, t_{A,2}, ..., t_{A,k}, ..., t_{A,n} \right\}_m \qquad (3)$$

gde su:

$T_{A,\mathrm{m}}$ – vektor najkraćeg puta po vremenu od svih centroida do aerodroma A za

način prevoza $m.$

$\left[t_{A,k} \right]_m - k-ti$ element vektora $T_{A,\mathrm{m}}$ – najkraće vreme putovanja od $k-tog$

centroida do aerodroma A sredstvom $m.$

$m-$ indeks načina prevoza $m=1,2,.....,r.$

$n-$ broj centroida u opslužnom području $G_{A,L}$ aerodroma A za liniju tipa $L.$

Ovde razlikujemo dva slučaja s obzirom na način prevoza: kada se koristi za prevoz automobil i kada se koriste sredstva javnog prevoza (autobus ili železnica).

3.1 Vektor najkraćeg puta po vremenu od svih centroida do aerodroma pri korišćenju automobila

U ovom slučaju, radi se o direktnoj dostupnosti, tj.putnik direktno dolazi na aerodrom i u tom slučaju vektor $T_{A,\mathrm{m}}$ ima uvek iste vrednosti, tj. pretpostavlja se da se podjednako dugo putuje u bilo koje doba dana. Takođe se smatra da je ovo idealan način prevoza što se vremena putovanja tiče.

Usvojen je indeks $m=1$ za automobil, onda je:

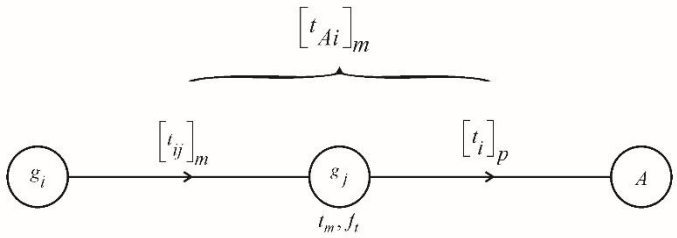
$$T_{A,1} = \left\{ t_{A,1}, t_{A,2}, ..., t_{A,k}, ..., t_{A,n} \right\}_1, \quad k=1,2,.....,n. \qquad (4)$$

Veličina elemenata skupa $T_{A,1}$ zavisi od uslova saobraćaja na datoj mreži u najširem smislu. Ovde se nećemo baviti problemom određivanja vektora $T_{A,1}$, već smatramo da njime raspolažemo (Tehnika - saobraćaj, RS - 2017).

3.2 Vektor najkraćeg puta po vremenu od svih centroida do aerodroma pri korišćenju javnog prevoza (autobusa ili železnice)

U ovom slučaju putnik, dolazi iz svog mesta polaska na aerodrom posredno: prvo stiže javnim prevozom u sabirni centar, u sabirnom centru čeka na polazak prevoznog sredstva za vezu sa aerodromom i odlazi na aerodrom.

Za razliku od slučaja pod 3.1. , vektor $T_{A,\mathrm{m}}$ nije više konstantan u odnosu na vreme tokom dana, već se menja u funkciji režima saobraćaja u celom području (saobraćaj formiran u odnosu na potrebe celog područja) i usklađenosti redova vožnje u pojedinim tačkama transportnog sistema. Elemente vektora $T_{A,\mathrm{m}}$,$(m = 2,3)$ u ovom slučaju određujemo na sledeći način:



$$[t_{A,i}]_m = [t_{ij}]_m + t_w + t_t + [t_j]_p , \tag{5}$$

gde je:

$[t_{A,i}]_m$ – vreme putovanja od $i-tog$ centroida g_i do aerodroma A, koristeći prevoz tipa m do sabirnog centra g_j.

$[t_{i,j}]_m$ – vreme vožnje od $i-tog$ centroida g_i do sabirnog centra g_j sredstvom tipa m.

$[t_j]_p$ – vreme vožnje od sabirnog centra g_j do aerodroma A sredstvom tipa p.

t_w – vreme čekanja u sabirnom centru,

t_t – vreme potrebno za transfer u sabirnom centru.

Ako usvojimo indeks $m = 2$ za autobus, $m = 3$ za železnicu i indeks $p = 1$ za autobus za vezu aerodroma sa gradom, možemo, poznavajući elemente $[t_{A,i}]_2, [t_{A,i}]_3$, odrediti i vektore $T_{A,2}$ i $T_{A,3}$. Uvodimo takođe i pretpostavku da je $t_t = const.$ i da ne zavisi od m. Sada možemo definisati vektor najkraćeg puta po vremenu za dolazak na aerodrom javnim prevozom $T_{A,(2,3)}$. Definišemo ga tako, što je svaki njegov elemenat:

$$[t_{A,i}]_{2,3} = min\left\{[t_{A,i}]_2 [t_{A,i}]_3\right\}. \tag{6}$$

Za određivanje $T_{A,(2,3)}$. je potrebna detaljna analiza voznih redova javnog prevoza u opslužnom području aerodroma. kako su vremena vožnje relativno konstantna i za železnicu i za autobus na pojedinim relacijama tokom dana i kako je već usvojeno da je vreme transfera u sabirnom centru takođe konstantno, možemo smatrati da je jedina promenljiva u strukturi elemenata $[A,i]_{2,3}$, t_w – vreme čekanja na vezu u sabirnom centru. Dakle, $min\left\{[t_{A,i}]_2 [t_{A,i}]_3\right\}$ – koje označava minimalno vreme putovanja iz $i-tog$ centroida g_i do aerodroma A javnim prevozom tipa $m = 2$ i $m = 3$ preko sabirnog centra g_j, se dobija za minimalno vreme čekanja (t_w) koje ima minimalnu vrednost ako je $t_w = 0$.

3.3 Određivanje minimalnog vremena čekanja u sabirnom centru

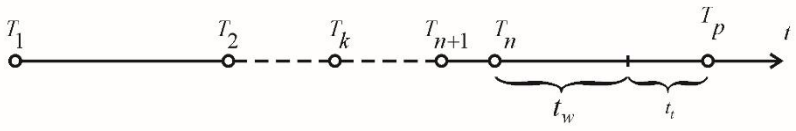
Potrebno je, pre svega, uočiti sve momente kada dolaze sredstva javnog prevoza u sabirni centar iz svih centroida tokom dana (ili u određenom delu dana). Formiranjem matrice dostupnosti po frekvencijama dolaska javnog prevoza u sabirnom centru F_m.

$$F_m = \begin{array}{c|cccccc} & g_1 & g_2 & \cdots & g_i & \cdots & g_n \\ t_1 & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\ t_2 & f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1i} & \cdots & f_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2i} & \cdots & f_{2n} \\ t_j & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & f_{j1} & f_{j2} & \cdots & f_{ji} & \cdots & f_{jn} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\ t_m & f_{m1} & f_{m2} & \cdots & f_{mi} & \cdots & f_{mn} \end{array}\Bigg\|_m, \qquad (7)$$

Elementi $\left[f_{ij} \right]_m$ matrice F_m predstavljaju ukupan broj dolazaka prevoznog sredstva tipa m iz $i-tog$ centroida g_i u vremenskom intervalu t_j. Svaka vrsta matrice F_m predstavlja stanje transportnog sistema izraženo brojem dolazaka prevoznih sredstava iz svih centroida u sabirni centar u datom vremenskom preseku. Stanja se prate u identičnim intervalima vremena, tj. ispunjeno je da je: $t_I = t_{I-1} + \Delta t$.

Formirane su praktično dve matrice i to F_2 i F_3 (autobus i železnica), zatim i $F_{(2,3)} = F_2 + F_3$. Što je matrica F_m "punija" elementima $\left[f_{ij} \right] \neq 0$, to je i razvijenost transportnog sistema u području veća a samim tim i razvijenost područja. dakle preko matrice F_m raspolaže se mogućnošću utvrđivanja veza sabirnog centra i opslužnog područja aerodroma u pojedinim momentima tokom dana.

Minimalno vreme čekanja na vezu u sabirnom centru moguće je odrediti na sledeći način:



$$t_w = \begin{cases} T_p - T_n - t_t, & ako \quad je \quad T_p - T_n \geq t_t, \\ T_p - T_{n-1} - t_t, & ako \quad je \quad T_p - T_n < t_t, \ i \\ T_p - T_{n-1} - t_t, & ako \quad je \quad T_p - T_{n-1} \geq t_t \end{cases} \qquad (8)$$

gde je:

T_k – momenat dolaska sredstava javnog prevoza u sabirni centar,

T_p – momenat odlaska prevoznog sredstva iz sabirnog centra za aerodrom,

t_t – vreme potrebno za transfer putnika u sabirnom centru,

t_w – vreme čekanja u sabirnom centr.

Za različite momente poletanja aviona (red letenja) se vezuju i momenti T_p iako je u matrici F_m puno elemenata $\left[f_{ij} \right] = 0$, onda se može zaključiti da veličina t_w može znatno varirati tokom dana, a samim tim i elementi vektora $T_{A,(2,3)}$.

Dakle, na aerodromima kod kojih je nivo saobraćaja takav da tokovi putnika ne utiču bitno na tokove unutar opslužnog područja, tj. da nismo u stanju da brojem putnika argumentujemo zahteve za promenama u redovima vožnje u opsluženom području radi povećanja dostupnosti aerodroma, moramo biti svesni da promene u redu letenja mogu značajno uticati na "otpore" putnika pri korišćenju vazdušnog načina prevoza.

Takođe je vidljivo, da prevozilac ima svoju strategiju pri postavljanju redova letenja i svoje ekonomske razloge. Ne treba a priori kriviti prevozioca i zahtevati od njega da poštuje sve lokalne optimume, jer je to nemoguće. Odluka organa za izgradnju aerodroma (na osnovu detaljnih analiza potreba) takođe može, sa svoje strane, da utiče na poboljšanje stanja (kroz npr. iznalaženje mogućnosti boljeg povezivanja javnim prevozom, itd.). Na osnovu ovakvih dobijenih rezultata, može se tvrditi da ovaj metod može poslužiti kao dobra osnova za analizu stanja i posledica koje nastaju promenama na bilo kojoj strani.

4. ODREĐIVANJE PROSEČNOG VREMENA PUTOVANJA, PROSEČNOG VREMENA ČEKANJA PUTNIKA PRILIKOM DOLASKA NA AERODROM I STEPENA POKRIVENOSTI OPSLUŽNOG PODRUČJA AERODROMA JAVNIM PREVOZOM

Poznavanjem vektora $T_{A,m}$ i vektora $P_{A,L}$ mogu se odrediti sledeće karakteristike putovanja vezane za dostupnost pojedinih letova:

a. prosečno vreme putovanja jednog putnika za dolazak na aerodrom,

b. prosečno vreme čekanja jednog putnika na veze u sabirnom centru i

c. stepen pokrivenosti opslužnog područja aerodroma prevozom.

Prosečno vreme putovanja jednog putnika sa linije tipa L do aerodroma definiše se na sledeći način:

$$\left\{\bar{t}_{p,m}\right\}_L = \left\{\frac{\sum_{k=1}^{r}\left[t_{A,k}\right]_m \cdot p_k}{\sum_{k=1}^{r} p_k}\right\}_L ; k = 1,2,.....,r \le n \quad , \tag{9}$$

Prosečno vreme čekanja jednog putnika sa linije tipa L u sabirnom centru definiše se na sledeći način:

$$\left\{\bar{t}_{w,m}\right\}_L = \left\{\frac{\sum_{k=1}^{r}\left[t_m\right]_k \cdot p_k}{\sum_{k=1}^{r} p_k}\right\}_L ; k = 1,2,.....,r \le n \quad , \tag{10}$$

Stepen pokrivenosti opslužnog područja za liniju tipa L definiše se na sledeći način:

$$\left\{C_m\right\}_L = \left\{\sum_{k=1}^{r} p_k\right\}_L ; k = 1,2,.....,r \le n \quad , \tag{11}$$

procenat putnika koji bi mogli da koriste javni prevoz za liniju L.

Za slučaj da putnik koristi automobil za dolazak na aerodrom, $m = 1$ važi sledeće:

$$\left.\begin{array}{l} \bar{t}_{p,1} = const \\ \bar{t}_{w,1} = 0 \\ C_1 = 1 \end{array}\right\}$$ - ne zavise od tipa linije, tj. od doba dana kada se dolazi na aerodrom.

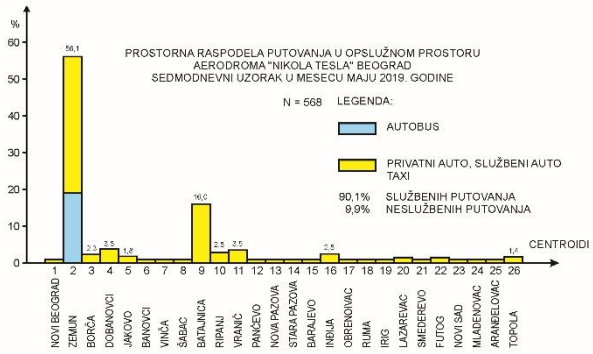
Za slučaj da je $m \neq 1 \quad (m = 2,3)$, ove karakteristike variraju tokom dana u opštem slučaju.

5. PRIMENA METODE ZA SLUČAJ AERODROMA NIKOLA TESLA - BEOGRAD

Primenjujući opisanu metodologiju, izračunaćemo pomenute pokazatelje vezane za dostupnost aerodroma, tj. želimo da ocenimo promene pokazatelja iz tačke 4. ovog rada u zavisnosti od promene termina poletanja aviona za istu liniju za slučaj kada bi svi putnici koristili javni prevoz za dolazak na aerodrom (od polaznog mesta do samog aerodroma preko sabirnog centra).

Da bi smo mogli da dođemo do ovih pokazatelja, potrebno je, pre svega, odrediti vektore $G_{A,L}$ i $P_{A,L}$, u našem slučaju izabrana je metoda anketiranja putnika.

Obradom anketnog materijala došli smo do sledećih rezultata:



Slika 2. *Prikaz prostorne raspodele putovanja po opslužnom području*

Iz odgovora na prva tri pitanja iz anketnog upitnika smo odredili okvirne granice opslužnog područja aerodroma (za tu liniju), prostornu distribuciju putovanja unutar opslužnog područja aerodroma, način dolaska putnika na aerodrom i namena putovanja. Na slici 2., dat je prikaz prostorne raspodele putovanja po opslužnom području. Od ukupnog broja putovanja 90,1% čine službena putovanja i 9,9% privatna. Za dolazak na aerodrom je 19% svih putnika koristilo javni prevoz (i to svi oni koji su krenuli iz samog Beograda), a 81% putnika je koristilo ili privatni auto, ili službeni ili taksi usluge. Polazak aviona je bio po redu letenja u 06.00 sati a polazak autobusa iz grada 1 čas pre poletanja, tj. u 05.00 sati do aerodroma morao bi da se nađe na mestu polaska do 05.00.časova.

Iz odgovora na četvrto pitanje se okvirno određuje iskustvo putnika s obzirom na upotrebu ovog načina putovanja. Uglavnom dominira podatak od 10 - 20 putovanja godišnje. Suština ovog podatka ne leži u njegovoj egzaktnosti, već ga koristimo kao ocenu iskustva putnika. Ta ocena nam koristi pri analizi sledećih odgovora.

Odgovori na peto i šesto pitanje nam ukazuju na glavne smetnje ("otpore") na koje nailaze putnici prilikom putovanja sa ovog aerodroma.

Dominiraju tri grupe smetnji:

- smetnje vezane za sam čin dolaženja na aerodrom,
- smetnje vezane za boravak i opsluživanje u aerodromskoj zgradi,
- smetnje vezane za putovanje avionom.

Od svih ispitanika (N = 568), 204 ili 35,9% je reklo da je sve u redu, da im ništa ne smeta. Sledećih 280 ili 49,3% se izjasnilo da im dosta stvari smeta iz prve i treće grupe, a preostalih 84 ili 14,8% iz druge grupe. Od 280 putnika koji su uočili smetnje iz prve i treće grupe, 144 je predložilo promenu termina polaska aviona i to navodeći najčešće termine letenja od 07.00;08.00 i od 09.00 sati kao najnepovoljnije.

S obzirom na dominantnost smetnji iz prve i treće grupe, dolazi se do ideje za potrebom detaljnijeg proučavanja suštine samih smetnji koje su putnici uočili. Šta to putnicima smeta?

Evo karakterističnih odgovora:

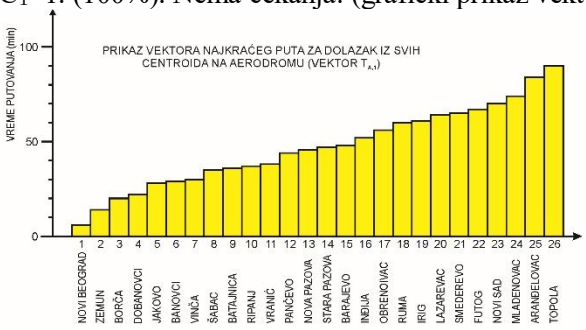
- Slabe saobraćajne veze za dolazak na aerodrome,
- Nema javnog prevoza u jutarnjim i večernjim satima,

- Nema prostora za prtljag u autobusima javnog transporta,
- Teško se dolazi do karata za avion,
- Nema dovoljno ponuđenih direktnih linija,
- Slabe veze u povratku,
- Česta kašnjenja aviona,
- Prerani odlazak aviona,
- Prekasni povratak aviona,
- Česti otkazi letova.

Iz ovih odgovora može se zaključiti sledeće: putnicima stvara veliku teškoću dolazak na aerodrome zbog preranog termina polaska aviona i povratka sa aerodrome zbog prekasnog dolaska aviona. Dakle, problem je evidentiran, problem kao takav postoji.

5.1 Slučaj kada putnici koriste automobil

U ovom slučaju prosečno vreme putovanja je konstantno (ne zavisi od doba dana) i iznosi $t_{p,1}$=26,1 min. Stepen pokrivenosti područja C_1=1. (100%). Nema čekanja. (grafički prikaz vektora $T_{A,1}$ na slici 3.).



Slika 3. *Grafički prikaz vektora $T_{A,1}$*

5.2 Slučaj kada putnici isključivo koriste javni prevoz za dolazak na aerodrom

U tabelama T.1 i T.2 prikazane su matrice F_m (odnosno skupna matrica F_2 i F_3 za dolaske autobusa i voza u sabirni centar Nikola Tesla - Beograd) u vremenskom interval od 05.30 do 09.00 i vektori $T_{A,(2,3)}$ za različite termine polaska aviona.

Na slikama 4,5,6,7 i 8 dati su grafički prikazi pojedinih vektora $T_{A,(2,3)}$ Ovaj prikaz pruža uvid u sistem, tj. omogućava utvrđivanje centroida kojima su pojedini letovi (u datim terminima) nedostupni. Let u 06.00 na slici 4. Predstavlja mogućnost korišćenja javnog prevoza u sadašnjem stanju, dok ostali prikazi na slikama daju uvid u promene tih stanja.

Tabela 1. *Matrice F i F3 i vektori TA(2,3) za različite termine polaska aviona*

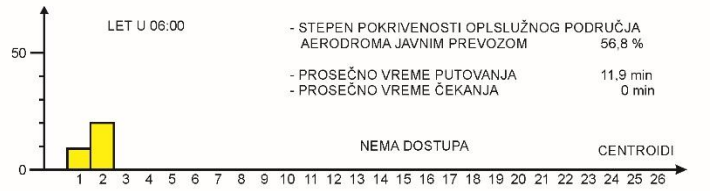
	BORČA	DOBANOVCI	JAKOVO	BANOVCI	VINČA	ŠABAC	BATAJNICA	RIPANJ	VRANIĆ	PANČEVO	NOVA PAZOVA	STARA PAZOVA	BARAJEVO	INĐIJA	OBRENOVAC	RUMA	IRIG	LAZAREVAC	SMEDEREVO	FUTOG	NOVI SAD	MLADENOVAC	ARANĐELOVAC	TOPOLA
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
VREMENSKI	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
INTERVALI	3 2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2
05:30-05:45			1			1 1	1	1					1											
05:45-06:00			1					1																
06:00-06:15					1								1											
06:15-06:30	1		1	2	1		1																	
06:30-06:45	1 1	1			1	1	1	1		1		1	1	1		1	1	1	1			1		
06:45-07:00						1		2																
07:00-07:15	1	1				1		1	1	1		1			1		1							
07:15-07:30					1								1								1			1
07:30-07:45	1 1	1		7	1		1	1	1	1		1	1		2	1								
07:45-08:00	1	1					1	1	1		1			1		1		1		1				
08:00-08:15	1 1	1					1	1	1	1 1		1		1	1									
08:15-08:30			1	1	1		1						1		1	1				1				1
08:30-08:45					1								1	1		1		1			1		1	
08:45-09:00					2								1		1						1			

U tabeli T.3 dat je prikaz zavisnosti prosečnog vremena putovanja putnika do aerodroma, vremena čekanja i stepena pokrivenosti opslužnog područja aerodroma javnim prevozom od promene termina poletanja

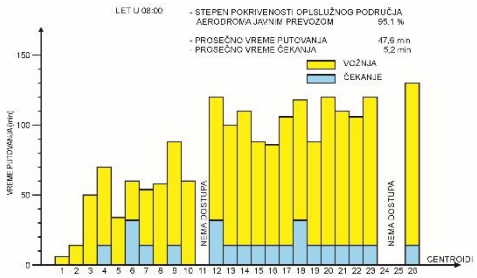
aviona. Uočava se, da sve tri veličine (prosečno vreme putovanja, prosečno vreme čekanja, pokrivenost područja) rastu sa pomeranjem termina poletanja na kasnije sate.

***Tabela 2**. Prikaz skupa matrica F_2 I F_3 za dolaske autobusa i voza u sabirni centar - Beograd u vremenskom intervalu od 05:30 do 09:00*

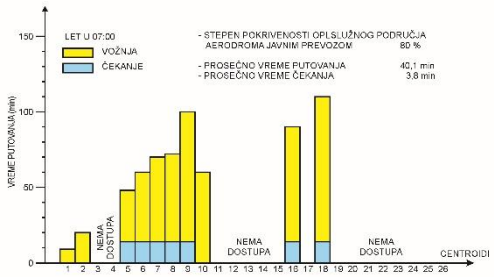
Č= ČEKANJE P= PUTOVANJE		VEKTOR PROSTORNE RASPODELE PUTOVANJA P_A[%]	PUT AUTOBUSOM, [TAXI, SLUŽBENI AUTO	MINIMALNA VREMENA ČEKANJA I PUTOVANJA ZA JAVNI PREVOZ U min ZA RAZLIČITE TERMINE POLETANJA AVIONA - VEKTORI $T_{A(2,3)A}$ (AUTOBUS ili VOZ)							
				07:00		08:00		09:00		10:00	
	CENTROID G_{AL}		T_A[min]	Č	P	Č	P	Č	P	Č	P
1	NOVI BEOGRAD	0,7	5	0	8	0	8	0	8	0	8
2	ZEMUN	56,3	12	0	20	0	20	0	20	0	20
3	BORČA	2,3	18	-	-	0	48	0	50	0	48
4	DOBANOVCI	2,1	23	-	-	15	75	0	60	45	105
5	JAKOVO	3,8	25	15	46	0	31	0	31	0	46
6	BANOVCI	1,8	28	15	59	30	74	15	59	30	74
7	VINČA	0,7	30	15	65	15	65	15	65	0	50
8	ŠABAC	0,7	34	15	70	0	62	75	100	105	160
9	BATAJNICA	0,7	35	15	104	15	92	0	-	30	117
10	RIPANJ	14,0	38	0	60	0	60	75	100	75	135
11	VRANIĆ	2,8	39	-	-	-	-	0	87	75	162
12	PANČEVO	0,6	46	-	-	15	104	15	105	75	147
13	NOVA PAZOVA	0,4	47	-	-	15	116	0	101	45	146
14	STARA PAZOVA	0,4	48	-	-	15	93	15	93	75	153
15	BARAJEVO	2,1	48	15	91	15	91	15	91	0	76
16	INĐIJA	0,4	55	-	-	15	110	0	95	15	110
17	OBRENOVAC	0,4	62	15	110	30	125	15	124	0	99
18	RUMA	0,7	67	-	-	15	96	0	81	15	137
19	IRIG	1,1	68	-	-	15	137	75	197	135	257
20	LAZAREVAC	1,1	74	-	-	15	112	0	97	15	162
21	SMEDEREVO	0,4	76	-	-	15	132	75	192	136	252
22	FUTOG	1,4	77	-	-	-	-	0	139	30	169
23	NOVI SAD	0,7	77	-	-	-	-	30	156	30	169
24	MLADENOVAC			-	-	15	148	75	208	135	268
25	ARANĐELOVAC			-	-	-	-	15	189	-	-
26	TOPOLA			-	-	30	179	20	179	-	-



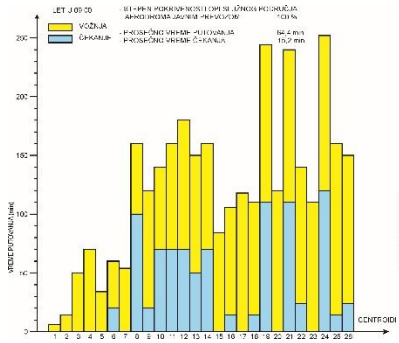
***Slika 4.** Grafički prikaz pojedinih $T_{A,(2,3)}$ vektora za let aviona u 06.00*



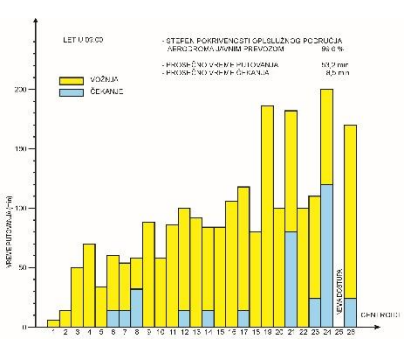
Slika 5. *Grafički prikaz pojedinih $T_{A,(2,3)}$ vektora za let aviona u 07.00*



Slika 6. *Grafički prikaz pojedinih vektora $T_{A,(2,3)}$ za let aviona u 08.00*



***Slika 7**. Grafički prikaz pojedinih vektora $T_{A,(2,3)}$ za let aviona u 09.00.*



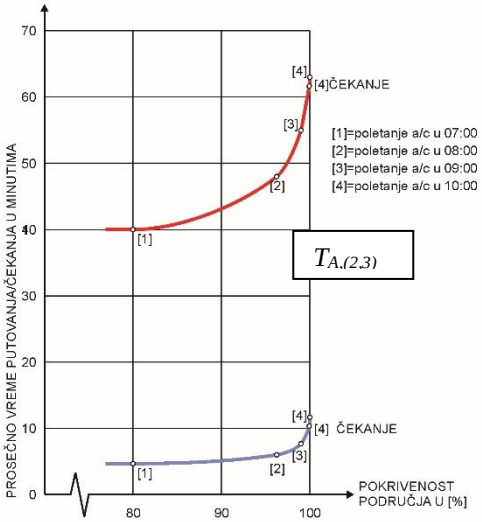
***Slika 8**. Grafički prikaz pojedinih vektora $T_{A,(2,3)}$ za let aviona u 10.00.*

***Tabela 3**. Zavisnost prosečnog vremena putovanja putnika do aerodroma, vreme čekanja i stepena pokrivenosti opslužnog područja aerodroma javnim prevozom od promene vremena poletanja aviona*

Vreme poletnja a/c	Stepen pokrivenosti područja (100%)	Vreme putovanja do aerodrome (min)		Vreme čekanja u sabirnom centru	
		$\overline{t}_{č}$	St_p	$\overline{t}_{č}$	$St_{č}$
00.70	80.0	41,1	33,6	3,8	5,7
08.00	95.1	47,6	37,3	5,2	6,7
09.00	99.6	53,2	46,2	8,5	12,4
10.00	100.0	64,4	59,7	15,1	26,2

Slika 9. ilustruje promenu prosečnih vremena putovanja i čekanja sa promenom pokrivenosti područja opsluživanja. Svaka tačka (1 - 4) na grafikonu predstavlja jedan termin poletanja a/c.

Potrebno je napomenuti da dijagram na slici 9. Ne moža koristiti za očitavanje različitih vrednosti. Tačke su spajanje, da bi se uočile promene, odnosno tendencija promena pomenutih pokazatelja sa promenom termina poletanja a/c. Može se konstatovati da je dostupnost aerodrome sa aspekta termina poletanja aviona npr. bivstveno bolja za slučaj poletanja aviona u 08.00 nego u 07.00 (a mnogo bolja nego u slučaju poletanja u 06.00 sati). Poređenjem slike 5. i slike 6. mogu se uočiti konkretne promene – razlike u stanjima.



***Slika 9.** Promena prosečnih vremena putovanja i čekanja sa promenom pokrivenosti područja opsluživanja*

Međutim ovakva tvrdnja uopšte ne znači da bi odmah svi putnici počeli da koriste javni prevoz za dolazak na aerodrome, već bi se mogla očekivati određena preraspodela putovanja po načinu prevoza (zbog promene "otpora" u putovanju) $T_{A,(2,3)}$.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu rezultata dobijenih primenjenom metodologijom, u ovom radu, moguće je zaključiti sledeće:

- Prikazana metodologija je aktuelna, pre svega, za male aerodrome, sa manjim tokovima putnika na mreži opslužnog područja. Kod velikih aerodroma ovaj problem praktično ne postoji, jer je sabirni centar sam aerodrom i veze unutar opslužnog područja su razvijene;
- Problem dostupnosti je aktuelan naročito na kraćim relacijama gde utrošeno vreme za dolazak i odlazak sa aerodroma može znatno premašiti (i premašuje) vreme leta;
- Prikazana metodologija pruža mogućnost analize problema dostupnosti aerodroma sa vise aspekata: putnika, prevoznika i sl.;
- Za efikasnu primenu ove metodologije neophodna je digitalizacija podataka tj. svi redovi vožnje bi trebalo da su u računaru – sve matrice;
- Za ocenu promena u strukturi "otpora" potrebno je problem analizirati za parove aerodroma i to u oba smera jer je reč o povezivanju područja;

- Pomoću ovog metoda bi se vrlo brzo mogle analizirati sve posledice koje nastaju promenom voznog reda u bilo kome od segmenata prevoza;
- Koristeći rezultate ovih istraživanja, prevoznici (i aerodromi) bi mogli da u svoje redove vožnje ugrade i predlog najbržeg načina dolaska do aerodroma, a ne samo termin polaska autobusa za aerodrom;
- Problem dostupnosti bi morao obavezno da uđe u sastavni deo analize lokacije aerodroma (saobraćajni uslovi lokacije), kroz analizu mobilnosti u okviru određenog područja;
- Izlazne rezultate je moguće kombinovati u cilju izvođenja drugih pokazatelja, kao i koristiti ih kao ulazne podatke za druge modele, naročito pri planiranju.

Aerodrom Nikola Tesla – Beograd je uzet samo kao primer ra ručnu demonstraciju metoda.

7. LITERATURA

Ashford, N.,Stanton, H.P., Moore, C.A.,(1984).Arport Operatons, John Wiley&Sons, New York.

Janić, M.,(2011).Greenng Airports Springer,Verlag London Limited.

Jovanović,T.,(2017).Dostupnost aerodroma i red letenja, Tehnika - Saobraćaj.

R.,de Neufville, Odoni,A., (2013).Airport Systems, Second Edition, McGraw Hill, NewY https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/focus/2013_09_passenger.pdf

Janić, M. (2009). The airport analysis, planning, and design: Demand, capacity, and congestion**.** *New York, USA: Nova Science Publishers, Inc.*

Janić, M. (2011b). Greening airports: advanced technologies, & operations**.** *Berlin: Springer.*

Bombardier. (2016). Advanced rapid transit: AirTrain JFK**.** *New York, USA. Pittsburgh, USA: Bombardier Transportation.* http://www.bombardier.com/.

Brecher, C., Nobbe, P. (2013). Case study of the JFK Airport AirTrain. In WCTR (World Conference on Transportation Research)*, July 2010, Lisbon, Portugal.*

Chandler, C., Hoel, A. L. (2004). Effects of light rail transit on traffic congestion *(Research Report No. UVACTS 5-14-68). Virginia, USA: Center for Transportation Studies, University of Virginia.*

Janić,M. (2019). Lanside Accessibility of Airports, Springer, Berlin.

Amal Jose, Sewa Ram: BENCHMARKING FOR ACCESSIBILITY AND CONNECTIVITY OF INDIAN AIRPORTS, International Journal of Students' Research in Technology & ManagementeISSN: 2321-2543, Vol 6, No 1, 2018, pp 18-29. https://doi.org/10.18510/ijsrtm.2018.614

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

SAFETY OF USING GAS DEVICES IN VEHICLES

БЕЗБЕДНОСТ КОРИШЋЕЊА УРЕЂАЈА ЗА ГАС У ВОЗИЛИМА

Tripo Torović[a], Milan Milotić[b], Željko Tomić[a], Borislav Gojković[b]

[a] *Institute for Occupational Safety, Marka Miljanova 9 i 9A., Novi Sad 21000, Serbia,*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, milan.milotic@sf.ues.rs.ba, borislav.gojkovic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Installation of a gas appliances in vehicles today is not something unusual. More and more vehicle owners are considering installing a gas appliance in their vehicle, mostly for economic reasons. However, many do not decide to switch to more economical fuel besause of the existence of many myths and legends of gaseous fuels such as: "Gaseous fuels have a disastrous impact on the vehicle, drivers and passengers" or "What if suddenly explodes"? One can often hear a comparison of the reservoir as a "bomb on wheels". Also, the word "gas" is associated with fire, explosion and something that poses a threat.*

In order to bust a myth about the danger of gas appliances, the authors tried to understand and represent the real situation and whether the exploitation of additionaly built-in gas appliances in the cars is really safe.

An analysis of the physical and chemical properties of gas and conventional fuel (gasoline and diesel) has proven that the use of gas is less dangerous than the use of conventional fuels, and structural analysis of modern gas appliances showes that their use is much safer than using traditional gasoline and diesel power systems. Based on statistics, test results and their own experience they confirmed that professional installation of modern gas appliances on vehicles, with proper maintenance and exploitationdoes not in any case present an additional threat to safety. The authors conclude with certainty that the issue of the safety of the use of gas appliances in vehicles is not an argument for the negative decision of the vehicle owner when deciding on their installation.

Key words: *vehicle, gas, liquefied petroleum gas, natural gas, economy, safety*

Сажетак: *Уградња уређаја за гас у возила данас није нешто необично. Све више власника возила, најчешће из економских разлога размишља о инсталацији уређаја за гас у своје возило. Међутим, многи се не одлучују због постојања нетачних тврдњи односно дезинформација о гасовитом гориву: "Гасовито гориво има катастрофалан утицај на возило, возача и путнике" или "Шта ако одједном експодира?" Често се може чути и поређење са "бомбом на точковима". Такође, и сама реч "гас" се повезује са пожаром, експлозијом и нечим што представља опасност.*

Да би се разбиле предрасуде о опасности уређаја за гас, аутори рада су покушали да схвате и прикажу каква је ситуација у стварности и да ли је експлоатација допунски уграђених уређаја за гас у возила стварно безбедна.

Анализом физичко-хемијских својстава гаса и најчешће копишћених горива (бензина и дизела) констатују да је коришћење гаса мање опасно од коришћења бензина и дизела, а структурном анализом савремених уређаја за гас, да је њихово коришћење много сигурније од коришћења традиционалних бензинских и дизел система напајања. На основу статистичких података, резултата испитивања и сопственог искуства потврђују да професионална уградња савремених уређаја за гас у исправна возила, уз правилно одржавање и експлоатацију ни у којем случају не представља допунску претњу безбедности. Аутори са сигурношћу закључују да питање безбедности коришћења уређаја за гас у возилима није аргумент за негативну одлуку власника возила при опредељењу за њихову уградњу.

Кључне ријечи: *возило, гас, течни нафтин гас, природни гас, економија, безбедност*

1. УВОД

За решење еконономских, еколошких и ресурсних проблема у свету, гасовита горива су квалитетна, технички релативно једноставна и у овом тренутку одмах примењива алтернатива уобичајним течним горивима (бензину, дизел гориву). Кад се код нас говори о гасу као гориву за возила, говори се најчешће о течном нафтном гасу (ТНГ), а неоправдано ређе о сабијеном природном гасу (КПГ), док се течан природни гас (ТПГ) скоро и не помиње.

Уградња неког од уређаја за гас у возила данас и није нешто необично. Све више власника возила размишља о инсталацији уређаја за гас у своје возило. Разлога за то може да буде више, али уобичајени аргумент је економске природе. Међутим, многи се не одлучују прећи на ″економичан″ вид горива због постојања нетачних тврдњи односно дезинформација о гасовитом гориву, као нпр.: ″Гасовито гориво има катастрофалан утицај на возило, возача и путнике″. Највећи страх међу људима је ″Шта ако одједном експодира, а нарочито у случају саобраћајне незгоде?″. Овакве тезе, по правилу, потичу од чињеница да се гас на возило складишти у резервоаре под високим притиском. Често се може чути поређење резервоара са ″бомбом на точковима″ Такође, код већине обичних грађана и сама реч ″гас″ се повезује са пожаром, експлозијом, што само са собом носи одређено упозорење на опасност.

На скуповима, који су посвећени примени гаса као горива, могу се чути неки који тврде да је гас штетан за мотор, други износе невероватне приче везане за експлозију резервоара, док трећи износе све похвале гасовитом гориву. Интернет мреже су пуне видео снимака којима се приказују експлозије возила са инсталисаним уређајима за гас. Значи, питање безбедности возила са инсталисаним уређајем за гас је актуелно питање.

Да би се дао одговор на то питање, аутори рада су на основу чињеница покушали да прикажу каква је ситуација у стварности и да ли је експлоатација допунски уграђених уређаја за гас у возила стварно безбедна.

2. ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКА СВОЈСТВА ГАСОВИТИХ И ТРАДИЦИОНАЛНИХ ТЕЧНИХ ГОРИВА

У овом делу рада анализирају се опасности примене гаса као горива у возилима и врши упоређење тих опасности са опасностима примене традиционалних течних горива, не упуштајући се у њихове економске и еколошке предности и недостатке. За идентификацију потенцијалних опасности појединих врста горива користе се неке од њихових основних физичко-хемијски својстава [5,6] (табела 1).

Табела 1 Карактеристике гасовитих и традиционалних течних горива

Карактеристика	Пропан	Бутан	КПГ	Бензин	Дизел гориво
Хемијска формула	C_3H_8	C_4H_{10}	CH_4	C_mH_n	C_mH_n
Октански број	100–110	94-103	110–125	80–98	-
Цетански број	-	-	-	-	45–50
Густина при 20° C (течна фаза) [g/cm^3]	0,49	0.58	0,42	0,73	0,84
Релативна густина (у односу на ваздух)	1,562	2,091	0,554	-	-
Температура кључања при 100 kPa, [°C]	- 42,0	-0,5	- 161,5	35–205	180–370
Температура самопаљења[°C]	510	475	540	270	250
Критична температура [°C]	96,8	152	-82,1	-	-
Граница упаљивости [%]	2,1–9,5	1,5-8,5	5–15	1,4–7,4	1–8
Доња топлотна моћ [kJ/kg]	46 500	45 460	50 300	44 000	42 500
Доња топлотна моћ [kJ/m^3]	3414	3446	3693	3482	-
Стехиометријска количина ваздуха [kg/ kg горива]	15,8	15,6	17,2	14,7	14,5
Однос H/C (молски)	2,7	2,5	4,0	2,1	1,7
Однос H/C (масени)	0,222	0.208	0,333	0,177	0,151

Анализом података датих у табели 1 јасно је да се физичко-хемијска својства разматраних горива међусобно битно разликују, а што утиче на степен њиховог утицаја на безбедност примене у возилима. Такође је јасно да како уобичајна (бензин, дизел гориво) тако и гасовита горива (мешавина пропана и

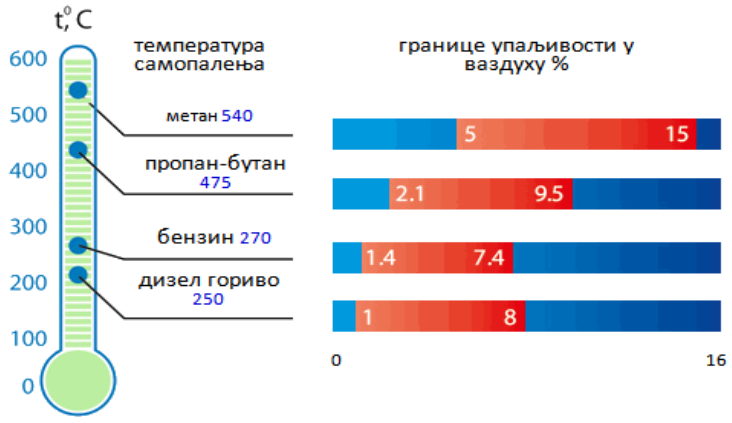
бутана -ТНГ, метан-КПГ) су експлозивне материје и представљају при одређеним околностима (удар, саобраћајна несрећа, пожар, итд.), извор повећане опасности. Отуда, говорити о безбедности њихове примене у возилима могуће је само у виду оцене њихове релативне безбедности.

Сва разматрана горива су угљоводоничне природе, чији молекули су различите структурне грађе. Најпростију структурну грађу имају гасовита горива (метан CH_4- најпростији угљоводоник), што их чини стабилним и отпорним на експлозивни карактер процеса сагоревања (антидетонациона способност знатно већа него код уобичајних течних горива – знатно већи октански број). Значи, веће вредности октанског броја гасовитих горива обезбеђују безбеданији рад мотора, а сходно томе и возила.

За паљење или експлозивно сагоревање горива неопходно је формирање смеше горива и ваздуха, тј. запреминског мешање пара горива и ваздуха. С обзиром да се гасовита горива налазе у резервоарима под притиском, искључена је могућност продирања у њих атмосферског ваздуха и формирање у резервоарима запаљиве или експлозивне смеше. До формирања смеше горива са ваздухом могуће је само ако дође до цурења (истицања) или хаваријског разливања гасовитог горива из резервоара, при чему не треба заборавити да је у отвореном простору немогуће формирање експлозивне, али не и запаљиве смеше.

У резервоарима бензина и дизел горива над површином горива присутна је увек и нека количина мешавине пара горива и ваздуха.

При оцени безбедности примене разматраних горива у возилима важан параметар је температура самопалења разматраних горива. Из табеле 1 и слике 1 јасно је да су температурне границе самопалења гасовитих горива знатно веће него код бензина и дизел горива (практично недостижне ван простора за сагоревање), што указује о већој безбедности при примени гасовитих горива. Такође се може закључити да је метан (КПГ) с обзиром на температуру самопалења најбезбедније гориво (из групе разматраних горива).



Слика 1. Температуре самопаљења и коцентрационе границе упаљивости појединих врста горива

За паљење или експлозију горива није довољно само формирање смеше већ и постизање одређене коцентрације горива у тој смеши (доња и горња граница упаљивости). Анализом података из табеле 1 и слике 1 види се да су те границе упаљивости знатно веће и у ширем дијапазону за гасовита горива, него за бензин и дизел гориво, што опет говори о безбеднијој примени гасовитих горива. Аналого, температури самопалења може се и с обзиром на границе упаљивости издвојити КПГ као најбезбедније гориво (доња граница упаљивости за 3,57 пута већа него за бензин).

Кад је реч о формирању експлозивне смеше не може се изоставити из разматрања чињеница да се запремина ТНГ при испаравању повећава за 250 пута и да је тежина гасовите фазе ТНГ већа од тежине ваздуха (релативна густина већа од јединице – табела 1), па у случају цурења или хаваријског разливања ТНГ, гасовита фаза пада према надоле, спорије се шири по ваздушном простору (посебно у затвореном), услед чега је могуће њено сакупљање у приземном слоју и удубљењима и формирање упаљиве или експлозивне коцентрације, што чини претњу безбедности примене ТНГ (једна искра је довољна да изазове пожар или експлозиују).

КПГ је лакши од ваздуха (релативна густина 0,554-табела 1), па при цурењу он тежи према горе (подиже се), врло брзо и потпуно се раствара у атмосфери умањујући могућност настанка упаљиве или експлозивне смеше, односно повећава безбедност његове примене.

У случају цурења или разливања конвенционалних горива, они остају дуже у течном стању, са сталним увећањем контактне површине са ваздухом (површине испаравања), а услед ниских граничних вредности температуре самопалења и граница упаљивости, повећава се вроватноћа настанка упаљиве или експлозивне смеше, што умањује безбедност њихове примене.

Гасовита горива су неотровне материје, без боје, мириса и укуса, а да би се могла идентификовати њихова присутност у простору и учинити примена безбеднијом додаје им се у малој коцентрацији (до 20% од доње границе упаљивости горива) специјална компонента (одорант), При таквој коцентрацији одоранта у гасу, присуство гаса се може осетити по мирису кад је његова коцентрација у ваздуху 0,4÷0,5% (далеко од доње границе упаљивости). Насупрот, присуство бензина или дизел горива у простору је теже идентификовати, а и знатно је опасније.

Изведена анализа, сведочи о већој безбедности примене гасовитих горива, у односу на бензин и дизел, а КПГ се истиче као најбезбедније гориво са становишта опасности од пожара или експлозије. Значи, са становишта физичко-хемијских својастава гас је неоспоран лидер у безбедности примене.

3. БЕЗБЕДНОСНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ СИСТЕМА ЗА НАПАЈАЊЕ ГОРИВОМ

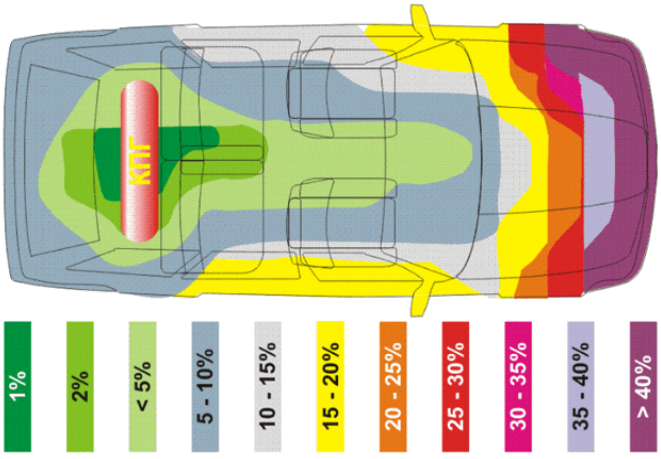
Различита својства појединих врста горива генерисала су више различитих принципских и техничких решења система за напајање возила, који поседују и различите безбедносне карактеристике.

Допунска инсталација система за напајање гасовитим горивом (у даљем уређаја за гас) у возило и постојање на возилу истовремено два система (уобичајни за бензин и уређаја за гас) може код неиформисаних да изазове сумњу у безбедност таквог возила. Да би наведена сумња нестала наглашавамо да уређаји за гас поседују вишеструко дуплирање система безбедносне заштите (што није случај код традиционалних системе за бензин или дизел), а што у наставку поткрепљујемо чињеницама.

Главни и највећи елемент уређаја за гас је резервоар, за који се управо и везују највећи страхови. Међутим, несумњиво је да се резервори за гас израђују од висококвалитетних легираних челика, дебелих и јаких зидова (минимално дебљине 3 mm), који могу да издрже знатно веће притиске од радних (2÷3 пута веће) и да се супроставе јаким спољним утицајима (за озбиљније оштећење потребне су велике силе), задржавајући при томе облик, апсолутну заптивеност и непропусност. У случају саобраћајне незгоде резервоар може на себе да преузме и улогу одбојника или ојачања каросерије. Надаље, резервоари за гас у току производње пролазе кроз читаву серију безбедносних испитивања, а као по правилу инсталирају се у најмање угроженим и статистички мало вероватним местима оштећења возила (местима која су заштићена од могућих удара и спољашњих утицаја).

Аналитичари компаније BMV су на основу реалних података [1] израчунали вероватноћу оштећења и структурног разарања каросерије путничких возила.

Резултати прорачуна приказани су на слици 2, са које се јасно види да вероватноћа оштећења каросерије путничких возила у подручју инсталације резервоара за гас је 1÷5%.



Слика 2 Вероватноћа оштећења каросерије возила

Због немогућности формирања експлозивне смеше у резервоару за гас (изостанка кисеоника) изостаје вероватноћа појаве његовог експлозивног разарања (могуће само у случају кад ваздух уђе у већ испражњен резервоар или кад је резервоар неисправан или пак јако оштећен). Међутим, овакви

случајеви су веома ретки. Насупрот, у сличним ситуацијама, код резервоара за бензин и дизел гориво може да дође до експлозивног разарања због тога што у њима увек постоји нека мешавина пара горива и ваздуха, а и због тога што је дебљина њихових зидова 0.8÷1 mm (подсећа на лим за конзерву). Данас, многа савремена возила поседују резервоаре за бензин или дизел гориво израђене од пластичних материјала. Такође, у ванредним ситуацијама услед локације (ближе одбојнику у односу на резероар за гас) постоји и већа вероватноћа њиховог оштећења. Треба истаћи да је палење исцурелог бензина или дизела много лакше од палења исцурелог гаса. У случају цурења гаса из резервоара његово сагоревање протиче у виду пламена, док при цурењу бензина сагоревање има експлозивни карактер.

Друга најважнија компонента уређаја за гас са становишта безбедности је вишенаменски вентил (мултивентил). То је компонента која се инсталира директно на прирубницу резервоара и представља прилично сложену компоненту састављену од више различитих сигурносних елемената (што јој је и дало префикс ″мулти″), од којих сваки има одређену безбедносну функцију, као нпр.:

- механички (ручни) вентили, којима се мануелно врши затварање канала за пуњење и канала за пражњење резервоара при дуготрајном паркирању возила, паркирању возила у затвореном простору, неисправности или одржавању уређаја за гас,
- неповратног вентила, чији је задатак да спречи враћање гаса из резервоара у канал за пуњење,
- пловака, којим се идентификује ниво течне фазе гасовитог горива у резервоару,
- зауставног вентила, који у сарадњи са пловком прекида пуњење резервоара у тренутку кад течна фаза гаса достигне вредност од 80% укупне запремине,
- брзинског вентила, који је способан да прекине истакање гаса из резервоара у случају повећане брзине истакања (нпр. при прекиду или неисправности у високопритисном делу уређаја за гас),
- сигурносног вентила, који периодично испушта неку дозу гасовите фазе гаса из резервоара при порасту притиска у резервоару изнад дозвољене вредности (обично за ТНГ 2,5±0,1 MPa, а за КПГ 25 MPa) у циљу заштите резервоара од разарања,
- сигурносног температурног (топљивог) вентила (често званог противопожарним вентилом) чији задатак је да испусти гас из резервоара при порасту загрејаности резервоара у области мултивентила изнад дозвољене вредности (120±10^{o}C), с циљем умањења притиска у резервоару и спречавања појаве експлозивног разарања,
- електромагнетног вентила, који је у новије време обавезан безбедносни елемент мултивентила, којим се прекида процес снабдевања мотора гасом при искљученом уређају за гас, искљученом систему палења или престанку рада мотора,
- индикатора/давача нивоа течне фазе гаса у резервоару који даје информацију о количини горива у резервоару,
- прикључак (вентил) за пуњење је уређај (опремљен неповратним вентилом и специјалним адаптером за пуњење), који омогућује безбедно повезивање и пуњење резервоара гасом.

Из наведеног, могуће је закључити да резервоар за гас је уређај који је заштићен са свих страна толико да не треба очекивати било какву инцидентну слику са њим, а мултивентил је тај који само употпуњује поузданост те слике. Међутим, то није све. За обезбеђење максималне безбедности коришћења уређаја за гас, уређај за гас обавезно поседује систем вентације (гасно непропусно кућиште, вентилационе цеви и вентилационе уводнике), који поред механичке заштите мултивентила служи за обезбеђење циркулације ваздуха унутар система, спречавања акумулације евентуално исцурелог гаса из резервоара и његово спровођења у безбедносну зону (изван возила).

Магистрални електромагнетни вентил је компонента уређаја за гас, која се инсталира на високопритисном делу уређаја (обично у области моторског простора као засебна јединица или у саставу других компоненти) са задатком да сагласно управљачком сигналу (затвореном или отвореном струјном колу) аутоматски обезбеди или прекине проток гаса до редуктор-испаривача (редуктор-загрејача), чиме се повећава безбедност у искљученом стању.

Често се каже да је резервоар највећа а редуктор-испаривач (редуктор-загрејач) најважнија компонента уређаја за гас. То је компонента у којој интеграцијом механичких, пнеуматских и електричних елемената се на излазу обезбеђује стање и количина гаса сразмерна захтевима режима рада мотора, уз аутоматски прекид при сваком регуларном или принудном заустављању мотора.

Уређаји за гас различитих поколења, применом различитих система електронског управљања имају и различите безбедносне нивое. Електронска управљачка јединица савременог уређаја за гас има могућност да сагласно одређеним процедурама комуницира са основном управљачком јединицим возила

и преко ње обавештава возача о стању или постојању било каквих проблема и сметњи у раду уређаја, а у случају озбиљније неисправности тренутно зауставља рад, чинећи уређај безбедним и поузданим.

Кад се говори о безбедности уређаја за гас треба истаћи да већина елемента уређаја за гас се израђују од обојених метала (искључена могућност стварања искре), а сви елементи подлежу обавезној сертификацији и бројним испитним тестовима (у потпуности испуњавају европске стандарде квалитета и безбедности).

4. ИЛУСТРАТИВНИ ПРИМЕРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ И ИСПИТИВАЊА ВОЗИЛА СА УГРАЂЕНИМ УРЕЂАЈИМА ЗА ГАС

Несумњиво је да се саобраћајне несреће дешавају свакодневно. У неким о њих учествују и возила са допунско уграђеним уређајем за гас, чиме се генеришу одређени статистички подаци. Такође, сви произвођачи уређаја, неки произвођачи возила и заинтересовани научно-истраивачки центри изводе испитивања у виду имитације паљења или судара (креш тестова) возила са уређајима за гас. У овом делу рада аутори дају неке од тих статистичких података и добијених резултата, као допринос побијању широко распрострањеног уверења да возила на гас су мање безбедна од возила на бензин или дизел горива.

Сагласно статистичким подацима однос појаве пожара у возилима на гас и возилима на традиционално гориво је 1/100 [7].

Амерички научници израчунали су да од 14000 путничких аутобуса у САД, који користе КПГ као погонско гориво (око 25%), претпостављајући да се свако возило 300 дана годишње пуни горивом на пуниоицама које се налазе у затвореном простору, само на једном возилу би се десио пожар у току пуњења у периоду од 35÷75 година [4].

Интересантни су такође и статистички подаци које је сакупило америчко удружења за гас. У току 10 година експлоатације 2400 возила са погоном на гас, пређено је укупно 280 милиона километара и десило се 1360 саобраћајних незгода. У 180 случајева судар се догодио у зони положаја резервоара за гас, али ни један резервоар није оштећен. У пет случајева регистровано је палење бензина [3].

Јула 1990 године у гаражи холандске аутобуске компаније ″Central Netherland transport company″ десио се пожар, који је уништио 35 аутобуса, међу којима су била и два аутобуса са погоном на КПГ (напуњени до притиска 200 бара). Резервоари за гас остали су цели, а гас је излазио из резервоара преко сигурносних вентила или ватром оштећених спојева у мањим порцијама и сагоревао без експлозије [11].

Министарство Руске Федерације за цивилну одбрану, хитне случајеве и елиминацију последица природних катастрофа (ГПС МЧС) у сарадњи са Московским државним универзитетом за грађевинарство (МНИУ), током својих истраживања констатовало је да у периоду од 2000÷2004. године у Русији је било укупно 212 пожара на возилима са уграђеним уређајима за гас [8]. У табели 2 дају с неки од резултата тих истраживања.

Детаљном анализом статистичких података датих у табели 2 може се приметити да се као најопасније место са становишта појаве пожара у возилима појављује моторни простор (око 70%), а да највећи узрок томе је недовољна заптивеност уређаја за гас. (око 63%). Знајући да је главни узрок настанка недовољне заптивености "људски фактор", то се број пожара у возилима са уграђеним уређајима за гас може смањити за неколико пута на рачун поштовања основних правила одржавања и експлоатације. Непоштовање правила одржавања и експлоатације, сваки технички производ се чини недовољно безбедним, па ни возила са уграђеним уређајем за гас нису изузетак.

Табела 2. Место, околности и узроци појаве пожара

Број пожара %			
Врста возила	Путничка возила	Теретна возила	Аутобуси
Место појаве пожара			
Моторни простор	70	67	75
Путнички простор, кабина	14	19	12,5
Пртљажни простор, каросерија	7	1	-
Ван возила (за време пуњења)	1	6	-
У гаражи	8	7	12,5
У гаражи са разарањем структуре	6	5	-
У гаражи без разарања структуре	2	1	-
Околности појаве пожара			
Пуњење горивом	2,8	8	-
Стартовање мотора	25,7	19,5	-
Кретање	50	51	50
Промена врсте горива	4	6,5	-
После заустављања мотора	1,4	4	-
Паркирање са упаљеним мотора	8	4	17
Паркирање са искљученим мотором	-	1	-
У гаражи	6,7	2,6	17
Поправка на отвореном простору	1,4	1,3	16
Поправка у гаражи	-	8	-
Узроци појаве пожара			
Цурење гаса из уређаја за гас			63
Неисправност редуктор-испаривача			5,8
Цурење гаса за време пуњења			3
Неисправност вентила за бензин			2
Неисправност вентила за гас			2
Механича оштећења уређаја			2
Повреде при саобраћајним незгодама			2
Промена рада са гаса на бензин			2,5
Промена рада са бензина на гас			1,5
Стартовање при ниским температурама			1,5
Неисправности система за пуњење			0,5
Непоштовање безбедносних мера при експлоатацији			9,2
Неидентификовани разлози			5

Аутори сматрају да је корисно истаћи и то да сви анализирани случајеви појаве пожара су били на возилима која користе ТНГ, а да није било појаве пожара на возилима који користе КПГ, мада је у анализираном узорку било 9% возила који користе КПГ.

Да би се упоредила безбедност возила на гас и течно гориво искористићен је податак да је у Русији 2003.године било регистровано око 400 000 возила на гас и око 22 милиона возила на течно гориво, а да је регистрован 91 пожар на возилима за гас и 19 184 пожара на возилима за течно гориво [8]. На основу ових података констатује се да је вероватноћа појаве пожара код возила на течно гориво за 3,83 пута већа него код возила на гас. У периоду од 2014÷2018. године, на Институту за заштиту на раду у Новом Саду аутори рада су извршили испитивање правилности уградње и периодичну контролу уређаја за гас на 4 800 возила, од којих је било 1% са КПГ и није забележен ни један случај пожара нити експлозије, а према евиденцији МУП у Србији се сваког дана у просеку деси 1,3 пожара на возилима.

Немачки ауто клуб ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil Club), да би се уверио у безбедност возила са уграђеним уређајима на гас извео је креш тест, којим је на ново возило Opel Astra Caravan са уграђеним уређајем за ТНГ, при брзини од 60 km/h наводио са задње стране старије возило Opel Kadett са 70% преклапањем (најчешће појављивани случај у пракси) [10]. Према резултатима испитивања утврђено је да уређај за ТНГ је остао неповређен (чак су издржали елементи везивања резервоара и није нарушена заптивеност) и да није постојала никаква претња за путнике. Примећено је једино да је био отежан приступ у пртљажник услед деформације задњих врата возила.

Интересантни резултати добијени су у Француској при испитивању возла Citroën [2]. Возило снабдевено уређајем за КПГ (челични резервоар у задњем делу - 80 l, 80 kg и 20 MPa) је при брзини од 50 km/h навођено на бетонски зид. Услед силе удара регистрована је деформација возила до ветробранског стакла, а у току и после испитивања није забележена појава цурења гаса.

Извођена су такође и испитивања у погледу оцене понашања возила у случају појаве пожара. У ту сврху један аутобус марке Renault са пуним резервоаром (дизел гориво) и други аутобус исте марке опремљен за рад са КПГ (шест резервоара на крову, ојачани алуминијумски, 127 литара и масе 103 kg) запаљени су истовремено у задњем делу у нивоу пнеуматика (симулирајући паљење услед прегревања кочионих облога задње осовине). На крају испитивања константовано је уништење оба аутобуса, уз задржавање задовољавајућег стања уређаја за гас, чиме је потврђен висок ниво безбедности уређаја за гас (чак и у озбиљнијим саобраћајним незгодама, кад возило претрпи и значајније деформације, уређај за гас задаржава херметичност, па и радну способност)

Компанија ЭлитГаз (Екатеинбург,Россия) извела је пожарни тест на три путничка возила [9], од којих је једно било на бензин а остала два на гас (са правилно инсталисаним и неправилно инсталисаним уређајем за гас). Возило на бензин је експлодирало за 3,5 минута после паљења, возило са неправилни инсталисаним уређајем после 14 минута, док се на возилу са правилно инсталисаним уређајем за гас отворио вентил сигурности на мултивентилу после 12 минута и настало суксесивно испуштања гаса из резервоара и његово спровођење у околину, потврђујући мишљење да су возила на гас у ванредним ситуацијама мање подложна експлозији и пожару од возила са погоном на бензин или погоном на дизел гориво.

Редакција емисије SAT у сарадњи са Центром за моторна возила Ауто Мото Савеза Србије (СМС AMSS) је прва на нашем поднебљу извела експеримент паљења два путничка возила (Renault - са погоном на бензин и погоном на бензин и ТНГ). У закључку је констатовано уништење оба возила без појаве експлозије било којег од резервоара, али и уз констатацију оштећења бензинских, а очување ТНГ резервоара са опремом, чиме је потврђено да је уређај за гас поуздано заштићен од експлозије.

Безбедносни системи који су инкорпорирани у конструкцију уређаја за гас не ослобађају корисника возила од поштовања основних правила и норми уградње уређаја за гас у возило, његовог одржавања и експлоатације. Непоштовање тих утврђених правила и норми (који објективно нису ништа више сложени од оних које траже уобичајни системи напајања течним горивом) може да доведе до појаве ових или оних безбедносних проблема. Пракса је показала да су сви проблеми који се везују за употребу уређаја за гас последице непоштовања правила.

5. ЗАКЉУЧАК

Сигурно је да се не може негирати чињеница да уређаји за гас у возилу представља неку опасност. Наравно, да сваки допунски уређај у возилу чини возило сложенијим и мање поузданим. Међутим, и без уређаја за гас возило није ослобођено од опасности. Аутори рада нису имали намеру да било кога убеде да су тврдње о недовољној безбедности уређаја за гас бесмислене , али се надају да ће сваком ко није упознат са темом о безбедности уређаја за гас постати јасно да су то уређаји који су безбедно заштићени на високом нивоу и одговорно изјављују да су уређаји за гас безбеднији од било ког уобичајног система напајања горивом. На читаоцу остаје да после свега што је изложено у раду сам закључи који је систем безбеднији, систем са гасом или систем са уобичајним течним горивом. При чему се наглашава да је правилно изабран уређај за гас, професионално уграђен у возило, професионално одржаван и експлоатисан гаранција безбедног кориштења истог.

6. ЛИТЕРАТУРА

Беляев, С.В., Давыдков, Г.А.: Проблемы и перспективы применения газомоторных топлив на трвнспорте, Труды Петрозаводского государственного университета, 2010, Петрозаводск, 13÷16 р.

Буцкий, Ю.: Сжатый газ и безопасность, АБС-авто, декабрь, 2014, Москва.

Langer,T., Williams, D.,Fleets,G.: Fuel Economy Progress and Prospects Report. T024, 2002. 26 p.

Мазур, И.: Нефть и газ, Мировая история, Земля и человек XXI век, 2004, Москва.

Мишин, В.М.: Переработка природного газа и конденсата, Академия, 1999, Москва,448 р

Морев,А.И., Ерохов,В.Н.,Бекетов, Б. А. и др.: Газобаллонные автомобили, Транспорт, 1992, Москва.

Безопасность ГБО, ГазАвтоЦентр,10, 2012, Омск..

Васюков, Г.В., Корольченко, А.Я., Рубцов, В.В.: Пожарная безопасность газобаллонных автомобилей, Автомобильная промышленность, № 2 , 2006.

https://elitegas.ru/ngv-lpg-safety-crash-tests/

http://milangaz.ru/index.php/statyi/bezopasnost-gbo.ht

http://www.gazpronin.ru/CNG.html

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING DAMPING PROPERTIES AND ECONOMICITY OF HYDRODYNAMIC TRANSMISSIONS OF MOTOR VEHICLES

ANALIZA FAKTORA KOJI UTIČU NA PRIGUŠUJUĆA SVOJSTVA I EKONOMIČNOST HIDRODINAMIČKIH MENJAČIMA MOTORNIH VOZILA

Vojislav Krstić[a], Ranko Božićković[b], Božidar Krstić[c]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, mail*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, ranko.bozickovic@sf.ues.rs.ba*

[c] *University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Kragujevac 34000, Srbija, bkrstic@kg.ac.rs*

Abstract: *In this paper, attention is devoted to the analysis of the factors that influence the economy and attenuating effect of the gearbox with the hydrodynamic component on the overall economy of vehicles and comfort from the aspect of the continuity of the gear, without rapid acceleration and deceleration.*

In order to reduce fuel consumption to an optimal level, for the given construction of the drive unit and the whole vehicle, it is necessary to harmonize the engine operating modes with hydrodynamic gearing, ie with the resistance caused by the movement of the motor vehicle. The goal is to rationalize the fuel consumption of the drive engine. This is, for now, largely achieved by the use of a gearbox with a continuous change in gear.

The installation of the transmission with continuous change of gear in the vehicle enables: continuous adjustment of the output torque and speed with variable resistance of the motor vehicle, rational use of the engine power, greater passage, increases the life of the vehicle and enables easier control. The possibility of programming the change of gear allows for achieving minimal fuel consumption. Determination of the effect of the dampening effect of hydrodynamic power transmission on the torsional oscillations of the vehicle's gearboxes, as well as the effect of the disturbance on its dynamic behavior, is done primarily on the basis of dissipation energy. When optimizing the parameters of the blade system, it is necessary to take into account, first of all, the dampening effect and the economy of the hydrodynamic power transmission.

Keywords: *motor vehicles, hydrodynamic power transfer, economy, dampening effect*

Apstrakt: *U radu pažnja je posvećena analizi faktora koji utiču na ekonomičnost i prigušujuće dejstvo menjača sa hidrodinamičkom komponentom na ukupnu ekonomičnost vozila i komfora sa aspekta kontinualnosti stepena prenosa, bez naglih ubrzavanja i usporavanja.*

Radi svođenja potrošnje goriva na optimalan nivo, za datu konstrukciju pogonskog agregata i celog vozila, neophodno je izvršiti usaglašavanje režima rada motora sa hidrodinamičko zupčastim menjačima, odnosno sa otporima koji nastaju pri kretanju motornog vozila. Cilj je, znači, racionalizacija potrošnje goriva pogonskog motora. Ovo se, za sad, uglavnom postiže primenom menjača sa kontinualnom promenom stepena prenosa. Utvrđivanje uticaja prigušujućeg dejstva hidrodinamičkih prenosnika snage na torzione oscilacije menjača vozila, kao i uticaj poremećajnog momenta na njeno dinamičko ponašanje, vrši se prvenstveno na osnovu energije disipacije.

Pri optimizaciji parametara lopatičnog sistema neophodno je prvenstveno voditi računa o prigušujućem dejstvu i ekonomičnosti hidrodinamičkih prenosnika snage.

Ključne reči: *motorna vozila, hidrodinamički prenosnik snage, ekonomičnost, prigušujuće dejstvo*

1. INTRODUCTION

The drive characteristics of the engine do not correspond to the required traction characteristics of the motor vehicle in all conditions of its movement. Therefore, they must, appropriately, be transformed into shapes that suit the needs of each state of movement. The power transmission system therefore serves not only to transfer power from the engine to the drive wheels, with as little loss as possible, but also to change the shape of the drive characteristics of the engine. With their application, the torque and power of the engine with the necessary power and torque on the drive wheels are matched, under different conditions of use of a motor vehicle.

From the very beginning of the development of motor vehicles, efforts have been made to realize a gear with a continuous change in the gear that would achieve the continuous adjustment of the required traction force of the total vehicle resistance in all conditions. It also tried to make such a gear automatic. This problem is successfully solved using hydrodynamic power transducers (HDPS). HDPS can be implemented as hydrodynamic gearboxes (HDM) or as hydrodynamic couplings (HDS). HDM is the most complex turbomachine, consisting of three or more blades and transmits mechanical energy through a working fluid in it. The application of HDPS on motor vehicles improves their exploitative technical characteristics (dynamics, economy, reliability, lifetime, capacity, complex comfort, safety, convenience and convenience of the construction for maintenance), which depends on the suitability of the vehicle for use under certain conditions of exploitation. It should be noted that the change in the conditions of use of motor vehicles and its technical condition leads to a change in these characteristics.Problems of research and development of HDZM, starting from studying possible constructive solutions and their characteristics, to studying the complex processes taking place in their work space, and optimizing the space, as well as optimizing the degree of transmission in the gearing part of these power transmissions, all with the aim of improving previously stated exploitation and technical characteristics of motor vehicles, is in the focus of interest of a large number of researchers.

In this paper, attention is devoted to the analysis of the factors that influence the economy and attenuating effect of the gearbox with the hydrodynamic component on the overall economy of vehicles and comfort from the aspect of the continuity of the gear, without rapid acceleration and deceleration.

2. MITIGATION OF HYDRODYNAMIC POWER TRANSMISSION IN MOTOR VEHICLES

The use of HDPS in motor vehicle transmissions increases the life of the vehicle, thanks in particular to the mildly faultless power transmission, from the engine to the drive wheels of the vehicle and the ability to suppress oscillations. This is achieved thanks to the change of the output torque and the number of revolutions that is realized continuously and completely automatically depending on the load of the output shaft.

Determining the effect of the dampening effect of HDPS on the torsional oscillations of the vehicle's gearboxes, as well as the effect of the disruption torque on its dynamic behavior, is performed primarily on the basis of dissipation energy (Krstić 2009).

In order to study the indicators of the reliability and longevity of HDPS motor vehicles, it is necessary to develop the criteria of dampening effect. It is known that the attenuation properties of a dynamic system are determined by the dissipation energy. The moment of dissipative forces for the HDPS turbine wheel can be determined using equations:

$$M_{Pd} = M_{Pt} - M_P = \left\{ \begin{array}{l} \rho V \cdot \left[{\omega_{P2}}^2 + V \cdot \left(\frac{ctg\beta_{R2}}{F_{R2}} \cdot R_{R2} - \frac{ctg\beta_{P2}}{F_{P2}} \cdot R_{P2} \right) \right] \\ -\rho J \frac{d\omega_T}{dt} + \rho F_{tr} \cdot \frac{dV}{dt} \end{array} \right\} - M_P$$

$$M_{Td} = M_{Tt} - M_T = \left\{ \begin{array}{l} \rho V \cdot \left[\omega_T {R_{T2}}^2 - \omega_P {R_{P2}}^2 + V \cdot \left(\frac{ctg\beta_{P2}}{F_{P2}} \cdot R_{P2} - \frac{ctg\beta_{T2}}{F_{T2}} \cdot {R_{T2}}^2 \right) \right] \\ -\rho J \frac{d\omega_T}{dt} + \rho F_{tr} \cdot \frac{dV}{dt} \end{array} \right\} - M_T \, U \quad (1)$$

In the general form, the friction moment of the dissipative forces can be represented by the nonlinear function of the velocity of the motion in the form (Krstić 2003):

$$M_d = b \cdot \left(\frac{d\psi}{dt} \right)^n \cdot \operatorname{sgn} \frac{d\psi}{dt} \tag{2}$$

The relative speed of rotation of the HDZM output shaft is determined based on the distribution of the field of speeds and pressure fields in the HDPS workspace (Krstić 2003). The size of the damping factors of the pump and turbine circuit can be presented in the form of (Krstić 2003):

$$b_P = \frac{M_{Pt} - M_P}{\omega_P{}^2} = b_T \cdot i^3 - \frac{M_P}{\omega_P{}^2} \cdot (1 - \eta) \tag{3}$$

$$b_T = \frac{M_{Tt} - M_t}{\omega_t{}^2} = \frac{M_{Pt} - M_P \cdot \eta}{i \cdot \omega_t{}^2} \tag{4}$$

By analyzing the expressions (1) and (4), it can be concluded that the damping factors do not depend on the parameters of the rigidity of the mechanical system, and that the minimal damping properties of the HDPS pump and turbocharger are realized in the case of transmission relationships with a close optimum operating mode.

For non-transparent HDM, the coefficient of attenuation is determined by the size and sign of the derivative dη / di. When increasing the transfer ratio from zero to optimum value (iopt), the attenuation coefficient is reduced. Further increasing the transmission ratio to the operating mode when the HDM switches to the HDS mode leads to an increase in the attenuation coefficient.ηIn estimating the optimum performance of the motor-HDPS assembly, a transmissivity coefficient is used, which shows the character of the change in the damping coefficient of the HDPS blades in the transmission function. The turbine wheel damping coefficient is evaluated depending on the degree of useful effect.

To determine the size of the coefficient of attenuation, the equations (1) and (4) must be expressed over the flow and geometric parameters of the HDPS blade space. In addition, the value of theoretical moments MPt and MTt is determined by the theoretical flow, obtained from the conditions of equality of effort of the pump and turbine circuits at the working point, using the law of the moment of the amount of movement.

By reducing the entry angle of the turbine blades, the turbine circuit attenuation coefficient in the transmission ratio zone (i0.4) is increased. By increasing the output angle of the pump and reducing the output angle of the reactor circuit, the attenuation coefficient is reduced.

In the experimental determination of the value of the attenuation coefficient of HDPS, it is necessary to measure the amplitudes of the free oscillations A (t) and its changes with the time dA (t) / dt of the blades, as well as the knowledge of the frequency of free oscillations (f). By incorporating these measured values into the expression (3) and / or (4), the damping coefficient values for the pump (P) and the turbine (T) wheel of the hydrodynamic power transmitter are obtained in the form:

$$b_{P(T)} = \frac{2J_{P(T)} \cdot f_{P(T)} \cdot \dfrac{dA(t)/dt}{C_{P(T)-o}} \cdot \left(\dfrac{J_{P(T)}}{J_{m(O)}} + 1 \right)^2}{\left[-A(t) \cdot \dfrac{f_{P(T)}}{C_{P(T)-o}} + \omega_{P(T)} \cdot \left(\dfrac{J_{P(T)}}{J_{m(O)}} + 1 \right) \right]^2} \tag{5}$$

One should not lose sight of the fact that the weight of the hydrodynamic power transmission coefficient has a decisive role besides the weight and angles of the wheel blades at the entrance and exit. When optimizing the parameters of the blade system, it is necessary to take into account, first of all, the dampening effect and the economy of the hydrodynamic power transmission.

3. THE INFLUENCE OF HYDRODYNAMIC CONDENSED GEARBOX ON THE ECONOMY OF A MOTOR VEHICLE

The economy of a motor vehicle depends on a number of factors. The analysis of economy is reduced to the analysis of transport work, i.e. on the analysis of the transport of a certain mass or of a certain volume on a given relation. Based on the consumed propulsion material (fuel and lubricants), spare parts and human work on the transport work unit, the characteristics of the economy of the vehicle or the vehicle fleet are assessed. The economy of the vehicle is one of the basic attributes of the future vehicle. This should be properly accepted and maximized in the field of improving the economy of the vehicle.

The analysis of economy is reduced to the analysis of transport work, i.e. on analyzing the transport of a particular cargo and / or passenger on a given route. Most often, based on consumed propulsion materials (fuels and lubricants), spare parts and human work on the transport work unit, the efficiency of the vehicle or the vehicle fleet is assessed. In order to improve the economy of the vehicle, it is necessary to achieve: higher payload, higher driving performance, lower fuel consumption and improved infrastructure.

In order to reduce fuel consumption to an optimal level, for the given construction of the drive unit and the whole vehicle, it is necessary to harmonize the operating mode of the engine with the hydrodynamic gearbox, that is, with the resistance caused by the movement of the motor vehicle. The goal is to rationalize the fuel consumption of the drive engine. This is, for now, largely achieved by the use of a gearbox with a continuous change in gear. The installation of the transmission with continuous change of gear in the vehicle enables: continuous adjustment of the output torque and speed with variable resistance of the motor vehicle, rational use of the engine power, greater passage, increases the life of the vehicle and enables easier control. The possibility of programming the change of gear allows for achieving minimal fuel consumption.

In the analysis of fuel consumption, the use of the so-called " analytical methods that are based on the application of certain mathematical models of determining fuel consumption, which primarily take into account the conditions of use of the vehicle and operating mode of the drive engine. In doing so, one should not lose sight of the quality of the fuel used, the way of preparing and combusting the mixture of fuel and air, constructive solutions and how to use and maintain the vehicle. One of the expressions for determining fuel consumption can be presented in the form (Krstić 2003):

$$Q = \frac{0{,}12 \cdot V_u \cdot n \cdot p_e}{H_d \cdot \tau \cdot \eta_e \cdot \nu \cdot \rho_g} \tag{6}$$

The relationship between the speed of the vehicle and the speed of the crankshaft of the propulsion engine can be represented by the expression:

$$n = 2{,}65 \cdot i_m \cdot i \ \cdot i_o \cdot \frac{v}{r_k} \tag{7}$$

On the basis of the effective power supplied to the drive wheels of the vehicle, the mean effective pressure pe can be determined, using the expression:

$$p_e = \frac{3{,}14 \cdot r_k \cdot T}{V_u \cdot i_m \cdot i \cdot i_o \cdot \eta_{tr}} \cdot (m \cdot g \cdot u + 0{,}077 \cdot k \cdot A \cdot v^2 \pm 0{,}1 \cdot \delta \cdot \frac{dv}{dt}) \tag{8}$$

The coefficient of impact of the rotational masses, when applying a transmission with HDM, can be expressed in the form:

$$\delta = 1 + \frac{J_T \cdot Z}{m \cdot r_k^{\ 2}} + \frac{J \cdot i_m^{\ 2} \cdot i_o^{\ 2} \cdot \eta \cdot K}{m \cdot r_k^{\ 2} \cdot i^{\ 2}} \cdot (i - v \cdot \frac{di}{dv}) + \frac{J_2 \cdot i_m^{\ 2} \cdot i_o^{\ 2} \cdot \eta}{m \cdot r_k^{\ 2}} \tag{9}$$

The effective degree of exploitation can be expressed in the form:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \frac{p_e}{p_e + p_m} \tag{10}$$

One of the simplest expressions in use for determining the mean pressure of mechanical losses is in the form:

$$p_m = a + b \cdot \frac{h \cdot n}{30} \qquad (11)$$

The values of the indicator's degree of exploitation can be determined by applying a simple expression:

$$\eta_i = p_i \cdot \frac{Q_v}{H_d} \cdot \frac{\lambda}{\eta_v} \cdot \frac{R \cdot T}{p} \qquad (12)$$

(λm) and the indicator (h) degree of utilization, the working volume (Vu), the piston stroke (h) and the excess air ratio (ηg). The engine construction affects the fuel consumption through the mechanical (ρ), the fuel consumption can be determined at the first approximation, depending on the previously mentioned parameters. By eliminating certain members in these terms, it is also possible to determine the fuel consumption of a motor vehicle in the case of a transaxle transmission with a gear shifter. By analyzing the previous terms, it can be concluded that fuel consumption depends on more constructive and exploitative factors. It is easy to notice that the effect of the vehicle's fuel consumption design is significant and is expressed through the value of the HDZM (im) transmission ratio, main gear (io), wheel radius (rk), vehicle mass (m) and air resistance (k). The influence of the fuel type is expressed through the values of lower thermal power (Hd) and its density (÷By using the previous expressions (7).

Preliminary analysis shows that the fuel economy of a motor vehicle has a major impact on fuel consumption. The basic prerequisite for reducing fuel consumption is to establish an optimum relationship between the power of the drive engine and the required power to overcome resistance when driving a motor vehicle. This can be achieved by the correct choice of the transmission ratio of the vehicle's gearbox when moving. From the construction of the transmission, the quality of production and transmission relationships in the transmission and main gear greatly depends on fuel consumption. By reducing the value of the transmission gear ratio, the engine speed of the drive engine is reduced and the engine operating point is moved to a zone of greater economy. In this way, considerable savings in fuel consumption are carried out. On the other hand, this has a negative impact on the performance of the vehicle, there is an increase in the content of toxic components in the exhaust and the acceleration of acceleration (Krstić 2009, 1990):

The increase in the transmission ratio of the main gear above a certain limit is unfavorable because a certain speed of the vehicle, for each total transmission ratio, corresponds to a certain number of rotations of the crankshaft, on a certain path. This means higher fuel consumption and more intense wear and tear on motorcycles and, therefore, a lower lifetime. The choice of a smaller transmission ratio, from the value obtained by the budget, is not justified because the power reserve, the maximum acceleration and the maximum speed are reduced, thereby deteriorating the other dynamic characteristics of the motor vehicle. The total number of transmission rates, as well as the individual values of the transmission relationships, have a major impact on the exploitation and technical characteristics of the motor vehicle, in particular on the dynamics and fuel economy. The aforementioned disadvantages of the classic transmissions are somewhat alleviated using hydrodynamic gear shifers.

4. CONCLUSION

The determination of the characteristics of equilibrium operating modes, in the joint operation of the engine, the hydrodynamic gearbox and the vehicle, is done in the same way as in the joint operation of the engine, hydrodynamic coupling and vehicles, as previously shown. It should be noted, however, that in the case of a hydrodynamic gearbox, unlike the hydrodynamic coupling, the torque ratio of the turbine and pump circuits is changed. The change in the torque generated on the turbocharger of the hydrodynamic gearbox, over a wide interval, is greater than the torque variation that occurs on the pump circuit of the transaxle hydrodynamic gearbox. There are also such constructive solutions of a hydrodynamic gearbox, in which the moment on the pump wheel does not change (non-diffuser hydrodynamic gearbox). The engine operating mode, when applying a hydrodynamic gearbox, is realized in a narrower interval of torque change than in the case of a hydrodynamic coupling or a pure gear shifter.

max), as well as the required value of the coefficient of torque change in the starting mode (Ko) when the transmission ratio hydrodynamic gearbox equal to zero (i = 0, s = 100%).ηThe coupling analysis: the motor

hydrodynamic gearbox determines the most favorable transmission ratio of the hydrodynamic gearbox (s) corresponding to the maximum value of the usefulness level.

The transfer of power from the engine, using the hydrodynamic gearbox, is resolved in the iterative way in stages, primarily due to the wide range of changing operating conditions and the possibility of choosing different hydrodynamic gearbox solutions. The first step in solving this complex task is the determination of the moment to be achieved at the output shaft of the hydrodynamic gearbox, under certain conditions of use of the vehicle, in the first place, at the limit values of the transmission ratio (from i = 0 to i = imax). Then the transmission ratio of the hydrodynamic gearbox is determined, in which it has the maximum value of the degree of utility.

The third step is to determine the required torque characteristics of the pump circuit (translucent or non-transparent). The final step is to determine the gauge of the hydrodynamic gearbox and to calculate the parameters of the common operating modes, from the conditions of the engine coupling and the hydrodynamic gearbox. The harmonization of the operation of the suction motor and hydrodynamic gearbox is primarily reflected in the harmonization of the characteristics of the engine with the characteristics of the pump circuit. The engine sus, in conjunction with a non-transparent hydrodynamic gearbox, will operate in the same mode, regardless of the load of the output shaft. Then it is possible to change the mode of its operation by regulating the fuel supply.

Without the knowledge of the impact factors on the economy and the dampening properties of the hydrodynamic power transmission, applied in the gearboxes of motor vehicles, it is not possible to optimize the gearbox and to harmonize the parameters of the joint operation of the drive engine and transmission.

5. REFERENCES

Krstić, B. (2009), Tehnical serviceability of motor vehicles and engines, University of Mechanical Engineering, Kragujevac (In Serbian)

B. Krstić (1990): Theoretical and experimental research of the field of speeds and pressure fields in the working space of a turboprojector, doctoral dissertation, Faculty of Mechanical Engineering in Kragujevac

B. Krstić (2003): Hydrodynamic power transfer in aggregates of motor vehicles, monograph, Faculty of Mechanical Engineering in Kragujevac, Kragujevac

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

OPTIMIZING THE PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE ENGINE COOLING SYSTEM

OPTIMIZACIJA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA SISTEMA HLAĐENJA MOTORA

Vojislav Krstić[a], Ranko Božićković[b], Božidar Krstić[c]

[a] *University of Belgrade, Faculty for Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, mail*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, ranko.bozickovic@sf.ues.rs.ba*

[c] *University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Kragujevac 34000, Srbija, bkrstic@kg.ac.rs*

Abstract: *This work presents a possibility to find the optimal solution in the maintenance of the engine cooling system when the criteria functions are maximal availability and minimal maintenance costs. These two criteria lead to several solutions of the engine cooling system assembly maintenance; therefore, it was necessary to apply the multicriteria optimization.*

Results of voluminous investigations of the engine cooling system reliability parameters, which were obtained by monitoring the behavior of the analyzed motor vehicle in the real exploitation conditions, from the aspect of failure occurrence of its engine cooling system, and with application of the corresponding scientific knowledge from the area of probability, mathematical statistics, systems theory and reliability theory, have served as a basis for finding the optimal periodicity of the engine cooling system maintenance, taking into account the criteria of maximal availability and minimal costs of its maintenance. Since the optimal periodicities of conducting the engine cooling system preventive maintenance, determined by criteria of maximal availability and minimal maintenance costs differ from each other, it was necessary to apply one of the multicriteria analysis methods. The presented methodology of the multicriteria decision-making can be applied for obtaining the reliable value of optimal periodicity of conducting the preventive maintenance procedures also of other parts of the analyzed engine cooling system.

Key words: *Engine cooling system, Maintenance, Optimization, Reliability, Availability, Costs*

Apstrakt: *Ovaj rad predstavlja mogućnost pronalaženja optimalnog rešenja u održavanju sistema hlađenja motora kada su funkcije kriterijuma maksimalna raspoloživost i minimalni troškovi održavanja. Ova dva kriterijuma dovode do nekoliko rešenja održavanja sistema za hlađenje motora, stoga je bilo neophodno primeniti višekriterijumsku optimizaciju.*

Rezultati obimnih istraživanja parametara pouzdanosti sistema hlađenja motora, koji su dobijeni praćenjem ponašanja analiziranog motornog vozila u realnim uslovima eksploatacije, sa aspekta otkaza njegovog sistema hlađenja motora, i primenom odgovarajućih naučnih saznanja iz oblasti verovatnoće, matematička statistika, teorija sistema i teorija pouzdanosti, poslužile su kao osnova za pronalaženje optimalne periodičnosti održavanja sistema hlađenja motora, uzimajući u obzir kriterijume maksimalne raspoloživosti i minimalnih troškova njegovog održavanja.

Budući da se optimalne periodičnosti provođenja preventivnog održavanja sistema hlađenja motora, određene kriterijima maksimalne raspoloživosti i minimalnih troškova održavanja, međusobno razlikuju, bilo je potrebno primijeniti jednu od višekriterijalnih metoda analize.

Prikazana metodologija donošenja višekriterijumskih odluka može se primeniti za dobijanje pouzdane vrednosti optimalne periodičnosti sprovođenja postupaka preventivnog održavanja i drugih delova analiziranog sistema hlađenja motora.

Ključne reči: *sistem hladjenja motora, održavanje, optimizacija, pouzdanost, raspoloživost, troškovi*

1. INTRODUCTION

In the area of motor vehicle maintenance, importance of application of the theory of reliability, from the 40s of the 19th century, should be specially emphasized, esp. when it comes to defining regularity of breakdown appearance based on data about vehicle exploitation. Introduction of concept of integral logistic support and facilities of maintenance in the area of motor vehicle maintenance, during the 40s of the 19th century, is also significant for the development of science and maintenance practice. Introducing previous mentioned scientific knowledge enabled introduction of the strategy of maintenance according to reliability and total productive maintenance in the 70s of the 19th century.

Selection of maintenance procedures (preventive, corrective) that should be implemented during the motor vehicle maintenance, in order to provide their maximum reliability and disposability, is in literature often called conception of maintenance. Instead of term conception of maintenance, other terms are used as well: policy of maintenance, strategy of maintenance, system of maintenance. Nowadays many products are applied and their work is based on the fuzzy logic application.

Introduction of information system for easier acquisition and data processing during motor vehicle maintenance represents a great improvement in its maintenance system. It often occurs that objective conditions do not permit gathering of information necessary for statistic processing. If one bears in mind that gathering such information brings some expenditure, that is often a reason for impossibility to gather relevant information. In case when there are no high quality information, information that are incomplete and imprecise are used. It is a particular problem that is difficult to solve.

Path of development of motor vehicle maintenance may be divided in several stages and they are as follows:

- First (from the first usage of motor vehicles to 1950), which main essence is to remove breakdown when it appears;
- Second (from 1950 to 1980), which main characteristics are lower maintenance costs, longer durability and greater disposability of motor vehicles;

Third (from 1980 and now), which main characteristics are better relation of effect and cost, longer duration, conservation, higher reliability and disposability. Nowadays so-called classical strategies of maintenance are still dominating (corrective, preventive and its combination). Preventive maintenance is mostly performed according to time (vehicle is stopped – it does not transport, its technical state is defined, and necessary and planned replacements are done). Regarding primarily used techniques during maintenance management, several stages of its application may be noticed:

- First (fix the breakdown when it appears);
- Second (planning, introduction of system for planning and work control and introduction of information technology);

Third (taking care of reliability and facilities for maintenance during projecting of motor vehicles, development and follow-up of the condition of maintenance equipment, elaboration of risk study, usage of expert systems and microcomputer network, application of methods for vehicle analysis from the aspect of failure occurrence – FTA, FMECA, planned experiment and introduction of flexible service systems).

In this paper are presented results of determination the reliability parameters of the engine cooling system, based on which the optimal value of the engine cooling system maintenance periodicity was determined, for the criteria of the maximal availability and the minimal maintenance costs. By correct forming of the maintenance model it is possible to perform the optimization, namely to select the most favorable maintenance system. Such a problem can be solved if all the important requirements and restrictions are precisely determined. As the optimal periodicity of the preventive maintenance procedure of the analyzed engine cooling system, determined according to the criterion of the maximal availability differs from the optimal periodicity determined according to the criterion of the minimal costs, it is necessary to apply the multicriteria analysis methods and to determine the value of the required optimal periodicity, taking into account both mentioned optimization criteria. This actually is the basic goal of this work.

By the method of the compromise selection, the limits are determined of the optimal periodicity for the preventive maintenance procedure conducting, which correspond to extreme values of the adopted criterion functions. By applying the method of the multicriteria analysis, one determines the discrete value of this periodicity, whose exactness depends on selection of the discretization step of the analyzed time interval. Generally considering, the presented methodology of the multicriteria decision-making can be applied for

obtaining the reliable value of the preventive maintenance procedure conducting periodicity of the engine cooling system. There one needs to know the availability of data, which are acquired by analysis of the motor vehicle during their operation and maintenance, based on which one can determine the indicators of their reliability, as well as the characteristics of their maintenance.

2. STRATEGIES OF MOTOR VEHICLE MAINTENANCE

At modern level of science and technology development, the greatest attention is dedicated to two strategies of maintenance (Krstić 2009), and they are: maintenance according to reliability and total productive maintenance.

Methodology of maintenance according to reliability is based on modern scientific knowledge, mainly from the field of reliability and system science. Essence of this methodology is studying of vehicle behavior, mainly from the aspect of breakdown when used, with term and content adjustment of maintenance procedure. According to this methodology, maintenance is performed in view of recognition of reliability characteristics that are used for future state forecast, i.e. breakdown is foreseen. According to reliability characteristics of the vehicles, decisions about implementation of preventive maintenance are made (in order to prevent or postpone occurrence of sudden breakdown) and about procedure of corrective maintenance that is necessary to apply.

Main objectives of application of the methodology of maintenance according to reliability and safety of vehicles are:

- Providing reliability and safety of vehicles maintained on the level defined during development and production. When breakdown occurs, vehicle should be returned into primary level of reliability and safety.
- Gathering data about vehicle behavior while used and taking over particular measures for improvement of its quality.

Previously mentioned objectives should be fulfilled with little costs (taking into account costs of maintenance and costs of occurrence of breakdown).

Application of methodology of total productive maintenance is based on the estimation of current condition of maintained vehicle. With application of this methodology it is provided to implement maintenance when it is necessary and not only when breakdown occurs, which resembles to the conception of preventive maintenance according to condition. In contrast to the conception of preventive maintenance according to condition, based on database of reliability, methodology of total productive maintenance is based on data from everyone who is in contact with the vehicle. For its application, it is necessary to have a domestic relation of experienced users towards to the vehicle. Implementation of this methodology does not exclude usage of reliability data, but it only insists on complete responsibility of all subjects that are in any way in contact with the vehicle.

During motor vehicle maintenance, the key problem is to avoid consequences of breakdown, but not prevent the occurrence of breakdown.

In existing literature from the field of maintenance, “advanced” strategies of maintenance are mentioned. By these strategies, it is tried to remove the flaws of other strategies. From these strategies, mostly are mentioned the following: PMO (Preventive Maintenance Optimization). Application of this strategy it is necessary to realize the following basic activities: defining of tasks of preventive maintenance; analysis of all breakdowns; analysis of consequences of arisen breakdown; definition of maintenance strategy. Objectives of application of this strategy are: rationalization of preventive maintenance procedure (implement only those that are appropriate and technically and economically justifiable, with optimization of periodic implementation); including equipment that enables maintenance according to condition; sharing of work on maintenance between maintainer and user.

Beside previously mentioned strategy, other strategies are mentioned in this group: statistic methods based on standard MILSTD2173 and method Cost Minimization Algorithm Program. It is envisaged (Krstić 2009) that in the future large application will have a so-called strategy of precise approach, based on removing of the cause of breakdown occurrence (if there is no cause for breakdown occurrence, breakdown will not happen), and then there is no need for maintenance. Such future is also envisaged for the strategy of total preventive maintenance (so that the vehicle itself implements adequate maintenance procedure).

3. DETERMINATION OF PARAMETERS OF THE ENGINE COOLING SYSTEM RELIABILITY

The reliability parameters of the analyzed engine cooling system need to be determined for the planning of measures for its maintenance, prediction of the working life and estimates of its quality.

Determination of the clutch reliability distribution law represents the Basis for evaluation of its state, as well as for decision-making on when, i.e., after how many working hours, one should conduct procedures of the preventive maintenance. Determination of the most acceptable model of the reliability distribution, based on data on its behavior, from the aspect of irregularities appearance, is a complex task and it is solved by application of the corresponding algorithm, with application of the probability theory, mathematical statistics and the reliability theory (Vukadinović, 1981).

Based on voluminous research of the clutch behavior, in the real exploitation conditions, for a longer period of operation, in Table 1 are presented the working times until occurrence of failure and between the two consecutive failures.

Estimated values of the clutch reliability indicators, based on data from Table 1, are determined using the known methodology(British Standard 1981)and presented in the table 2

Based values of deviation of the reliability theoretical values, obtained by testing the corresponding hypotheses by application of the known methodology, from results of the estimated values, obtained from the exploitation data (Table 1), one came up to the conclusion that the Weibull's two-parameter distribution, with the shape parameter 2.53 and scale parameter 500, was the most acceptable for the analyzed engine cooling system.

Adopting this reliability distribution law for the analyzed engine cooling system, expressions for determination of the reliability function *R(t)*, the density function *f(t)* and failure intensity λ *(t)*, can be written in the following forms:

$$R(t) = e^{-(\frac{t}{550})^{2,28}} \quad (1)$$

$$f(t) = \frac{2,28}{550} \cdot (\frac{t}{550})^{1,28} \cdot e^{-(\frac{t}{550})^{2,283}} \quad (2)$$

$$\lambda(t) = \frac{2,28}{550} \cdot (\frac{t}{550})^{1,28} \quad (3)$$

Table 1. The working times until occurrence of failure

Failure number (i)	Working time till failure (h)	Number of km passed till failure (km)	Failure number (i)	Working time till failure (h)	Number of km passed till failure (km)	Failure number (i)	Working time till failure (h)	Number of km passed till failure (km)
1	*383*	*11496*	*13*	*472*	*14158*	*25*	*599*	*17963*
2	*394*	*11831*	*14*	*479*	*14373*	*26*	*637*	*17981*
3	*395*	*11863*	*15*	*480*	*14396*	*27*	*640*	*19100*
4	*399*	*11878*	*16*	*485*	*14563*	*28*	*655*	*19196*
5	*413*	*12382*	*17*	*492*	*14763*	*29*	*663*	*19638*
6	*426*	*12778*	*18*	*531*	*15938*	*30*	*671*	*19882*
7	*431*	*12935*	*19*	*547*	*16397*	*31*	*716*	*20125*
8	*440*	*13186*	*20*	*566*	*16967*	*32*	*788*	*21492*
9	*448*	*13431*	*21*	*573*	*17186*	*33*	*823*	*23651*
10	*459*	*13757*	*22*	*579*	*17384*	*34*	*880*	*24697*
11	*465*	*13952*	*23*	*591*	*17726*	*35*	*913*	*26391*
12	*466*	*13972*	*24*	*592*	*17752*	*36*	*913*	*27391*

Table 2. Estimated values of the engine cooling system reliability indicators

Number (i)	Time (t_i)	Number of failures $n(t_i)$	Frequency of failure occurrence $f(t_i)$	Reliability $R(t_i)$	Unreliability $F(t_i)$	Failure intensity $\lambda(t_i)$
1	400	12	*0,00245*	*0,5520*	*0,4480*	*0,00318*
2	500	10	*0,00204*	*0,3478*	*0,6522*	*0,00360*
3	600	9	*0,00184*	*0,1643*	*0,8357*	*0,00519*
4	700	4	*0,000816*	*0,0824*	*0,9176*	*0,00520*
5	800	2	*0,000408*	*0,0426*	*0,9574*	*0,00530*
6	900	2	*0,000408*	*0,0212*	*0,9788*	*0,01020*

Based on the previous expressions, the optimal periodicity of the working time can be determined, after which either of the following should be performed: preventive inspections, preventive substitutions, repairs or general revisions, as well as providing the optimal values of spare parts stocks (Krstić 2009).

4. DETERMINATION OF THE PREVENTIVE MAINTENANCE PERIODICITY BASED ON CRITERION OF THE MINIMAL MAINTENANCE COSTS

Providing for the required availability and reliability of the engine cooling system, with minimal maintenance costs, is possible if one correctly determines the periodicity interval of that maintenance.

The total engine cooling system maintenance costs can be expressed in the form

$$C(t) = \frac{C_k - (C_k - C_p) \cdot R(t)}{\int_0^T R(t)dt}, \qquad (4)$$

where: $C(t)$ are the total specific maintenance costs; $C_k$are the corrective maintenance costs and C_p re the preventive maintenance costs. By application of expression (4) for various

Table 3.Engine cooling system maintenance costs for various periodicities of its preventive maintenance

Maintenance frequency (h)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Costs of corrective maintenance Ck	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Costs of preventive maintenance Cp	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Reliability R(t)	0,99	0,961	0,953	0,906	0,841	0,7599	0,6666	0,5663	0,4649	0,367
$\int_0^T R(t)dt$	50	99,45	148,78	195,43	239,15	279,09	314,75	345,65	371,36	392,1
Total specific costs C(t)	12,1	6,41	4,76	4,21	4,11	4,22	4,44	4,73	5,05	5,41
$f_{i,,2}$	12,1	6,41	4,76	4,21	4,11	4,22	4,44	4,73	5,05	5,41

periodicities of the cooling system maintenance, the values for the maintenance costs are obtained shown in Table 3 and in Figure 1.

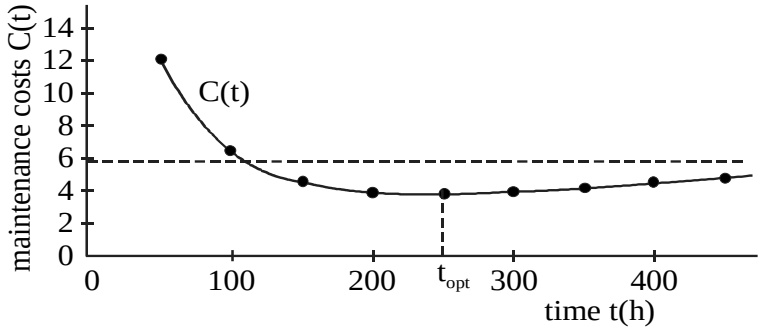


Figure 1. Graphical representation of the dependence of the costs on periodicity of engine cooling system maintenance

Based on results shown in Table 3 and Figure 1, one can conclude that the lowest maintenance costs of the analyzed engine cooling system are obtained for the maintenance periodicity of 250 working hours.

5. DETERMINATION OF THE ENGINE COOLING SYSTEM PREVENTIVE MAINTENANCE PERIODICITY BASED ON CRITERION OF MAXIMAL AVAILABILITY

Since the most acceptable model of reliability, distribution is determined and since the time picture of the engine cooling system of the analyzed motor vehicle is completely known (time in operation, time spent on waiting to operate while in order, time spent while out of order), it is possible to apply the maintenance model based on availability (Krstić 1997). By application of this model, the exploitational reliability of the technical system, from the aspect of the engine cooling system, can be determined by using the expression:

$$G(t) = \frac{t_p + t_{cr}}{t_p + t_{cr} + t_o + \frac{F(t)}{R(t)} \cdot t_k}, \qquad (5)$$

where: t - is the periodicity of maintenance; t_{cr} - is the time spent to operate while in order; t_p - is the time of preventive maintenance; t_k - is the time of corrective maintenance.

By varying the periodicity of preventive maintenance, one obtains the functional dependence based on which the optimal value of the preventive maintenance periodicity can be determined, based on the maximal availability criterion. Results of determination of availability, for various maintenance periodicities of the engine cooling system of the considered motor vehicle, are shown in Table 4 and in Figure 2.

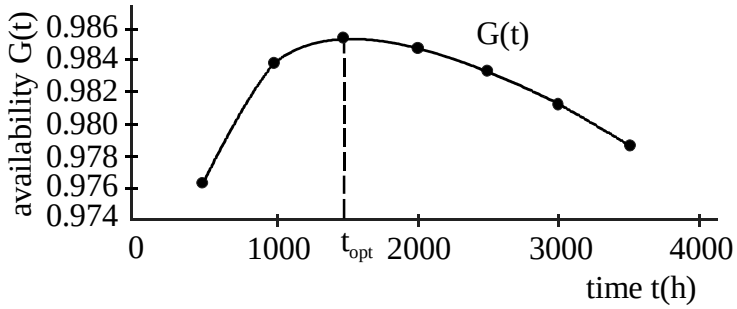


Figure 2.Graphical representation of the motor vehicle availability dependence on engine cooling systemmaintenance periodicity

Based on results shown in Table 4 and in Figure 2 it can be concluded that the highest availability of the analyzed motor vehicle, from the aspect of its engine cooling system, is obtained for the maintenance periodicity of 1500 working hours.

Table 4. Motor vehicle availability as a function of its engine cooling system preventive maintenance periodicity

Maintenance periodicity (h)	100	150	200	250	300	350	400
Working time t_r (h)	100	150	200	250	300	350	400
Preventive maintenance time t_p (h)	8	8	8	8	8	8	8
Unreliability F	0,016	0,046	0,093	0,159	0,240	0,333	0,433
Reliability R	0,981	0,953	0,906	0,841	0,759	0,666	0,566
Number of corrective maintenances between the two preventive ones	0,017	0,048	0,103	0,189	0,316	0,500	0,765
Time of corrective maintenance k_k (h)	1,03	2,92	6,21	11,35	18,96	30,01	45,95
Time spent on waiting while in order $t_{čr}$ (h)	30	45	60	75	90	105	120
Availability G(t)	0,983	0,985	0,984	0,983	0,981	0,978	0,977
$f_{I,,2}$	0,983	0,985	0,984	0,983	0,981	0,978	0,977

6. DETERMINATION OF THE OPTIMAL PERIODICITY OF THE PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE MOTOR VEHICLE'S ENGINE COOLING SYSTEM BY APPLICATION OF THE MULTICRITERIA OPTIMIZATION

The value of the preventive maintenance periodicity of the analyzed motor vehicle engine cooling system lies between the times that correspond to maximal availability and to minimal costs. This period can be discretized. Each discrete value can be associated with considered concept of the preventive maintenance. In that way, one obtains the corresponding number of preventive maintenance variations, which differ from each other only in working time lengths after which the procedures of preventive maintenance are being conducted. Since the values of optimal periodicities of the considered engine cooling system preventive maintenance, obtained by criterion of maximal availability and criterion of minimal costs differ from each other (parts 3 and 4 of this paper), in this part are presented results of determination of the periodicity by application of the multicriteria optimization method, which is known in literature as the MCDM (Multi Criteria Decision making) problem[5]. The basic characteristic of the MCDM problem, thus accordingly of the problem considered in this work, is that the best alternative is found in the sense of several attributes, simultaneously, or in the limited set of available alternatives.

In literature can be found a large number of multicriteria optimization methods (Krstić 2009). One of the most frequently used methods is the Analytical Hierarchy Process (AHP). The AHP method was developed based on the principle of decision making, human knowledge, as well as on data that are available to experts in the process of decision making. That process is a creative one, which is based on three main concepts: analytics, hierarchy and process.

The nature of the optimality criterion can be benefit wise and coastwise. When the benefits optimality criterion is used, the higher its value is the better and vice versa. When the costs optimality criterion is used, the less their values are the better and vice versa.

The set of alternatives i is being represented by the set of alternative indices i = (1, … i, … I) where I is the total number of the considered alternatives. The problem is represented by matrix $F = [f_{ik}],_{1\times K}$. Here f_{ik} denotes the optimality criterion k for alternative i. In the general case, the optimality criteria are of various natures; they have different values and different units. This means that the optimality criteria values, for alternative are not comparable. From that reason it is necessary to perform the normalization procedure by which all the values of f_{ik} are being mapped within interval [0, 1]. At present, a large number of the normalization types are being used[7]: simple, linear, vectorial, etc. regardless of which type of normalization is being used, different expressions are used for benefit wise and coastwise optimality criteria. When the vectorial normalization is applied, the decision making process can be represented by matrix $F = [f_{ik}],_{1\times K}$, where $(f_{ik}),_n$ is the normalized value of the optimality criterion k for alternative i. To each considered alternative, certain value is being associated.

Normalization of values $f_{i,1}$ is being done by application of the expression for vectorial normalization and by application of the benefit wise optimality criterion. For solving the concrete task the following expressions can be used:

$$(f_{i,1})_n = f_{i,1} \Big/ \left(\sum_{i=1}^{7} (f_{i,1})^2\right)^{1/2} \qquad (6)$$

$$(f_{i,2})_n = (1/f_{i,2}) \Big/ (\sum_{i=1}^{7} (1/f_{i,2})^2)^{1/2}. \quad (7)$$

The value of the factor based on which the best alternative of the maintenance periodicity a_i is being determined by application of the assumption that validities of the adopted optimization criteria (maximal availability and minimal maintenance costs) are equal and that they are set as normalized, what is the case in this concrete task, by application of the following expression:

$$a_i = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{K}(f_{ik})_n = \frac{1}{2}\cdot\left[(f_{i,1})_n + (f_{i,2})_n\right]. \quad (8)$$

Table 5. Availability of the motor vehicle from the aspect of its engine cooling system

Alternative number (i)	Clutch maintenance periodicity (h)	Vehicle's availability (G)	$f_{i,1}$	$(f_{i,,1})_n$	Total specific maintenance costs (C)	$f_{i,,2}$	$(f_{i,,2})_n$	a_i
1	150	0,9841	0,984	0,369	4,76	4,76	1,548	1,011
2	160	0,9847	0,984	0,364	4,69	4,69	2,802	1,552
3	170	0,9849	0,984	0,369	4,59	4,59	3,430	1,998
4	180	0,9848	0,984	0,369	4,42	4,42	3,434	2,096
5	190	0,9847	0,984	0,361	4,35	4,35	3,441	2,097
6	200	0,9846	0,984	0,362	4,12	4,12	3,454	2,098
7	210	0,9845	0,984	0,351	4,18	4,18	3,455	2,099
8	220	0,9843	0,984	0,353	4,15	4,15	3,456	2,026
9	230	0,9842	0,984	0,351	4,13	4,13	3,576	1,967
10	240	0,8838	0,883	0,346	4,12	4,12	3,273	1,896
11	250	0,9833	0,983	0,335	4,11	4,11	3,157	1,879

The optimal value of the periodicity of conducting the preventive maintenance of the engine cooling system is within interval of 150 to 250 working hours, because the limits of that interval were obtained based on criterion of the engine cooling system maintenance minimal costs and criterion of the maximal availability in that interval. The interval is being divided into 11 equal parts (Table 5).

Elements of matrix F are being obtained in such a way that they are being made equal to values of the analyzed technical system availability, from the aspect of its engine cooling system, for various periods of the preventive maintenance that correspond to individual alternatives ($f_{i,1}$) and by making them equal to values of the total clutch maintenance costs for different periods of preventive maintenance that correspond to individual alternatives ($f_{i,2}$).

Based on data obtained by monitoring the analyzed technical system, from the aspect of its engine cooling system, in real exploitation conditions, by application of expression (5) for determination of availability, obtained were the values of elements $f_{i,\ 1}$ (namely the availabilities) of matrix F, while by application of expression (4) for determination of the maintenance costs obtained were the values of elements $f_{i,2}$ (namely the maintenance costs) of matrix F (Table 5).

The best alternative is one for which the value of factor a_i has the highest value. The values of this factor, calculated by application of expression (8) are given in table 5. based on those values and by recognizing the aforementioned, it can be concluded that the optimal value of periodicity of conducting the preventive maintenance procedures of the analyzed motor vehicle, from the aspect of its engine cooling system, is after every 210 working hours.

7. CONCLUSIONS

Results of voluminous investigations of the engine cooling system reliability parameters, which were obtained by monitoring the behavior of the analyzed motor vehicle in the real exploitation conditions, from the aspect of failure occurrence of its engine cooling system, and with application of the corresponding scientific knowledge from the area of probability., mathematical statistics, systems theory and reliability theory, have served as a basis for finding the optimal periodicity of the engine cooling system maintenance, taking into account the criteria of maximal availability and minimal costs of its maintenance.

Since the optimal periodicities of conducting the clutch preventive maintenance, determined by criteria of maximal availability and minimal maintenance costs differ from each other, it was necessary to apply one of the multicriteria analysis methods and to determine the value of the required optimal periodicity of conducting the preventive maintenance procedures, taking into account both optimization criteria.

The value of optimal periodicity of conducting the preventive maintenance procedures of aengine cooling system was determined according to maximal availability criterion to be 150 working hours, while according to criterion of minimal maintenance costs that value was 250 working hours.

By application of the multicriteria analysis the value of the required optimal periodicity of conducting the preventive maintenance procedures of a clutch, with taking into account both optimization criteria, was 210 working hours.

The presented methodology of the multicriteria decision-making can be applied for obtaining the reliable value of optimal periodicity of conducting the preventive maintenance procedures also of other parts of the analyzed engine cooling system. There one needs available data, which can be obtained by analysis and monitoring of the considered engine cooling system, thus the reliability indicators of the engine cooling system can be determined, as well as the characteristics of its maintenance.

8. REFERENCES

Krstić, B. (2009), Tehnical serviceability of motor vehicles and engines, University of Mechanical Engineering, Kragujevac (In Serbian)

Krstić,B.,et al.(2009),, Posibilitu of determination the periodicality preventive maintenance motor vehicle,Tractors and power machines,Vol.14,No.2/3, p.83-90

Krstić, B., et al(2009), Determination of the optimal strategy for preventive maintenance the motor engine using polycriterion optimization, Tractors and power machines, Vol.14, No. 2/3, p.91-98

S. Vukadinović(1981): Elements of the Probability Theory and Mathematical Statistics, Economy Review, Belgrade, (In Serbian)

British Standard(1981), BS5760, Part 2, Guide to the assessment of reliability, Reliability of systems, equipments and components, BSI, London

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

EXPLORING THE POSSIBILITY OF REDUCING HARMFUL EXHAUST GASES FROM MOTOR VEHICLES

ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI SMANJENJA EMISIJE ŠTETNIH GASOVA U MOTORNIM VOZILIMA

Ana Bonić[a], Miloš Simić[a], Borislav Gojković[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina,ana.bonic15@gmail.co, milossmc6@gmail.com, borislav.gojkovic@sf.ues.rs.ba*

Apstract: *Air is important for the lives of people, but not only for humans, but for all living beings, and one of the basic pollutants is the emission of exhaust gases from motor vehicles. Therefore, the aim of this paper is to explore the possibilities of reducing the harmful effects of exhaust gases. Some of the possible ways to reduce these emissions are primarily by applying appropriate so-called. Alternative fuels (liquid petroleum gas, biodiesel, ethanol and methanol, hydrogen, natural gas, electricity ...), followed by engineered intervention on the engine (favorable construction of the combustion area, quality of the blend) and further exhaust gas treatment (catalytic converter, gas return). Alternative fuels that are environmentally friendly in terms of diesel and gasoline have a growing application in the automotive industry, and based on data obtained by measuring the vehicle's technical examination, a comparison of emissions of harmful gases in vehicles with conventional and alternative drives has been analyzed. More accurate and precise measurements of this kind and similar measurements in the near future will be able to be carried out at the Technical-Laboratory Center of the Traffic Faculty in Doboj.*

Key words: *fuel, emission of harmful gases, exhaust system, vehicle inspection*

Apstrakt: *Vazduh je neophodan za život ljudi, ali ne samo ljudi, već svih živih bića. Jedan od njegovih osnovnih zagađivača jeste emisija izduvnih gasova iz motornih vozila. Iz tih razloga, cilj ovog rada je istražiti mogućnosti kojima je moguće smanjiti štetni uticaj emisije izduvnih gasova. Neki od potencijalnih načina smanjenja pomenute emisije su prije svega primjenom odgovarajućih tzv. alternativnih goriva (tečni naftni gas, biodizel, etanol i metanol, vodik, prirodni gas, električna energija...), a zatim i određenim zahvatima na motoru (povoljna konstrukcija prostora za sagorijevanje, kvaliteta stvorene smjese) te naknadnom obradom izduvnih gasova (katalizator, povrat gasova). Alternativna goriva, koja su ekološki čišća u odnosu na dizel i benzin gorivo, imaju sve veću primjenu u automobilskoj industriji. Na osnovu podataka dobijenih mjerenjem na tehničkom pregledu vozila analizirana je usporedba emisije štetnih gasova kod vozila na konvencionalni pogon i vozila na alternativni pogon. Još tačnija i preciznija, ovakva i slična mjerenja, u skoroj budućnosti će se moći provoditi u Tehničko-laboratorijskom centru Saobraćajnog fakulteta u Doboju.*

Ključne riječi: *gorivo, emisija štetnih gasova, izduvni sistem, tehnički pregled vozila*

1. UVOD

Primjenom motornih vozila dolazi do povećanja emisije štetnih izduvnih gasova. Osnovni energent koji se koristi za pogon motornih vozila su tečna naftna goriva (konvencionalna goriva). Međutim, ograničene zalihe fosilnih goriva (nafte) i negativan uticaj pojedinih komponenata u produktima sagorijevanja tečnih naftnih goriva na čovjeka i njegovo okruženje neki su od nedostataka pri primjeni konvencionalnih goriva

Na osnovu rečenog može se uvidjeti da postoji realna potreba za istraživanjem mogućnosti smanjenja emisije izduvnih gasova u saobraćaju, što je ujedno i cilj ovog rada.

Postoje dva načina kojima je moguće ublažiti negativan uticaj izduvnih gasova, a to su: novim tehnološkim rješenjima koja povećavaju efikasnost motornih vozila i većom upotrebom alternativnih goriva koja su ekološki čišća.

U samom početku ovog rada predstavljen je sastav izduvnih gasova i međunarodni propisi iz oblasti emisije štetnih gasova. Nadalje, prikazano je ispitivanje izduvnih gasova provedeno na tehničkom pregledu, a na samom kraju date su mjere za smanjenje emisije štetnih gasova u motornim vozilima.

2. ŠTETNE EMISIJE IZ MOTORNIH VOZILA

2.1 Sastav izduvnih gasova iz motornih vozila

M.otorna vozila i dalje kao primarni „pogon“ koriste motor sa unutrašnjim sagorijevanjem, odnosno koriste neobnovljive izvore energije (naftu). Kao posljedica pretvaranja jednog vida energije u drugi kod ovih motora je izduvni gas.

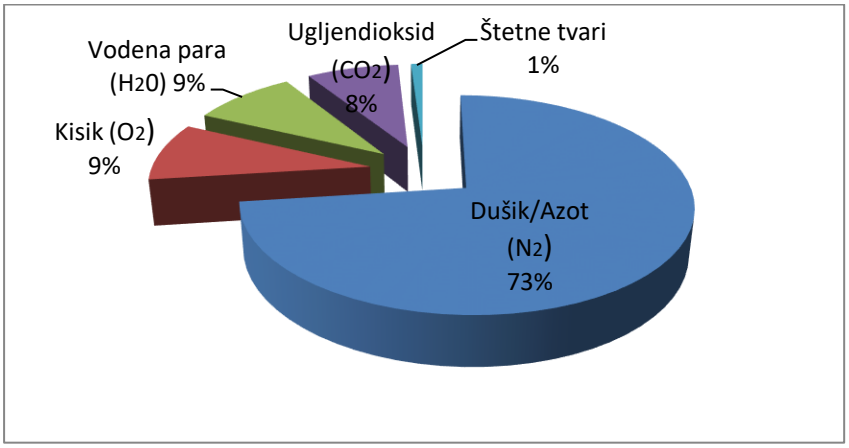
U izduvnim gasovima mogu se izdvojiti neškodljivi sastojci poput: dušika (N_2), vodene pare (H_2O), kisika (O_2) i ugljendioksida (CO_2) te štetni sastojci poput: ugljenmonoksida (CO), ugljikovodika (CH), sumporovdioksida (SO_2), dušičnih oksida (NO_X), olova (Pb) i spojeva, čađe i dima (https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:1113/preview, 05.09.2019.).

Sastav emisije izduvnih gasova i koncentracija pojedinih zagađujućih materija, nije ista za sva vozila. Ona uglavnom zavisi od klase vozila, a također i od vrste goriva koju koristi. Glavna emisija u odnosu na tip vozila i vrstu goriva prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1. Emisija izduvnih gasova benzinskog i dizel motora (Ahmetspahić i Lihovac, 2015.)

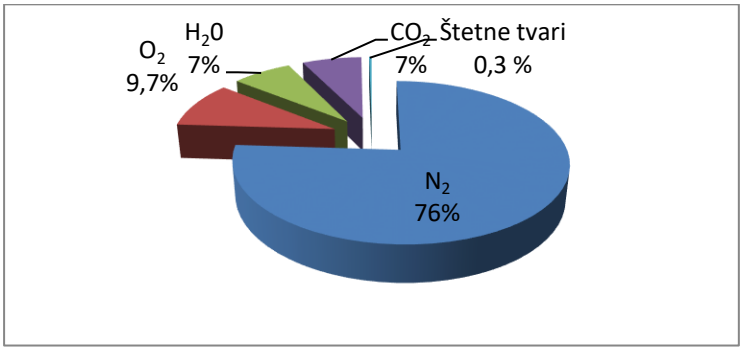
Koncentracija kg/100l	CO	CH	NO_X	Čvrste materije
OTO	27,4	0,5	13,5	1,4
DIZEL	7,1	1,2	26,4	13,2

Kod benzinskih motora udio štetnih gasova po okoliš je oko 1%, a u štetne tvari spadaju: ugljikovodici, dušikovi oksidi, ugljenmonoksid i čvrste čestice. Na slici 1 prikazan je sadržaj izduvnih gasova kod benzinskih motora.



Slika 1. Sadržaj izduvnih gasova kod benzinskih motora (Lozić-Baškarad, 2000.)

Naravno, niti dizelski motor nema čiste izduvne gasove, ali se zbog znatnog povećanja vidljivih čestica u izduvu, već pri homologacijskom ispitivanju dizelskog motora, osim uobičajene provjere sastava izduvnog gasa, dodatno provjerava stepen zacrnjenja izduvnog gasa. Na idućoj slici prikazan je sadržaj izduvnih gasova kod dizel motora.



Slika 2. Sadržaj izduvnih gasova kod dizel motora (Lozić-Baškarad, 2000.)

2.2 Međunarodni propisi emisije izduvnih gasova

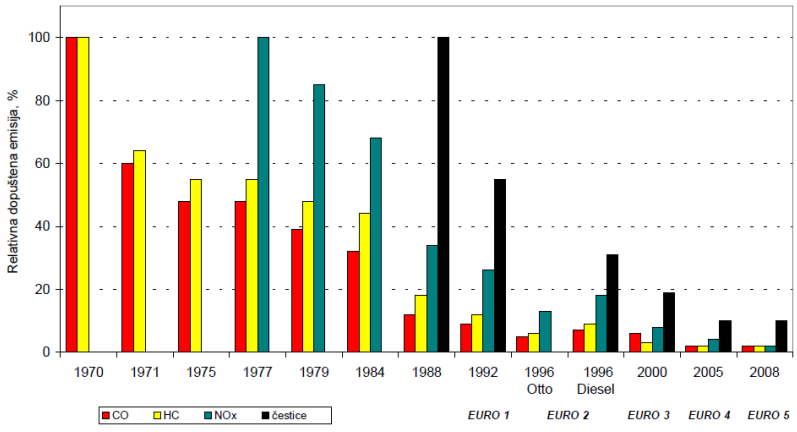
SAD i Kalifornija su imale (i još imaju) vodeću ulogu u donošenju i pooštravanju propisa o emisiji štetnih gasova. 1943. godine u Kaliforniji je prvi put ukazano na ozbiljna zagađenja vazduha od izduvnih gasova iz motornih vozila. Europska unija nastoji na različite načine smanjiti onečišćenje zraka: putem zakonodavstva, suradnjom sa sektorima koji su odgovorni za onečišćenje zraka te međunarodnim, nacionalnim i regionalnim tijelima i nevladinim organizacijama te putem istraživanja. Za većinu vozila definisane su emisije duškovih oksida, ukupnih ugljikovodika (THC), nemetanskih ugljikovodika (NMHC), ugljikovih monoksida i lebdećih čestica (PM). Tehnička rješenja koja automobilska industrija pronalazi u smislu zadovoljenja postavljenih zahtjeva za emisije i poboljšanje izvedbenih karakteristika motora prvenstveno se odnose na poboljšanje pripreme gorive smjese, kontrole sagorijevanja i sistema za obradu izduvnih gasova (Ahmetspahić i Lihovac, 2015). Od 1992. godine pojedine razine dopuštenih emisija štetnih tvari nose naziv Euro. Novija evropska norma daje strože zahtjeve u odnosu na prethodnu. Tako najnoviji standard Euro 6 smanjuje neke onečišćujuće tvari za 96% u odnosu na granice iz 1992. godine. U sljedećoj tabli su prikazani zahtjevi za ograničenje emisija izduvnih gasova prema pojedinoj evropskoj normi.

Tabela 2. Zahtjevi za ograničenje emisija izduvnih gasova prema pojedinoj evropskoj normi (Ahmetspahić i Lihovac, 2015.)

Norma	Datum	CO	THC	NMHC	NO_X	$HC+NO_X$	PM
Dizel motori (g/km)							
Euro 1	Juli 1992.	2,72(3,16)	-	-	-	0,97(1,13)	0,14(0,18)
Euro 2	Januar 1996.	1,0	-	-	-	0,7	0,08
Euro 3	Januar 2000.	0,64	-	-	0,50	0,56	0,05
Euro 4	Januar 2005.	0,50	-	-	0,25	0,30	0,025
Euro 5	Septembar 2009.	0,50	-	-	0,180	0,23	0,005
Euro 6	Septembar 2014.	0,50	-	-	0,080	0,170	0,005
Benzinski motori (g/km)							
Euro 1	Juli 1992.	2,72(3,16)	-	-	-	0,97(1,13)	-
Euro 2	Januar 1996.	2,2	-	-	-	0,5	-
Euro 3	Januar 2000.	2,3	0,20	-	0,15	-	-
Euro 4	Januar 2005.	1,0	0,10	-	0,08	-	-
Euro 5	Septembar 2009.	1,0	0,10	0,068	0,060	-	0,005
Euro 6	Septembar 2014.	1,0	0,10	0,068	0,060	-	0,005

Euro 1 je postavio ograničenja za emisije ugljikovog monoksida, ugljikovodika i čestica iz osobnih automobila. Nedugo nakon uveden je standard Euro 2 koji je pooštrio granice emisije te su osim osobnih automobila, standardom bili obuhvaćeni i motocikli. Nakon Eura 2 dolazi Euro 3 koji je dodao zasebnu granicu za dušikove okside. Standardi Euro 4 i 5 koncentrirali su se na čišćenje emisija iz dizelskih vozila, posebice smanjenja čestica i dušikovih oksida. Danas je primjenjuje standard Euro 6 koji je uveden 2014. godine. Euro 6 je smanjio emisije NOx iz dizel motora od 67% u usporedbi s Euro 5 (https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:1113/preview, 05.09.2019.).

Na sljedećoj slici je prikazano relativno smanjenje štetnih izduvnih gasova iz benzinskih i dizel motora od 1970. godine do danas.



Slika 3. Relativno smanjenje štetnih izduvnih gasova iz benzinskih i dizel motora (Lozić-Baškarad, 2000.)

3. ISPITIVANJE IZDUVNIH GASOVA NA TEHNIČKOM PREGLEDU VOZILA

3.1 Mjerni uređaji za ispitivanje izduvnih gasova

Na tehničkom pregledu prvo se vrši ispitivanje sadržaja izduvnih gasova na analizatoru izduvnih gasova. Analizatori se postavljaju na pokretna kolica radi lakšeg manipuliranja uređajem oko vozila. Na sljedećoj slici prikazan je analizator Protech OPAX 2000 II koji mjeri sadržaj izduvnih gasova kod automobila sa dizelskim pogonskim agregatom i analizator Protech IPEX D koji mjeri sadržaj izduvnih gasova kod automobila sa benzinskim motorom.

Slika 4. Analizator izduvnih gasova

Analizator izduvnih gasova benzinskih i sličnih motora mora imati mogućnost analize volumnih udjela sljedećih gasova: ugljenmonoksida, ugljendioksida, ugljikovodika i kisika. Uređaj mora imati mogućnost izračunavanja faktora zraka (λ faktor) kao i mogućnost mjerenja temperature motora (ulja u kućištu motora ili rashladne tekućine) te mogućnost mjerenja brzine vrtnje (broja okretaja) motora. Svi rezultati mjerenja i izračunavanja moraju se moći ispisati na pisaču analizatora.

Analizator za mjerenje zacrnjenosti izduvnih gasova dizel motora sličan je analizatoru za mjerenje izduvnih gasova benzinskih motora samo sa dodatnom mogućnošću mjerenja najmanje tri najveća zacrnjenja izduvnog gasa pri uzastopnim ubrzanjima neopterećenog motora od brzine vrtnje na praznom hodu do najveće brzine vrtnje. Uređaj mora imati mogućnost izračunavanja srednjeg zacrnjenja izduvnog gasa (Lozić-Baškarad, 2000).

3.2 Ispitivanje izduvnih gasova kod motornih vozila

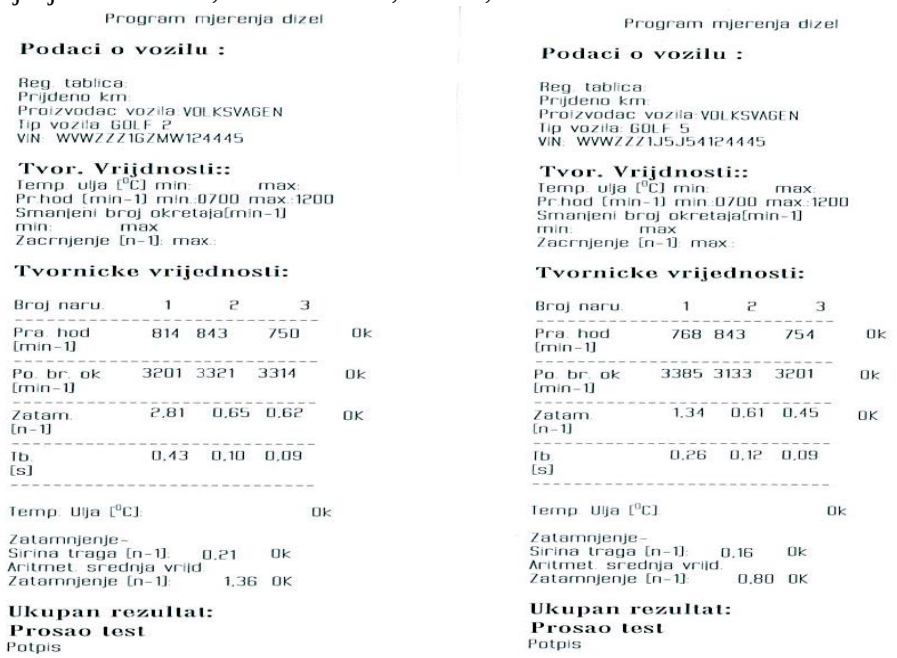
Nakon što dizel motor postigne radnu temperaturu propisanu od strane proizvođača vozila, tj. minimalnu temperaturu ulja od najmanje 80 °C, srednji koeficijent zacrnjenja izduvnog gasa (k) nakon tri ili više slobodnih ubrzanja neopterećenog motora od brzine okretaja na praznom hodu do najveće brzine okretaja ne smije prelaziti vrijednost propisanu od strane proizvođača vozila. Koeficijent zacrnjenja izduvnog gasa predstavlja stepen do kojega čestice u izduvnim gasovima priječe prolazak svjetlosti pa se još zove i koeficijent apsorpcije.

Ako podaci proizvođača o srednjem koeficijentu zacrnjenja i radnoj temperaturi motora nisu poznati onda srednji koeficijent zacrnjenja izduvnog gasa (k) ne smije prijelaziti vrijednost od 2,5 m^{-1} za dizelske motore bez prednabijanja, 3,0 m^{-1} za dizelske motore s prednabijanjem i 1,5 m^{-1} dizelske motore sa ili bez prednabijanja i sa dijelovima i programima za kontrolu sistema za pročišćavanje izduvnih gasova (https://www.ipi.ba/tehnicki-pregled/, 08.09.2019.).

Mjerenje opaciteta/dimnosti kod dizel motora sadrži najmanje 3 ciklusa ubrzanja koja se obavljaju na sljedeći način: dok normalno zagrijan motor radi na režimu praznog hoda pritisnuti pedalu gasa do kraja. Ovaj položaj zadržati dok se ne postigne maksimanlni broj obrtaja. Potom se pedala oslobodi i sačeka da motor dođe u minimalan broj obrtaja i miran rad. Pri tome se na instrumentu očita maksimalna vrijednost opaciteta koju instrument pohranjuje u svoju memoriju. Ovaj postupak se ponavlja sve dok se ne završi procedura koju zahtijev korišteni mjerni uređaj. Nakon završenog mjerenja izračunava se srednja vrijednost i uporedi rezultat sa zakonski propisanim vrijednostima opaciteta (Bibić i dr., 2012).

Na osnovu rezulata dobijenih na EKO testu izvršena je usporedba i to za vozila Volkswagen Golf 2 i Volkswagen Golf 5. Oba vozila pogonjena su dizel motorom. Naravno, bilo je za očekivati znatno smanjenu

emisiju štetnih gasova kod vozila Golf 5. Naime, na ispisu analizatora (slika 5) može se vidjeti da srednja vrijednost zatamnjenja iznosi k = 1,36 kod Golfa 2, a k = 0,80 kod Golfa 5.


Program mjerenja dizel

Podaci o vozilu :

Reg. tablica:
Prijeđeno km:
Proizvođač vozila: VOLKSWAGEN
Tip vozila: GOLF 2
VIN: WVWZZZ1GZMW124445

Tvor. Vrijednosti::
Temp. ulja [°C] min: max:
Pr.hod [min-1] min.:0700 max.:1200
Smanjeni broj okretaja[min-1]
min: max
Zacrnjenje [n-1]: max.:

Tvornicke vrijednosti:

Broj naru.	1	2	3	
Pra. hod [min-1]	814	843	750	Ok
Po. br. ok [min-1]	3201	3321	3314	Ok
Zatam. [n-1]	2,81	0,65	0,62	OK
Tb [s]	0,43	0,10	0,09	

Temp. Ulja [°C] Ok

Zatamnjenje-
Sirina traga [n-1]: 0,21 Ok
Aritmet. srednja vrijed.
Zatamnjenje [n-1]: 1,36 OK

Ukupan rezultat:
Prosao test
Potpis

Program mjerenja dizel

Podaci o vozilu :

Reg. tablica:
Prijeđeno km:
Proizvođač vozila: VOLKSWAGEN
Tip vozila: GOLF 5
VIN: WVWZZZ1J5J54124445

Tvor. Vrijednosti::
Temp. ulja [°C] min: max:
Pr.hod [min-1] min.:0700 max.:1200
Smanjeni broj okretaja[min-1]
min: max
Zacrnjenje [n-1]: max.:

Tvornicke vrijednosti:

Broj naru.	1	2	3	
Pra. hod [min-1]	768	843	754	Ok
Po. br. ok [min-1]	3385	3133	3201	Ok
Zatam. [n-1]	1,34	0,61	0,45	OK
Tb [s]	0,26	0,12	0,09	

Temp. Ulja [°C] Ok

Zatamnjenje-
Sirina traga [n-1]: 0,16 Ok
Aritmet. srednja vrijed.
Zatamnjenje [n-1]: 0,80 OK

Ukupan rezultat:
Prosao test
Potpis

Slika 5. Rezultati iz analizatora izduvnih gasova

Razlog smanjenoj emisiji izduvnih gasova jest poboljšana konstrukcija Golfa 5, počevši od ugradnje katalizatora, λ sonde do poboljšanja izvedbenih karakteristika motora kao što su poboljšanja pripreme gorive smjese, kontrole sagorijevanja i sistema za obradu izduvnih gasova.

Kolika je uloga katalizatora, može se vidjeti i kod primjera benzinskih motora, npr. Zastava 128 bez katalizatora ima 2,27% ugljenmonoksida, a Opel Astra sa benzinskim motorom i katalizatorom ima emisiju od 0,3% ugljenmonoksida i faktor vazduha λ=1,008.

Danas se sve češće koriste automobili s pogonom na tečni naftni gas (TNG). Primjena tečnog naftnog gasa vrlo je pogodna iz sljedećih razloga: brzo i lako se miješa sa vazduhom, pa jednostavno obrazuje smešu potrebnih karakteristika; kvalitetno sagorevanje smješe pri različitim radnim uslovima; produkti sagorijevanja imaju povoljan sastav, čak i u pogledu emisije CO_2; niska cijena komercijalnog TNG-a za vozila čini ga veoma atraktivnim (https://www.researchgate.net/publication/307801516_Analiza_primene_tecnog_naftnog_gasa_kao_pogonskog_energenta_motora_SUS_Analysis_of_application_of_liquefied_petroleum_gas_as_an_IC_engine_fuel, 10.09.2019).

Postoje i određeni nedostaci pri primjeni ovog energenta. To su: gubitak efektivne snage motora; otežana manipulacija, distribucija i uskladištenje ovog energenta; neophodna veća opreznost u eksploataciji pri radu sa TNG-om i smanjenje smještajnog prostora vozila, kao i povećanje njegove mase zbog instalacije sistema za pogon na TNG.

Na idućoj slici može se uočiti značajno smanjenje emisije štetnih izduvnih gasova kod vozila sa pogonom na TNG pri usporedbi sa vozilom pogonjenim benzinskim motorom.

Tabela 3. Vrijednosti emisije toksičnih materija za slučajeve pogona na benzin i TNG (https://www.researchgate.net/publication/307801516_Analiza_primene_tecnog_naftnog_gasa_kao_pogonskog_energenta_motora_SUS_Analysis_of_application_of_liquefied_petroleum_gas_as_an_IC_engine_fuel, 10.09.2019.)

		Benzin	TNG	Razlika [%]	Dozv. vrijednosti (ADR 27)
CO	[g/km]	16,6	1,3	- 92	24,2
HC	[g/km]	1,4	0,9	-38	2,1
NO_X	[g/km]	1,6	1,3	-22	1,9
CO (praz. hod)	%	1,8	0,1	-95	-
Potrošnja goriva	l/100 km	17,2	23	34	-
	kg/100 km	12,9	11,7	-9	-

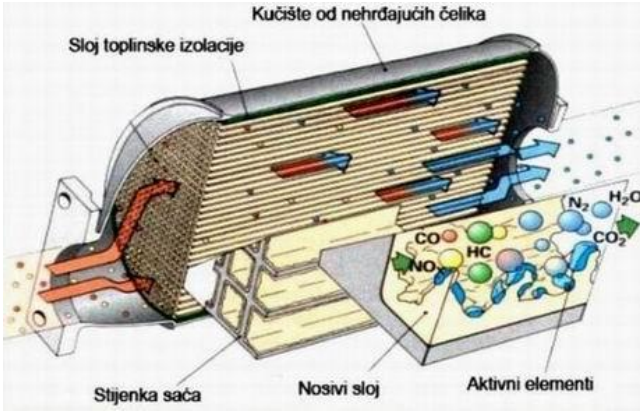
4. MJERE ZA SMANJENJE EMISIJE ŠTETNIH GASOVA

Smanjenje emisije štetnih izduvnih gasova u principu se odvija na tri načina:

- prije motora – upotrebom goriva određenog kvaliteta (alternativna goriva),
- u motoru – različitim konstruktivnim zahvatima kao što su postavljanje svjećice centralno u glavi motora, viševentilska glava motora, dulje preklapanje ventila, zapremnina usisne grane veća od zapremnine motora, dobro raspršivanje goriva u usisnoj grani i sl.
- poslije motora – prečišćavanjem izduvnih gasova putem ugradnje raznih vrsta prečistača, tj. ugradnjom katalizatora u izduvnom sistemu. Osim katalizatora moguća je vanjska recirkulacija produkata sagorijevanja, ali i opremanje motora boljim sustavima paljenja smjese i sustavima za napajanje

Postoje i druge metode, ali ove su najčešće i najvažnije. Među njima se posebno ističu katalizatori i lambda sonda.

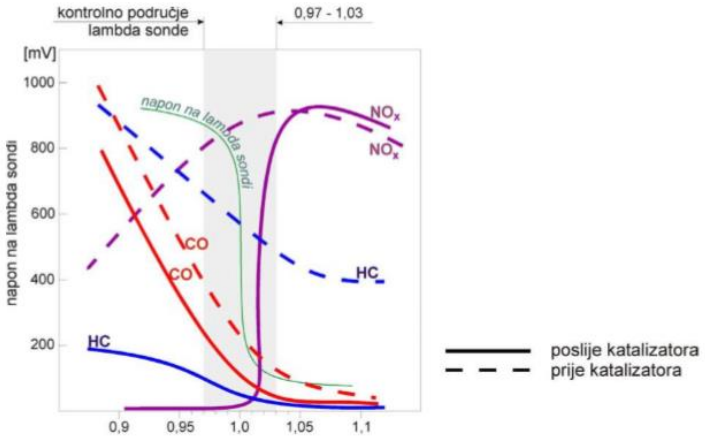
Katalizatori su postali neizostavan dio izduvnog sistema svakog vozila proizvedeog u zadnjih tridesetak godina. Razlog leži u sve strožijim eko normama o sastavu izduvnih gasova koje vozila moraju zadovoljavati u zemljama EU. Katalizator je uređaj koji se koristi za smanjivanje toksičnosti izduvnih gasova motora sa unutrašnjim sagorijevanjem. To je zapravo komora sa velikim brojem mrežica (kao sače kod pčela) izrađenih pomoću kalupa, prevučenih slojem plemenitih metala (platina, rodij) koji ubrzavaju kemijske reakcije, a čije je prisustvo razlog visoke cijene katalizatora. Na sljedećoj slici prikazana je konstrukcija i princip rada katalizatora.



Slika 6. Konstrukcija katalizatora (https://tabudic.wordpress.com/2009/06/10/katalizatori/, 08.09.2019.)

Današnji moderni motori su opremljeni tzv. jednostrukim katalizatorom trostrukog djelovanja. Naziv je dobio po tome što se njime tretiraju sva tri štetna izduvna gasa (CO, HC i NO_x) u neškodljive gasove (CO_2, H_2O, N_2).

Najvažniji zahtjev za što ispravniji rad katalizatora (što veći faktor pretvorbe štetnih gasova) je rad motora sa stehiometrijskim odnosom $\lambda = 1$. U tu svrhu se između motora i katalizatora postavlja λ sonda (Lozić-Baškarad, 2000). Na idućoj slici se može vidi redukcija štetnih gasova ukoliko vozilo posjeduje katalizator.



Slika 7. Redukcija štetnih gasova (https://core.ac.uk/download/pdf/34007720.pdf, 09.09.2019.)

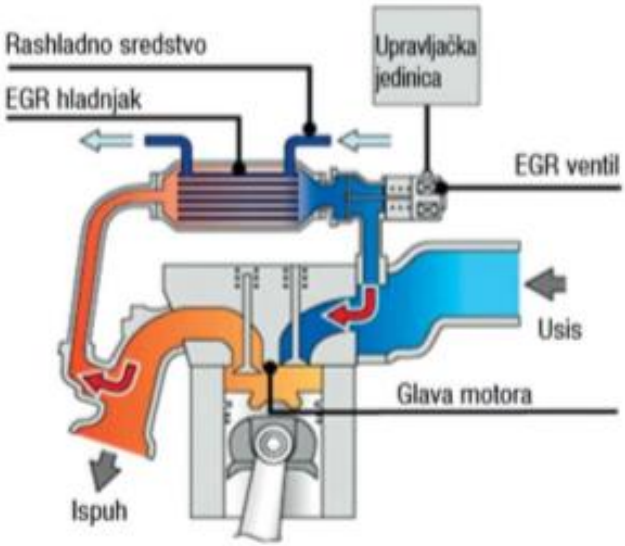
Lambda sonda (slika 9) je neizostavni element izduvnog sistema motornih vozila pogonjenih Otto motorom. Lambda sonda je senzor količine kisika u izduvnim gasovima te sudjeluje kao regulacijski element pri pripremi gorive smjese. Omjer goriva i zraka mora biti idealan u smislu da nakon sagorjevanja u cilindru ne ostane nesagorjelog goriva. Idealan omjer obično iznosi 14,7:1 (14,7kg zraka na kilogram ubrizganog goriva) te se deklarira pomoću lambda faktora u iznosu $\lambda=1$. Kada je $\lambda<1$ postoji manjak vazduha, tj. smješa je bogata, a kada je $\lambda>1$ smješa je siromašna. Funkcija lambda sonde je upravo da detektira odstupanja lambda faktora u izduvnim gasovima od idealne vrijednosti, te omogući računaru da ovisno o tomu regulira količinu ubrizganog goriva u usisne cijevi. Dakle, u slučaju gorivom zasićene smjese smanjuje se količina ubrizganog goriva i obratno (http://www.autoispuh.hr/tehnika.html?kateg=4, 10.09.2019).

Slika 8. Lambda sonda (https://www.kdijagnostika.hr/lambda-sonda-i-sve-o-njoj/, 10.09.2019.).

Ako lambda sonda prestane ispravno raditi, računalo može zaprimiti netočne informacije o kompoziciji izduvnih gasova te odabrati krivu smjesu goriva i zraka. Taj postupak može uzrokovati neravnomjeran rad ili pregrijavanje motora. Lampica upozorenja na kontrolnoj ploči može tada signalizirati kvar u električnom sustavu motora (https://motointegrator.com/hr/hr/usluge/101-zamjena-lambda-sonde, 10.09.2019.).

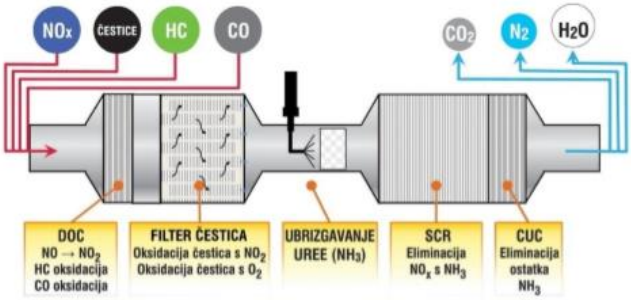
Većina proizvođača je za postizanje Euro 6 norme odlučila kombinirati i tehnologije EGR i SCR. Uz pomoć EGR-a smanjuje se količina NOx, ali se mora ugraditi i SCR katalizator da bi se NOx u potpunosti eliminirao.

EGR (Exhaust Gas Recirculation) je tehnologija kojom se sagorjeli gasovi ponovno vraćaju u cilindar gdje glume inertni gas što je bio jedan od načina za poboljšanje izduva. Razlog za povrat gasova leži u činjenici da dizel motori moraju imati dvostruku količinu zraka od one koja je nužno potrebna da bi sagorilo svo gorivo. Povratom sagorjelih gasova u cilindru se dio zraka zamjenjuje s inertnim gasom čime se smanjuje mogućnost nastanka NOx jer je manje slobodnog kisika i dušika.



Slika 9. Prikaz sustava za povrat izduvnih gasova (https://repozitorij.vus.hr/islandora/object/vus:395/preview, 10.09.2019.)

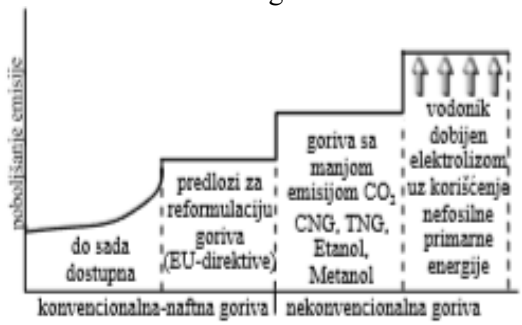
SCR (Selective Catalytic Reduction) je relativno jednostavno, ali vrlo efikasno rješenje kod kojeg se u izduv ubrizgava otopina uree (poznata pod trgovačkim nazivom AdBlue) od koje nastaje amonijak koji se veže s NOx pri čemu nastaje neopasni dušik i vodena para.Ovakvo rješenje, osim ugradnje posebnog SCR katalizatora zahtjeva ugradnju dodatnog rezervoara za AdBlue koji se mora također dopunjavati (https://repozitorij.vus.hr/islandora/object/vus:395/preview, 10.09.2019.).



Slika 10. Ubrizgavanje otopine Adblue u izduvnu granu (https://repozitorij.vus.hr/islandora/object/vus:395/preview, 10.09.2019.)

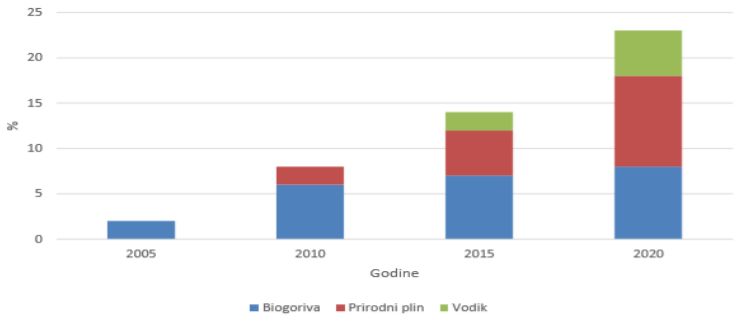
Naftna tečna goriva su toliko ušla u svakodnevnicu da se sva ostala goriva nazivaju *alternativnim*. Odnosno, u alternativna goriva za pogon motora SUS spadaju sva goriva osim benzina i dizelskih goriva, kao što su: biodizel, LPG, vodik, prirodni gas, etanol i metanol, električna energija, sunčeva energija, energija vjetra te hibridni motori.

Zbog manjeg sadržaja atoma ugljika, alternativna goriva pri sagorijevanju proizvode manju količinu CO_2, a u slučaju uporabe vodika emisija CO_2 potječe isključivo od sagorijevanja ulja za podmazivanje. Kvalitet motornih goriva se direktno preslikava u sastav izduvnih gasova motora SUS što se može vidjeti na idućoj slici.



Slika 11. Poboljšanje emisije izborom i usavršavanjem motornog goriva (http://www.cqm.rs/2005/fq2005/SEKCIJA%20H%20-%20%20Rani%20radovi/27%20-%20D.%20Sudarevic,%20A.%20Kozic.pdf , 10.09.2019.)

Prikazom na slici 13 vidljivo je preporučeno korištenje alternativnih goriva od strane Europske Komisije u Europskoj uniji, te njihova predviđanja kako bi to trebalo izgledati do 2020. godine.



Slika 12. Preporučeno korištenje alternativnih goriva od strane Europske komisije u EU (https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz:77/preview, 10.09.2019.)

Po agregatnom stanju alternativna goriva mogu biti tečna, čvrsta i gasovita. Gasovi su dobra goriva za konvencionalne oto motore: smješa je visokog oktanskog kvaliteta pa je sagorijevanje potpuno, rad motora ekonomičniji, a zagađenje manje. Zbog nepogodnog transporta odnosno distribucije gasna goriva imaju ograničenje u upotrebi i to im je najveća mana.

Kao najperspektivnija alternativna tečna goriva smatraju se goriva na bazi alkohola. Alkoholi se dobijaju od materija biljnog porijekla i mogu se proizvesti iz obnovljivih izvora energije, često se nazivaju i biogorivima Biogoriva predstavljaju goriva koja imaju pozitivne efekte na zaštitu životne sredine, odnosno na smanjenje emisije CO_2. Najveće šanse za upotrebu kao tečna biogoriva imaju metil i etil alkoholi.

Tečni naftni gas sadrži glavne komponente propan i butan, a ostali lagani ugljovodonici prisutni su u niskim koncentracijama. Karakterističan je po tome što na normalnoj temperaturi, tj. na malom pritisku (2-8 bar, rjeđe 16bar) prelaze u tečno stanje. Koristi kao pogonsko gorivo za Otto-motore.

Prirodni gas nije obnovljivi izvor energije kao što su biogoriva. To je fosilno gorivo, ali s obzirom da su mu zalihe znatno veće od zaliha sirove nafte, može se smatrati i alternativnim gorivom za neki srednjoročni prijelazni period. Prirodni gas se može skladištiti na vozilu na dva načina: u gasovitom stanju pod visokim pritiskom od 200 bar (CNG – Compressed Natural Gas) ili u tečnoj fazi na temperaturi ispod -180 °C (LNG – Liquified Natural Gas). Prirodni gas daje znatno manju emisiju štetnih materija što ga čini veoma pogodnim. Mnogobrojnim ispitivanjima širom svijeta utvrđeno je da se može smanjiti emisija: ugljikovodika za više od 93 %, ugljendioksida za više od 30 %, azotnih oksida za više od 60 % i ugljen monoksida za više od 65 %. Nedostaci ovog goriva su: tlak u spremniku od 220 bar i spremnik 4 puta veći nego kod benzina.

Čisti *vodik* mora se proizvesti iz jedinjenja u kojima je vezan, kao što su fosilna goriva (prirodni gas i ugalj), biomasa i voda. Velika raznolikost sirovina ovo gorivo čini veoma obećavajućim gorivom u budućnosti. Prednosti vodika su: može se pretvoriti u korisne oblike energije s visokom efikasnošću, obnovljivo gorivo se proizvodi iz vode i nema emisije štetnih gasova. Nedostaci vodika su: skupa proizvodnja, niska energetska gustoća i tehnički problemi (spremnici pod tlakom).

Biodizel je komercijalni naziv za Metil-ester, a predstavlja vrstu obnovljivog alternativnog goriva koje se može proizvoditi iz nekoliko različitih biljnih ulja (od uljane repice, suncokreta, soje, palme, ricinusa...) i životinjskih masti koristeći proces esterifikacije, a po kemijskom sastavu sličan je dizel gorivu. Prednosti biodizela su da je biološki razgradiv, teško zapaljiv, neotrovan i ne sadrži sumpor niti aromatična jedinjenja. Problemi hladnog starta, manja toplotna moć i veća korodivna svojstva u poređenju sa dizel gorivom predstavljaju najveće mane (Kozarac i dr, 2010.).

5. ZAKLJUČAK

Emisije štetnih izduvnih gasova mogu smanjiti upotrebom vozila koji zadovoljavaju zadnje Euro norme. Euro norme koje su počele sa djelovanjem već od 1992. godine pa do danas zasigurno su jedan od najbolji mehanizama koji tjeraju proizvođače vozila da tragaju za rješenjima koja će omogućiti što manju emisiju štetnih gasova iz vozila. Zasigurno, dokle god su na cestama prisutni automobili pogonjeni fosilnim gorivima postojat će i potreba za mjerenjem izduvnih gasova, a zasad se takva mjerenja obavljaju u ispitnim stanicama za tehnički pregled vozila. Mjerenjem na tehničkom pregledu uočeno je da vozilo sa katalizatorom imaju manju emisiju štetnih gasova u odnosu na vozilo bez katalizatora, kao i da Golf 5 manje onečišćuje okoliš nego Golf 2. Također, može se primjetiti znatno manja emisija štetnih izduvnih gasova kod vozila sa pogonom na TNG nego kod vozila sa pogonom na benzin.

Pored zakonskih regulativa kojima se definiše emisija štetnih gasova, smanjenje štetnih materija iz izduvnih gasova u principu se još odvija na sljedeća tri načina:

- prije motora – upotrebom goriva određenog kvaliteta,
- u motoru – različitim konstruktivnim zahvatima,
- poslije motora – prečišćavanjem izduvnih gasova putem ugradnje katalizatora u izduvnom sistemu. Osim katalizatora moguća je vanjska recirkulacija produkata sagorijevanja.

Katalizatori i lambda sonde su značajno doprinijeli smanjenju izduvnih gasova te imaju najširu primjenu u današnjem vremenu. Međutim, u budućnosti se očekuje sve veća primjena alternativnih goriva koja su ekološki čišća u odnosu na konvencionalna goriva. Alternativna goriva zadovoljavaju sve strože zahtjeve Europske unije u pogledu emisije izduvnih gasova i spominju se kao jedno od rješenja za globalno zagrijavanje i ostale negativne efekte intenziviranog zagađenja životne sredine.

6. LITERATURA

Ahmetspahić A., Lihovac D. (2015), Norme EU u dijelu ekoloških parametara motornih vozila, Naučno-stručni časopis iz saobraćaja, transporta i komunikacija, Sarajevo

Bibić Dž., Filipović I., Pikula B., Trobradović M. (2012) Poznavanje propisa o tehničkim pregledima, ispitivanju vozila i načinu obavljanja tehničkih pregleda vozila , Mervik, Sarajevo

Kozarac D., Lulić Z., Mahalec I. (2010): Motori s unutarnjim izgaranjem, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

Lozić-Baškarad S. (2000), Ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila u stanicama za tehnički pregled vozila, TISK, Zagreb

https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:1113/preview (05.09.2019.)

https://www.ipi.ba/tehnicki-pregled/ (08.09.2019.)

https://tabudic.wordpress.com/2009/06/10/katalizatori/ (08.09.2019.)

https://core.ac.uk/download/pdf/34007720.pdf (09.09.2019.)

http://www.autoispuh.hr/tehnika.html?kateg=4 (10.09.2019.)

https://www.kdijagnostika.hr/lambda-sonda-i-sve-o-njoj/ (10.09.2019.)

https://motointegrator.com/hr/hr/usluge/101-zamjena-lambda-sonde (10.09.2019.)

https://repozitorij.vus.hr/islandora/object/vus:395/preview (10.09.2019.)

http://www.cqm.rs/2005/fq2005/SEKCIJA%20H%20-%20%20Rani%20radovi/27%20-%20D.%20Sudarevic,%20A.%20Kozic.pdf (10.09.2019.)

https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz:77/preview (10.09.2019.)

https://www.researchgate.net/publication/307801516_Analiza_primene_tecnog_naftnog_gasa_kao_pogonskog_energenta_motora_SUS_Analysis_of_application_of_liquefied_petroleum_gas_as_an_IC_engine_fuel (10.09.2019.)

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

TESTING TRACTION CHARACTERISTICS OF VEHICLES DRIVED BY LIQUID PETROLEUM GAS

ISPITIVANJE VUČNIH KARAKTERISTIKA VOZILA POGONJENOG TEČNIM NAFTNIM GASOM

Miroslav Pavlović[a], Svetko Milutinović[a], Boško Đukić[a], Zoran Ristikić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, miroslav.pavlovic@sf.ues.rs.ba, s.milutinovic@hotmail.com, bosko.djukic@sf.ues.rs.ba, zoran.ristikic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Traction characteristics represent one of the most important parameters of motor vehicles. The traction test may be performed on a polygon or on dynamometers intended for the traction test of motor vehicles (chassis dynamometers).*

Certain changes to the powertrain, such as the installation of a LPG engine supply system, may change the towing characteristics of the motor vehicle. For this reason, we performed a test of the power and torque of a passenger motor vehicle, which has a factory-installed system for supplying the propulsion unit with gasoline, and to which a system for propulsion of the engine by LPG was subsequently installed. Tests were performed when the vehicle was powered only by gasoline and then only by LPG. The paper presents comparative data of measured traction characteristics for both propellants.

Key words: *power, torque, chassis dynamometer, LPG system*

Apstrakt: *Vučne karakteristike predstavljaju jedan od najbititnih parametara motornog vozila. Ispitivanje vučnih karakteristika može se izvršiti na poligonu ili na dinamometrima koji su namjenjeni ispitivanjima vučnih karakteristika motornih vozila (šasijski dinamometri).*

Određena promjena na pogonskom agregatu, kao što je ugradnja sistema za snadbjevanje motora tečnim naftnim gasom (TNG), može dovesti do promjene vučnih karakteristika motornog vozila. Iz tog razloga izvršena su ispitivanja snage i pogonskog momenta putničkog motornog vozila koje posjeduje fabrički ugrađen sistem za snadbjevanje pogonskog agregata benzinskim gorivom, a na koje je naknadno ugrađen sistem za snabdjevanje pogonskog agregata TNG-om. Ispitivanja su izvršena kada je vozilo pogonjeno samo benzinskim gorivom, a zatim samo TNG-om. U radu su prikazani uporedni podaci izmjerenih vučnih karakteristika za oba pogonska goriva.

Ključne riječi: *snaga, moment, šasijski dinamometar, TNG sistem*

1. UVOD

Na oblik vučne karakteristike automobila utiče vanjska karakteristika ugrađenog pogonskog agregata ali i primijenjena transmisija, kao i dimenzije pogonskih točkova. Vanjskom karakteristikom motora obuhvaćeni su svi njegovi najvažnijniji parametri, tj. ona predstavlja oblik dobijene mehaničke energije koja je stigla do zamajca pogonskog agregata i koja predstavlja prikaz raspoložive energije na ulazu u transmisiju (Ajanović i dr., 2019).

U transmisiji se neprihvatljiv oblik dobijene energije od pogonskog agregata (prevelik broj obrtaja i nedovoljan moment) transformiše u oblik koji je potreban na pogonskim točkovima automobila. Prilikom te transformacije dio raspoložive energije pretvorit će se u neželjeni oblik (zagrijavanje transmisije, buka, ...), usljed čega dolazi do manjeg ili većeg gubitka energije dobijene od pogonskog agregata. Dio, od ukupno proizvedene, energije koji dođe do pogonskih točkova u prihvatljivom obliku iskoristit će se za obavljanje osnovne funkcije motornog vozila, njegovo kretanje.

Neki od parametara koji određuju dobijenu raspoloživu energiju za pogon motornog vozila na njegovim točkovima mogu se izračunati, tj. prognozirati, ali neki od njih nisu uvijek jednostavno predvidljivi. Zato je vrlo važno, u pojedinim situacijama, izvršiti ispitivanja na konkretnom vozilu, kako bi se odredile njegove stvarne

performanse, što korisniku motornog vozila daje jasnu sliku onoga sa čime zaista raspolaže (Ajanović i dr., 2019).

Ispitivanja vučnih karakteristika vozila, odnosno njegovih performansi mogu se vršiti na kolovozu (poligonu) ili se mogu ispitivati u stacionarnim uslovima. S obzirom da stacionarni uslovi ispitivanja pružaju mnogo veće pogodnosti, kao i veći komfor, pronađena su rješenja koja to omogućavaju, prije svega kroz uređaje za ispitivanja vučnih karakteristika u stacionarnim uslovima, odnosno uređaje koje se nazivaju dinamomometri.

Za ovakva ispitivanja najčešće se koristi šasijski dinamometar, jer je veoma pogodan za ispitivanje performansi vozila za različite uslove putnog opterećenja, kontrolnih modova rada, kao i provjeru zakonom propisanih tehničkih karakteristika vozila.

Cilj eksperimentalnih istraživanja u okviru ovoga rada je da se uporede vučno-dinamičke karakteristike istog vozila kada je ono pogonjeno sa benzinskim ili sa TNG gorivom, te da se daju egzaktni pokazatelji ispitivanih veličina.

2. METODE

Provedena istraživanja prikazana u ovom radu izvršena su u Tehničko laboratorijskom centru Saobraćajnog fakulteta Doboj primjenom šasijskog dinamometara „Chassis Dyno 48“ 4WD MiM“ proizvođača „AVL“ Austrija. Samo ispitivanje je sprovedeno u vremenskom periodu od 15.05.2019. godine do 25.05.2019. godine. Kao testno vozilo korišten je VW Golf IV sljedećih karakteristika:

- radna zapremina pogonskog agregata: 1984 cm^3,
- snaga pogonskog agregata: 85 kW pri 5200 obr/min,
- maksimalni obrtni moment pogonskog agregata: 172 Nm pri 3200 obr/min,
- masa vozila: 1280 kg,
- godina proizvodnje: 2003 god.,
- pređena kilometraža: 245000 km.

Testno vozilo posjeduje fabrički ugrađen sistem za snadbjevanje pogonskog agregata benzinskim gorivom, a na koje je naknadno ugrađen sistem za snabdjevanje agregata TNG-om.

Nedostatak provedenog istraživanja leži u tome da nije vršena analiza kvaliteta pogonskih goriva nego su dati podaci o standardnim vrijednostima oktanskih brojeva za korištena pogonska goriva. Mjerni rezultati su dobijeni pretpostavkom da kvalitet goriva odgovara propisanim standardima.

Na sledećoj slici je prikazano testno vozilo na šasijskom dinamometru „Chassis Dyno 48“ 4WD MiM“.

Slika 1. Testno vozilo na šasijskom dinamometru

2.1 Sistem za snabdjevanje pogonskog agregata TNG-om

Naknadno ugrađeni sistem za snabdjevanje pogonskog agregata sa TNG-om je sekvencijalni sistem namijenjen vozilima koja za pripremu smješe goriva i vazduha koriste direkno ubrizgavanje. Funkcioniše tako što se za ubrizgavanje gasa, po istom principu kao kod benzina, koriste injektori koji u svakom momentu u zavisnosti od režima rada motora doziraju optimalnu količinu gasa direktno u usisnu granu motora.

Sekvencijalni sistem koristi električne signale sa senzora pogonskog agregata na kojem je ugrađen (broj obrtaja, temperatura, stanje izduvnih gasova, pritisak u usisnoj grani, vrijeme ubrizgavanja benzina i momenat ubrizgavanja za svaki cilindar posebno) i sopstvene parametre (temperatura gasa, temperatura rashladne tečnosti, pritisak gasa i količina TNG u rezervoaru). Sve ulazne parametre preračunava ECU (Electronic Control Unit) u realnom vremenu i određuje količinu TNG koja će biti ubrizgana u svaki cilindar motora. Na taj način se postiže najoptimalnije moguće iskorišćenje snage pogonskog agregata u odnosu na potrošnju TNG-a.

2.2 Šasijski dinamometar AVL Roadsim Chassis Dyno 48 "4WD MiM"

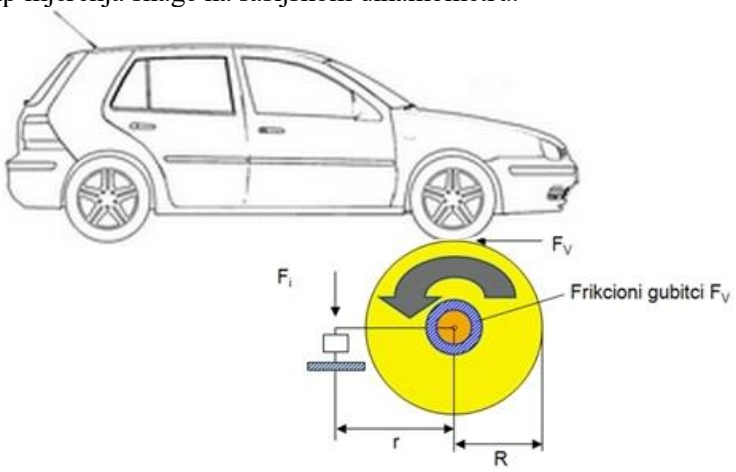
Šasijski dinamometar AVL Roadsim Chassis Dyno 48" 4WD MiM´´ spada u klasu veoma preciznih mjerila za mjerenje vučnih karakteristika vozila i spada u grupu aktivnih dinamometara. Ovaj šasijski dinamometar opremljen je setovima valjaka na kojima se mogu testirati vozila sa pogonom na prednje, zadnje i sva četiri točka. Uređaj je prvenstveno dizajniran i namjenjen je za ispitivanje motornih vozila u raznim uslovima putnog opterećenja pri različitim brzinama kretanja (od 0 do 200 km/h). Omogućava veoma precizno mjerenje: brzine i ubrzanja vozila, vučne sile vozila, snage pogonskog agregata, izduvne emisije vozila, upravljivosti vozila, potrošnje goriva, amortizovanosti vozila, otpora kotrljanja vozila, itd.

Sistem šasijskog dinamometra (platforma za ispitivanje motornih vozila) koristi se u sljedećim modovima rada: simulacija putnog opterećenja, kontrola brzine, vučna sila motornog vozila, mod ubrzanja. Šasijski dinamometar je opremljen sistemom za promjenu međuosovinskog rastojanja, sistemom za poravnanje i centriranje točkova vozila na testnim valjcima. Iz razloga bezbjednosti prilikom provođenja testiranja vozila, dinamometar je opremljen blizinskim senzorima koji detektuju najmanje bočno pomjeranje istog i automatski prekidaju testiranje kako nebi došlo do oštećenja kako testnog vozila, tako i same opreme. Pored navedenog, a s ciljem sprječavanja pregrijavanja pogonskog agregata testnog vozila, dinamometar je opremljen ventilatorom velikog kapaciteta protoka vazduha (Ajanović i dr., 2019).

2.3 Princip mjerenja snage na šasijskom dinamometru

Dinamometar je elektro-mehanički uređaj za mjerenje snage i obrtnog momenta motornih vozila. Obrtni moment proizveden od strane pogonskog agregata pretvara se preko transmisije u vučnu silu na točkovima vozila. Snaga vozila je proizvod obrtnog momenta pogonskog agregata i ugaone brzine, tako da je za dobijanje snage potrebno izmjeriti vučnu silu na točkovima vozila, zbog čega je potrebna najveća mjerna tačnost kod mjerenja ovih veličina. Da bi se izmjerila tačna snaga na zamajcu pogonskog agregata moraju se izmjeriti gubitci snage i prenosni odnos transmisije.

Jedine dvije direktno mjerene veličine na šasijskom dinamometru su vučna sila i brzina. Na sljedećoj slici je prikazan fizički princip mjerenja snage na šasijskom dinamometru.



Slika 2. Fizički princip mjerenja snage na šasijskom dinamometru

$$P = F_V \cdot v \qquad (1)$$

Gdje su:

- P – snaga na površini valjaka
- Fv – vučna sila
- v – brzina na površini valjaka

Za dobijanje tačne vrijednosti snage potrebno je precicno mjerenje vučne sile na površini valjaka. Mjerenje vučne sile na površini valjaka nije fizički moguće, te se iz tog razloga vučna sila na površini valjka izračunava na osnovu mjerenja sile $F_{i,}$ poznate dužine mjerne poluge i poznatog prečnika valjka. Sila F_i se mjeri pomoću mjernog senzora koji radi na tenzometrijskom principu. Za mjerenje brzine rotacije valjaka upotrebljavaju se enkoderi montirani na osovinama valjaka (Ajanović i dr., 2019). Na mjerne rezultate mjerenja snage na šasijskom dinamometru utiču i parazitni gubitci nastali u samom dinamometru, jer je vučna sila na površini valjaka umanjena za mehaničke gubitke u ležajevima valjaka i gubitke otpora vazduha valjaka. Parazitni gubitci izazvani otporom vazduha su zanemarivi u odnosu na parazitne gubitke koji nastaju uslijed trenja u ležajevima valjka. Trenje u ležajevima zavisi od sledećih faktora:

- brzine,
- opterećenja,
- temperature (viskoziteta sredstva za podmazivanje).

Da bi se minimizovali gubitci trenja u ležajevima valjaka šasijski dinamometar je opremljen sistemom za stalni pogon ležajeva. Motorno pokretani ležajevi imaju minimizovan histerezis, zbog toga što su sopstveni gubitci trenja u ležajevima eliminisani suprotnim smjerom rotacije istih. Da bi se izbjegao uticaj ovih gubitaka na mjerne rezultate, nakon zagrijavanja dinamometra urađen je test verifikacije gubitaka dinamometra.

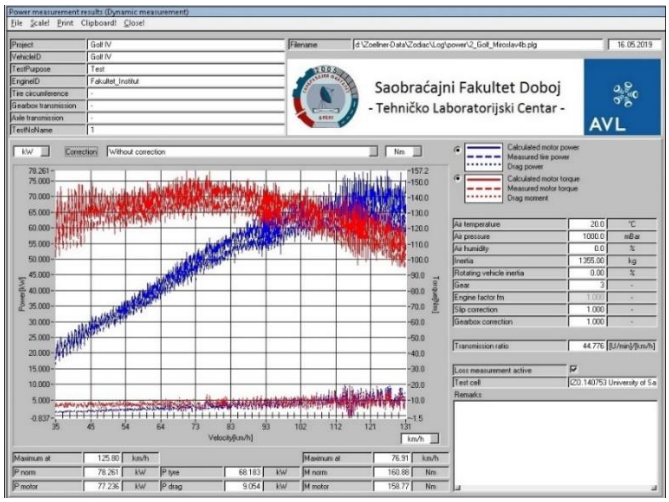
Za dobijanje tačnih rezultata mjerenja snage pogonskog agregata potrebno je precizno odrediti parametre putnog opterećenja vozila. Neki parametri putnog opterećenja vozila na šasijkom dinamometru su različiti u odnosu na realan kolovoz, zbog sljedećeg:

- nema otpora vazduha,
- otpor kotrljanja, npr. defleksija pneumatika je drugačija,
- različite karakteristike pneumatika, npr. za vozila sa više osovina.

U proračun snage je uključen korekcijski faktor koji u obzir uzima temperaturu vazduha i vazdušni pritisak, tako da se dobijaju tačni podaci ispitivanja koji se smatraju fizički relevantnim bez obzira na vremenske uslove.

3. REZULTATI

Pomoću šasijskog dinamometra mogu se vršiti testovi statičke i dinamičke snage i vučne sile motornih vozila sa mogućnosti mjerenja gubitaka transmisije. Primjenom šasijskog dinamometra AVL Roadsim Chassis Dyno 48“ 4WD MiM´´ ispitivana je dinamička snaga i vučna sila sa mjerenjem gubitaka transmisije testnog vozila. Dinamički test podrazumjeva da se vozilo ubrzava u odgovarajućem stepenu prenosa od približno minimalnog do približno maksimalnog broja obrtaja, a zatim se ručica mjenjača prebacuje u neutralan položaj i vozilo slobodno usporava. Za vrijeme ubrzanja se mjeri vučna sila, odnosno dobijeni moment i snaga na pogonskim točkovima. Dok vozilo usporava mjeri se sila usporenja odnosno gubitci snage i momenta u transmisiji. Sabiranjem dobijene snage i momenta u određenoj tački sa gubitcima snage i momenta za istu tačku dobija se snaga i moment na zamajcu pogonskog agregata. Na narednoj slici prikazani su rezultati mjerenja snage i momenta pogonskog agregata testnog vozila pogonjenog benzinskim gorivom.

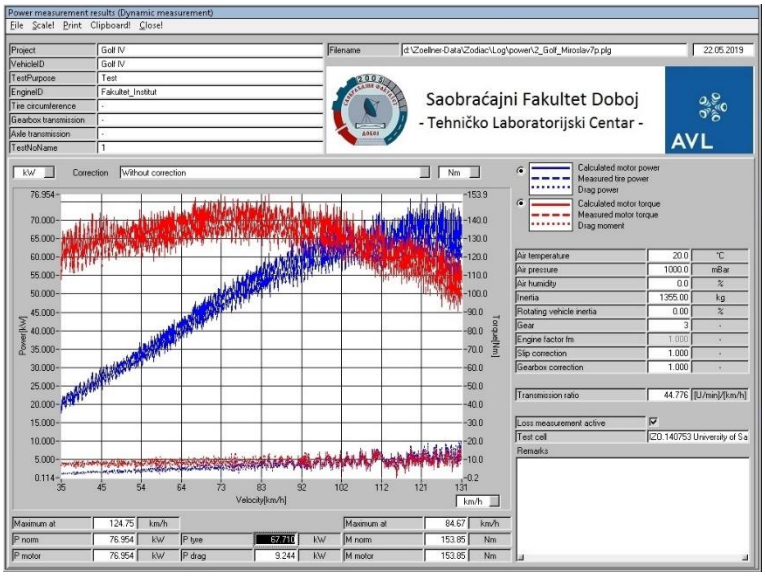


Slika 3. Mjerni rezultati testnog vozila sa pogonom na benzin

Sa dijagrama na predhodnoj slici vidljivi su sledeći rezultati:

- maksimalna snaga pogonskog agregata vozila je 78,261 kW ostvarena pri brzini od 125,80 km/h,
- snaga na točkovima ispitnog vozila iznosi 68,183 kW,
- gubici u transmisiji testnog vozila iznose 9,054 kW,
- maksimalni obrtni moment motora je 160,88 Nm ostvaren pri brzini od 76,91 km/h.

Na narednoj slici prikazani su rezultati mjerenja snage i momenta pogonskog agregata testnog vozila pogonjenog TNG-om.



Slika 4. Mjerni rezultati testnog vozila sa pogonom na TNG

Sa dijagrama na predhodnoj slici vidljivi su sledeći rezultati:

- maksimalna snaga pogonskog agregata vozila je 76,954 kW ostvarena pri brzini od 124,75 km/h,
- snaga na točkovima ispitnog vozila iznosi 67,710 kW,
- gubici u transmisiji testnog vozila iznose 9,244 kW,
- maksimalni obrtni moment motora je 153,85 Nm ostvaren pri brzini od 84,67 km/h.

4. DISKUSIJA

Na osnovu dobijenih rezultata vidljivo je da su snaga i obrtni moment veći kod pogona vozila na benzin. Snaga je veća za 1,3kW ili za 1,6%, dok je obrtni moment veći za 7,03Nm ili za 4,56%.

Teorijska prednost TNG nad benzinom je veći oktanski broj, oktanski broj TNG-a je 102-108, dok je kod benzina 95. TNG ima veću toplotnu moć. Teorijski snaga vozila pogonjenog TNG-om bi trebala biti veća nego kod pogona benzinom. Iz dobijenih rezultata vidljivo je da je snaga pogonskog agregata pogonjenog benzinom nešto veća nego kod pogona sa TNG-om.

Razlog dobijanja manje snage i obrtnog momenta kod pogona na TNG možemo pripisati upravljanju ubrizgavanjem TNG-a u usisnu granu motora, a za koju je zadužena elektronska upravljačka jedinica TNG sistema. Podešavanjem parametara mape ubrizgavanja TNG-a vjerovatno bi se dobila veća snaga i moment pogonskog agregata, ali za posledicu bi imali drastično pogoršanje ekonomičnosti potrošnje TNG-a.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Mjerenje pogonskih karakteristika testnog vozila VW Golf IV izvršeno je na šasijskom dinamometru „Chassis Dyno 48“ 4WD MiM“ proizvođača „AVL“ Austrija. Testno vozilo posjeduje fabrički ugrađen sistem za snadbjevanje pogonskog agregata benzinskim gorivom, a na koje je naknadno ugrađen sistem za snabdjevanje agregata TNG-om. Mjerenjem je utvrđeno da je kod pogona na benzinsko gorivo snaga veća za 1,3kW odnosno 1,6%, dok je obrtni moment veći za 7,03Nm odnosno 4,56%.

Dobijena snaga kod pogona na TNG je zanemarljivo manja nego kod pogona na benzinsko gorivo. Pad snage kod pogona na TNG može se pripisati mapiranju ubrizgavanja koje provodi elektronska upravljačka jedinica TNG sistema, lošijem kvalitetu samog TNG goriva koje je korišteno prilikom testiranja ili kvalitetu ugrađenog TNG sistema, što bi trebalo ispitati idućim istraživanjima. Gubitak snage i momenta pogonskog agregata na TNG gorivo je zanemariv u odnosu na brojne prednosti sa stanovišta ekonomičnosti i ekoloških karakteristika.

6. LITERATURA

Special AVL The Chassis Dynamometer as a Development Platform, AVL Zollner. (2009) Graz.

Vehicle Chassis Dynamometers – From certification trough to a mechatronic development platform, Suddeutscher Verlag onpact GmbH. (2011) Munich.

Šilić, Đ. (2010). Ispitivanje motornih vozila, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica.

Albers, A., & Duser, T. (2010). Implementation of a Vehicle-in-the-Loop Development and Validation Platform, FISITA - World Automotive Congress.

DING-TSAIR, SU., & YING-SHING, SHIAO., & JUI-LIANG, YANG. (2008). Design and Implementation of a Chassis Dynamometer for Testing Battery-Powered Motorcycles, WSEAS TRANSACTIONS on Circuits & Systems.

Suraj, Kothale., & V.P., Jagtap., & C.S., Choudhari. (2016). Design of Chassis Dynamometer for Light Motor Vehicle of Service Stations, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET).

Mesud, A., & Boško, Đ., & Zoran, R., & Miroslav, P., & Svetko, M. (2019). Mjrenje snage motora vozila na šasijskom dinamometru. Stručni skup za tehničke preglede vozila Republike Srpske, Banja Vrućica – Teslić, 121-130.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.uns.rs.ba

INTERACTION BETWEEN SUSTAINABLE MOBILITY AND ECONOMIC DEVELOPMENT IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

INTERAKCIJA IZMEĐU ODRŽIVE MOBILNOSTI I EKONOMSKOG RAZVOJA U BOSNI I HERCEGOVINI

Abidin Deljanin[a], Fadila Kiso[a], Emir Deljanin[b]

[a] *University of Sarajevo, Faculty of traffic and communications, Zmaja od Bosne br. 8, Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina, a_deljanin@hotmail.com, fadila.kiso@gmail.com*

[b] *IFSTTAR-Nantes, Allée des Ponts et chaussées - CS4, Bouguenais Cedex 44344, France, e.deljanin.fsk@gmail.com*

Abstrakt: *The paper explores the development possibilities of the concept of sustainable mobility in Bosnia and Herzegovina, as well as the process impacts on the national economy. Therefore, the paper presents the main features of a sustainable mobility system and development conditions in Bosnia and Herzegovina. From this perspective, an important part of the research will analyze the opportunities and requirements for the development and modernization of multimodal transport. Using analytical, comparative and descriptive methods, the paper is based on exploring the elements of efficiency related to promoting the use of multimodal transport in relation to road, rail or maritime transport. Based on these studies, it is obvious that to support sustainable mobility in BiH it is necessary to develop multimodal transport. In this context, the paper also presents the current situation and perspective of multimodal transport in BiH. As a main conclusion, Bosnia and Herzegovina's economic policy, which aims to reduce energy consumption, increase the efficiency of transport of goods and persons within better transport quality and reduce the negative environmental effects of transport, will be positively and significantly influenced by the achievement of a sustainable mobility system.*

Key words: *Multimodal transport; Mobility; Economic development; Sustainability*

Sažetak: *Rad istražuje razvojne mogućnosti koncepta održive mobilnosti u Bosni i Hercegovini, kao i procesne uticaje na nacionalno gospodarstvo. Stoga su u radu prikazana glavna obilježja održivog sistema mobilnosti i razvojnih uslova u Bosni i Hercegovini. Sa ove perspektive, važan dio istraživanja će analizirati mogućnosti i zahtjeve razvoja i modernizacije multimodalnog transporta. Koristeći analitičke, komparativne i deskriptivne metode, rad se bazira na istraživanju elemenata učinkovitosti koji se odnose na promociju korištenja multimodalnog transporta u odnosu na cestovni, željeznički ili pomorski transport. Na temelju tih istraživanja očito je da je za podršku održivoj mobilnosti u BiH nužno razviti multimodalni transport. U tom kontekstu, u radu je također prikazana trenutna situacija i perspektiva multimodalnog transporta u BiH. Kao glavni zaključak, bosansko hercegovačka ekonomska politika, čiji je cilj smanjiti potrošnju energije, povećati učinkovitost prijevoza roba i osoba unutar bolje kvalitete prijevoza i smanjiti negativne učinke na okoliš zbog prijevoza, bit će pozitivno i bitno pod uticajem postizanja održivog sistema mobilnosti.*

Ključne riječi: *Multimodalni transport; Mobilnost; Ekonomski razvoj; Održivost.*

1. UVOD

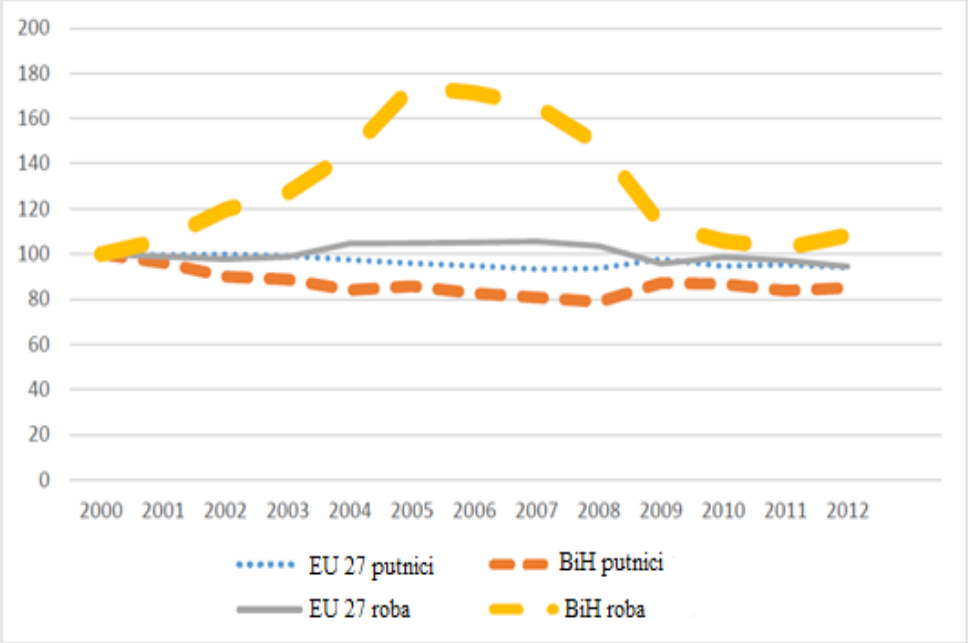
Glavno ograničenje mobilnosti povezano je s zavisnošću transportnog sistema od fosilnih goriva i brzinom povećanja cijene goriva što će dovesti do usporavanja stope rasta potrošnje. Prema nedavnim podacima, procjene su da će se svjetska potrošnja primarne energije povećati za 39% u sljedećih 20 godina u odnosu na povećanje od 45% u razdoblju 1990.-2010. godina, zaključak je da prosječna godišnja stopa je 1,7% između 2010. i 2030. godine. (Finley M., 2012). Prema Generalnoj direkciji za energetiku Europske komisije, energetska kretanja u sljedećih 30 godina ovise o projekcijama svjetskog energetskog tržišta koje je izradila Međunarodna agencija za energiju, procjenjeno je u izvještaju za 2012.godinu da će biti cijena od 116,91 američkih dolara po barelu za 2015. godinu, 126,68 američkih dolara po barelu za 2020. godinu i 138,49 američkih dolara po barelu za 2030. godinu (US Energy Information Administration - EIA, 2012). U Bosni i Hercegovini je do posljednjeg

desetljeća 20. stoljeća ekonomska politika utemeljena na načelu štednje novčanih sredstava, nametnula ograničenja u ekonomičnosti potrošnje goriva i odabiru načina prijevoza. Iako ova pitanja imaju negativne učinke na gospodarstvo, ustanovljeni su i neki pozitivni učinci. Izvan uštede u potrošnji goriva promovirani su „čisti" načini razvoja saobraćaja za okoliš i zdravlje stanovništva, kao što je željeznica, posebno za robe s dugim odredištima ili javni prijevoz na lokalnoj razini. Ove inicijative favorizirale su zaštitu okoliša, ali sistem je ušao u stanje kolapsa zbog njegovog razvoja uz nedostatak čvrstih ekonomsko-ekoloških načela. Nakon liberalizacije saobraćajnih aktivnosti, osim u nekim područjima za koja je država smatrala da su strateški interesi, kao što su željeznice, preostali načini prijevoza reformirani su, prvenstveno iz perspektive imovine. Očigledno, državna politika nije mogla „direktno" usmjeriti robu ili osobe iz pojedinih segmenata djelatnosti na određene načine prijevoza, tako da je, u nedostatku uvođenja nekih učinkovitih ekonomskih mjera, aktivnost različitih načina bila neuravnotežena i neučinkovita. Najbolji primjer je galopirajući rast intenziteta cestovnog saobraćaja. Tako je u razdoblju od 1998. do 2018.godine stepen primjene prevoznih i transportnih sredstava u BiH povećana je za 3,5 puta, uglavnom zbog povećanja broja privatnih automobila. U istom tom razdoblju, europski prosjek pokazuje povećanje od 36 % (Eurostat, Motorisation rate, 2014). Ovaj fenomen je izrazito zabrinjavajući ako uzmemo u obzir težinu štetnih tvari u motornom vozilu odnosno emisiju štetnih tvari koje motor vozila ispušta u okoliš i njeno djelovanje na isti kao i djelovanje na ljudsko zdravlje. Ovo je dovelo do vrlo loše situacije u kojoj je, primjerice, u gradu kao što je Sarajevo, koncentracija onečišćujućih tvari u saobraćaju, kao što su ugljen monoksid, dušikov dioksid i olovo, prenesena na smanjenje s dva na pet godina za očekivani životni vijek u odnosu na nacionalni prosjek koji je mnogo niži od europskog. Trenutna evolucija prijevoza razvija sve veće stepene kretanja robe i putnika. Dinamika u prošlosti pokazuje bolji razvoj načina prijevoza s dobrim pokrićem za tržišne primjene uz niske troškove. Nažalost, gotovo uvijek je ovakav pristup ukazivao na dvije negativne dimenzije sektora: negativan uticaj na okoliš i smanjenje stvarne konkurencije među vrstama, od kojih su neke, posebice one na cesti, održane da rastu nesrazmjerno na račun drugih. Naravno, društvo je odmah reagiralo na smanjenje tih mana, te je tako postavilo temelje za razvoj novog koncepta, odnosno održivog. Ovaj novi koncept provedenog prijevoza dovest će do istovremenog postizanja nekoliko ciljeva, od kojih su najvažniji: osigurati učinkovitu mobilnost putnika i robe, smanjiti potrošnju energije i zaštititi okoliš.

2. ISTAKNUTE ČINJENICE O EVOLUCIJI TRANSPORTNOG SISTEMA U BOSNI I HERCEGOVINI

U Bosni i Hercegovi u posljednja dva desetljeća doprinos transportne djelatnosti poreza na dodanu vrijednost bio je između dvije granice, odnosno 0,7% (za 2009. godinu) i 1,5% (za 2018. godinu). Istovremeno, realni rast bruto domaćeg proizvoda (BDP) iznosio je između 4,4% u 2000. godini, 5,6% u 2008. godini i 2,7% u 2017.godini, što pokazuje neuravnoteženu evoluciju za ovo razdoblje. Unutar ovog razdoblja u cijelom transportnom sektoru, smanjen je obim aktivnosti kontinuirano. Ova činjenica nije ni u skladu s trendom BDP / stanovniku, niti s inflacijom. Činjenica naglašava potrebu za "razdvajanjem" analize zahtjeva tržišta prijevoza u odnosu na opću ekonomsku evoluciju, koju su dužnosnici EU-a posljednjih godina uporno zahtijevali. Jasno je da neto povoljna kretanja BDP-a BiH tokom posmatranog razdoblja, kao i fluktuacija stope inflacije za isto razdoblje, uopće nisu uticali na trend za transportne aktivnosti, i za robu i za putnike. Štoviše, sve do 2003. godine rastuća stopa inflacije dovela je do dramatičnog pada saobraćaja. Čak i nakon ove godine, kada je inflacija doživjela snažan silazni trend, saobraćajna aktivnost nije poznavala "postepeni oporavak", već više stagnaciju. Tržišni udio različitih vrsta prijevoza u sektoru kao cjelini poznavao je različita kretanja između prijevoza robe i putnika. Za robu postoji trend povećanja obima koji se prevozi samo pomorskim putem i, u određenoj mjeri, željeznicom uslijed smanjenja udjela cestovnog transporta. Za BiH su glavne transportne aktivnosti u razdoblju 2000.-2017. godine bile u cestovnom i željezničkom transportu. Ostali oblici prijevoza (unutarnji plovni putevi, zrakoplovni i multimodalni) bili su izuzetno niski.

Zanimljivo je istaknuti činjenicu da iako je količina robe koja se prevozi cestovnim saobraćaju u stalnom padu, robni tokovi su doživjeli značajno povećanje. To označava trenutni trend prevoza robe smanjene količine, ali s povećanom dodanom vrijednošću na dugim i dužim rutama. Ovaj trend dolazi zajedno s uklanjanjem nekih ograničenja prijevoza nametnutih sistemom komunizma u BiH do 1990. godine, kao i "preraspodjelom" gospodarskih aktivnosti, te intenziteta, strukture i / ili lokacija. Dinamična izvješća o broju prevezenih putnika i BDP-u, kao i o količini prevezenog tereta / robe i BDP-a, pokazuju trendove i evoluciju tih pokazatelja u BiH u usporedbi s EU-27 i snažniji uticaj ekonomske i financijske krize od 2008. godine na evoluciju omjera obima robe i BDP-a (slika br.1).



Slika 1. Poređenje kretanja pokazatelja transporta, broja putnika i volumena tereta, u odnosu na BDP, između BiH i EU-27, za razdoblje 2000.-2012.godina (200 = 100%)

Poređena evolucija u BiH pokazuje nizak trend za prevoz putnika i snažno povećanje za prevoz robu (do 2006.godine), u poređenju sa situacijama u EU-27, koje su obično približno konstantne za analizirano razdoblje.

Opće poznata činjenica je da djelotvornost transportnih mreža može imati značajan doprinos podržavanju ciljeva gospodarskog razvoja kroz:

- Pružanje vitalne potpore nacionalnoj i međunarodnoj trgovini i mobilnosti putnika;
- Olakšavanje pristupa tržištu rada i snadbjevanju, povećavajući na taj način ekonomsku privlačnost središnjih područja odgovarajućih zahtjeva transportne mreže;
- Uštede energije i smanjenje onečišćenja uzrokovanog saobraćajem;
- Uslovna podrška gospodarskom rastu regija s transportnim mrežama razvijenim u skladu s ekonomskim i socijalnim zahtjevima.

U posljednjim desetljećima, s obzirom na međuzavisnost s drugim granama nacionalnog gospodarstva i javnom komunalnom djelatnošću, transport je podržao i imao veliki uticaj na promjene i razvoj cjelokupnog BiH gospodarstva i društva. Nekoliko primjera:

- Sprovedena je uredba sa zakonskom snagom o preuzimanju i primjenjivanju saveznih zakona koji se u BiH primjenjuju a to su sljedeći: Zakon o osnovama bezbjednosti u željezničkom saobraćaju ("Službeni list SFRJ", broj 26/91), osim člana 3, člana 13. stav 2, člana 25. stav I, člana 44. stav I, člana 57. i člana 128. stav 3, Zakon o ugovorima o prevozu u željezničkom saobraćaju ("Službeni list SFRJ", br. 2/74 i 17/90), osim člana 67;
- Nakon 1998. godine, sektor cestovnog transporta pokazao se jednim od najdinamičnijih;
- Udio cestovnog prijevoza robe i putnika u ukupnoj transportnoj aktivnosti predstavlja trend rasta obima putnika i gubitka u prijevozu robe;
- Transport željeznicom je u stalnom ograničenju, kako za robu tako i za putnike, zbog lošeg održavanja infrastrukture i visokih troškova same djelatnosti;
- Obim proizvoda, teška roba kao sirovina ili sa sporim stepenom prerade prevoze se, uglavnom, željezničkim prugama;
- Sektori transporta i komunikacija predstavljali su oko 22,5% potrošnje energije po zemljama u 2010.godini i 22,1% u 2011. godini, procjene pokazuju je u 2016.godini udio za ovu potrošnju bio konstantan (22%) uz neznatno povećanje na 22,1% u 2020 godini;
- Postizanje neuravnoteženog omjera u slučaju prijevoza putnika, između cestovnog i željezničkog načina prijevoza;
- Eksplozija zračnog saobraćaja, posebno nakon 2005. godine, njegov razvoj u BiH sve je veći.

3. EKONOMSKI I EKOLOŠKI ZAHTJEVI ZA PROVEDBU SISTEMA ODRŽIVE MOBILNOSTI

Koncept "održive mobilnosti" (Rueda S., 2010) razvijen je kao odgovor na ekonomska, socijalna i ekološka pitanja povezana s opsežnim korištenjem automobila. U prepunim gradskim područjima koja i dalje privlače više stanovnika, raspodjela prostora između cesta, parkirališta, pješaka i biciklista je izvan svih razmjera, kao i modalna raspodjela. Zbog toga je cestovni saobraćaj postao najatraktivniji u odnosu na željeznički i multimodalni prijevoz. Od svih ciljeva održive mobilnosti naglašavamo najvažnije (Mattauch M. and Leonard C., 2012):

- Postizanje visoke razine kvalitete usluga;
- Osiguranje dostupnost od/do područja interesa;
- Osiguranje visokog stepena sigurnosti i sigurnosti u transportu;
- Smanjenje zagađenja bukom i zagađenje zraka (uključujući one s efektom staklenika);
- Smanjenje potrošnje energije.

Pri uvođenju sistema održive mobilnosti, potrebno je uzeti u obzir nekoliko parametara: troškovi prijevoza, vrijeme putovanja, kvaliteta infrastrukture i transportnih vozila, sigurnost i učestalost putovanja. Od svih ovih parametara najvažniji su povezani troškovi.

Trošak putovanja ima veliki uticaj na mogućnosti mobilnosti, što može uglavnom promijeniti tržišni udio načina prijevoza na svim razinama. Očito postoji snažna veza između opcije za određeni način prijevoza i kriterija minimalnih troškova. S ovom stopom, smanjenje troškova mora uzeti u obzir dvije različite razine, sa stajališta potrebnih mjera:

- Prva razina potvrđuje obrazovnu stranu kroz informativne akcije i svijest o učincima trenutnog načina prijevoza i potrebe za promjenom ponašanja prema izboru mobilnosti;
- Druga razina odnosi se na upravne mjere (porezne, zakonodavne) potrebne za ukidanje djelatnosti prijevoza iz ekonomskog, gospodarskog dijela.

Moramo uzeti u obzir da nisu svi nositelji posla u mogućnosti odabrati željeni način prijevoza. To može imati različite motive, ali u velikoj mjeri prepreke su tehnički problemi. Dakle, sve što radimo jest vizualizirati iskrivljenu sliku stvarnosti, ako uzmemo u obzir da su intermodalni odnosi konkurenti i međusobno zamjenjivi.

Realističnija analiza pokazuje da su načini prijevoza u stanju ograničene konkurencije, a svaki od njih karakteriziraju specifična svojstva. Neke od najvažnijih su:

- Ekonomska intervencija ograničena specifičnim troškovima svakog načina rada;
- Tehničko područje kompetencije koje se može okarakterizirati na nekoliko načina (geografski, odgovarajući tehnički, upravljački itd.).

Postojanje određene stabilnosti ovih svojstava nije općenito valjano za dulja razdoblja. Na taj način, dugoročno, infrastruktura i načini prijevoza različito se razvijaju, što dovodi do promjena u tehničkim područjima kompetentnosti i ekonomskim intervencijama. Razlog tome su uglavnom promjene u uslovima formiranja troškova. Na promjenu ekonomske zone koja utiče na fenomen intermodalne konkurencije mogu uticati i drugi faktori kao što su:

- Evolucija gospodarske strukture (strukturne promjene gospodarskih aktivnosti, ekonomska dedukcija, itd.);
- Poboljšanje obavljanja djelatnosti prijevoza;
- Ulazak novih konkurenata na tržište;
- Donošenje zakonskih i poreznih mjera, s ciljem poticanja ili odbacivanja određenih načina prijevoza na određenim pravcima djelovanja.

Analizirajući evoluciju transporta na tržišnom dijelu na duže staze, napominje se da ima ciklički aspekt koji uzima u obzir svaki način prijevoza. On odgovara na reorganizaciju svoje djelatnosti i poboljšanje operativne tehnologije (kvaliteta usluge), polako vraćajući segmente tržišta i dopirući do drugih segmenata koji su pripadali cestovnom saobraćaju. Zatim je vrijeme da se automobilski prijevoz modernizira, na primjer, novim logističkim uslugama i dobivanjem tržišnih segmenata, nastavljajući taj ciklus.

Preferencije potrošača imaju glavnu ulogu u tržišnom dijelu različitih načina mobilnosti. (European Commission, 2007, 2008, 2009). Prema tome, istrage su pokazale da su preferencije stanovnika BiH (istraživanje sprovedeno u Sarajevu) u pogledu načina prijevoza relativno uravnotežene, a većina ispitanika

(34%) navodi hodanje ili vožnju biciklom kao način dnevnog putovanja, 20% ukupnog broja ispitanika preferira javni prijevoz, a samo 36% ukupnog broja ispitanika radije koristi osobne automobile. Iako je 33% od ukupnog broja ispitanika iz BiH također spomenulo da će napustiti svoje vlastite automobile ako će javni prijevoz imati veću učestalost, 14% će odustati ako će imati bolju povezanost s odredištem i 18% će koristiti svoje automobile manje ako je javni prijevoz sigurniji. Međutim, 33% od ukupnog broja ispitanika tvrdilo je da neće promijeniti svoj odnos prema načinu prijevoza bez obzira na buduća poboljšanja koja će se ostvariti u sistemu javnog prijevoza. Kako bi prevladao javni prijevoz u preferencijama potrošača, istovremeno mora provesti četiri uslova (European Parliament, Directorate-General FOR Internal Policies, Transport and tourism, 2010): biti siguran, jeftin, brz i ekološki prihvatljiv. Osim toga, trebalo bi pružiti više pametnih opcija u skladu sa socijalnim i individualnim zahtjevima. Nažalost, transportni sistem u BiH nije održiv, a temelji se na visokoj potrošnji konvencionalnih goriva (dobivenih iz ugljikovodika), postignutih u uslovima relativno niskih troškova nafte, što je potaknulo razvoj ovog sektora. Prognoze o cijenama nafte (Tabela 1), ukazuje na povećanje od gotovo 70% do 2030.godine (British Petroleum, 2012. i 2014.). Međutim, očekuje se da će se potrošnja primarne energije specifične za saobraćajne aktivnosti povećati za samo 13% do 2035.godine. S obzirom da se u BiH u 2010. godini više od 12% potrošnje energije temeljilo na uvozu (niska razina u odnosu na europsku gdje je udio uvoza iznosio 45%) s trendom brzog rasta (u 2009. godini udio uvoza bio je 9,2%), a to povećanje će uticati na razvoj sektora u nedostatku alternativnih izvora energije.

Tabela 1. Razvoj troškova i proizvodnje u milijunima tona, kvaliteta nafte i cijena nafte (američki dolar po barelu)

Indikatori	2010	2015	2020	2030
Potrošnje energije u BiH	6963	7434	8173	....
Proizvodnja energije u BiH	5.5	6.1	6.8	....
Uvežena energija u BiH (postotak od ukupne potrošnje)	4.3	4.0	3.6	....
Potrošnja u sektoru saobraćaja i komunikacija u BiH	1.5	1.6	2.3	....
Potrošnje energije u Europi	1960.3	1941.2	1982.0	2033.4
Proizvodnja energije u Europi	1073.8	1004.8	981.6	1010.9
Cijena nafte	79.0	116.9	126.7	132.6

S obzirom na rastući trend cijena konvencionalnih goriva (ugljikovodika), povećanje ovisnosti o uvozu stvorit će veliku ranjivost, ukazujući na veličinu tog neodrživog sistema. Istovremeno, povećanje cijene prijevoza dovest će do velikih pritisaka na druge sektore gospodarstva. Međutim, prognoze potrošnje energije, zajedno s trenutnim i budućim nestašicama nafte i prirodnog plina, potiču kreatore politike na poboljšanje raznolikog energetskog miksa koji omogućuje proizvodnju energije iz svih konvencionalnih resursa, obnovljive izvore energije i nuklearnu energiju.(S.Saidi et al.2018)

4. PODRŠKA RJEŠENJIMA ZA PROVEDBU ODRŽIVOG SISTEMA MOBILNOSTI U BIH: MULTIMODALNOST

Pravo rješenje za uštedu energije i smanjenje uvoza naftnih derivata jeste poticanje dugoročnog razvoja multimodalnog transporta. S obzirom na to, multimodalni transport dovodi do učinkovite upotrebe načina koji imaju rezervne kapacitete, kao što su željeznički, unutarnji plovni putevi i pomorski saobraćaj, s blagim učinkom na potrošnju energije i emisija onečišćujućih tvari.

Središnji element u multimodalnom transportu tereta je teretni terminal. Uzimajući u obzir interakcijske redove podsistema, transportni terminal može se opisati u smislu ulaznih transportnih tokova i infrastrukturnih podsistema. Interakcija dvaju ili više načina prijevoza u terminalu otkriva se u pet glavnih oblika - tehničkih, tehnoloških, informacijskih, pravnih i ekonomskih. Pravne - propisi ukazuju na dužnosti, prava i odgovornosti svih korisnika transportnih usluga; odrediti uslove prijevoza tereta. Tehnički - osigurava maksimalno koordinirano raspoređivanje opreme u terminalu kao i funkcionalno spajanje homogene opreme. Glavni zadatak organizacije rada u terminalu - optimizacija svake operacije ponovnog učitavanja i interakcije; učinkovito korištenje načina prijevoza. Informacijski sistemi koji se primjenjuju u upravljanju radnim opterećenjima terminala omogućuju nesmetano informiranje o pojedinim aktivnostima.(A. Jarašūnienė, et al.2015)

Nedavne studije ukazale su na stvarne energetske prednosti multimodalnog transporta u usporedbi s cestovnim, na primjer (Dragu V., 2009):

- Do 29% smanjenje potrošnje energije u kretanju od početne tačke do tačke odredišta;
- Do 30% smanjenja potrošnje energije po kilometru;
- Do 55% smanjenja emisija ugljičnog dioksida za prijevoz između tačke A i tačke B;

- Do 60% smanjenja emisija ugljičnog dioksida po kilometru.

U Tableli 2 također su istaknute neke od prednosti različitih načina prijevoza i manje onečišćenja. To pojačava korisnost multimodalnog transporta kao osnovne varijante kako bi se postigao cilj održive mobilnosti. Nažalost, analiza pokazuje iz perspektive troškova da, neovisno o tome je li riječ o prijevozu robe ili putnika, prema tarifama BiH nacionalnih željeznica ili nekim cestovnim prijevoznicima iz BiH, troškovi cestovnog prijevoza su niži od ostalih (Tabela 3).

Tabela 2. Poređenje učinkovitosti goriva u odnosu na različite načine prijevoza

Način prevoza	Broj prevezenih kontejnera	Potrošnja goriva (kg po TEU.km)	Trajanje (dana)	Cijena po t-km (US dolar)
Pomorski saobraćaj – flota brod i barža sa vlastitim pogonom	120	0.27	22	0.04
Cestovni saobraćaj – tegljač sa prikolicom	1	0.64	2.5	0.3
Željeznički kontejner s 30 vagona	60	1.128	2.5	0.15

Razlika u troškovima između cestovnog saobraćaja i ostalih vidova uglavnom se odnosi na neoporezivanje po fer vrijednosti negativnih učinaka ovog načina prijevoza.

Tabela 3. Poređenje troškova teretnog prijevoza za željeznički i cestovni saobraćaj, u BiH, u 2012. godini

Područje	Novčana jedinica	Željeznički saobraćaj		Cestovni saobraćaj
		Sistem sa dvije osovine	Sistem sa više od dvije osovine	
Domaći	KM/ton	16.3	15.73	7.25
Međunarodni	Euro/ton	16.075	16.075	3.8575
Tranzit	Euro/ton	16.075	16.075	....

Stvaranje učinkovitog multimodalnog transportnog sistema predstavlja važan zahtjev BiH-a politike na tom području, zbog koristi koje može donijeti. Svrha multimodalnog transportnog sistema je nerazdvojiva u vezi s kvalitetom infrastrukture i stepenom interoperabilnosti različitih načina prijevoza. Stoga je učinkovitost multimodalne saobraćajne mreže izravno povezana s investicijskim resursima koji se mogu mobilizirati za nadogradnju i razvoj infrastrukture, kao i opremu i multimodalne prijenosne centre.

Učinkovitost multimodalnog transporta na nacionalnoj razini mogao bi biti pretpostavka za povećanje konkurentnosti bosanskohercegovačke ekonomije u odnosu na druge države Balkana. Kako bi se osigurao skladan gospodarski razvoj, učinkovitost transporta je od vitalnog značaja, budući da ograničenja neobnovljivih resursa i okolišnih uslovima postaju sve teža.

BiH trgovinski deficit temelji se na uvozu nafte i plina, tako da je korisna bilo kakva ekonomska politika koja ima za cilj smanjenje ovisnosti o nafti i smanjenje negativne trgovinske razmjene i konkurentnosti. U toj perspektivi transport ima vitalnu ulogu. Razvoj multimodalnog transporta također je važna alternativa sadašnjim pošiljkama. Koristeći se inteligentnim i učinkovitim, multimodalni prijevoz može proizvesti pozitivne učinke na ekonomskoj i društvenoj razini. Nažalost, u BiH, multimodalnost nije osnovni element u nacionalnom transpornom sistemu. Na nacionalnoj razini ne postoji stvarna komplementarnost između načina prijevoza, uglavnom zbog narušavanja troškova, zbog neuključivanja nekih važnih elemenata, posebice onih koji se odnose na negativne vanjske učinke. Sve dok se internalizacija tih eksternalija ne održava, cestovni prijevoz će i dalje imati prednosti. Primjerice, u 2011. godini na nacionalnoj razini multimodalni transport imao je vrlo nisku poziciju vezanu za kretanje robe, iako su postojali neki elementi za njegovu podršku. U tim okolnostima postaje teško, ako ne i nemoguće, uskladiti nacionalni multimodalni sektor sa zahtjevima Europske unije.

Trenutno, u BiH, multimodalni prijevoz predstavlja neke posebne aspekte:

- Terminalna područja koja su zadržana u državnim poduzećima nemaju potrebne kapacitete za razvoj učinkovite djelatnosti;
- Saobraćajna infrastruktura daleko zaostaje za zahtjevima modernog i učinkovitog saobraćaja;
- Unutarnji transport je vezan samo za uvozne i izvozne poslove, a ne postoji za domaću trgovinu;
- Većina kontejnerskih vlakova posvećena je jednom klijentu;
- Upotreba samo dvaju transportnih sistema na željezničkoj infrastrukturi;
- Koristi se u multimodalnom prijevozu - kontejneri na platformama vagona i specijalizirani vagoni za prijevoz automobila.

Glavni problemi s kojima se susreću operateri multimodalnog prijevoza su:

- Niska razina ulaganja namijenjenih modernizaciji i poboljšanju pristupa infrastrukturi;
- Loše stanje nacionalne željezničke infrastrukture, što dovodi do visokih operativnih troškova;
- Nedostatak prijevoza Ro-La, prvo zbog velikih razlika u troškovima u poređenju s cestovnim prijevozom.

Za reorganizaciju ovog sektora predviđa se nekoliko potrebnih i zamislivih radnji, kao što su:

- Razvoj multimodalnih transportnih terminala u privatnom sistemu, s nižim operativnim troškovima, zahvaljujući brzoj prilagodljivosti zahtjevima tržišta, što može dovesti do povećanja konkurencije na ovom tržištu ;
- Modernizacija postojećih multimodalnih terminala i / ili njihovo vraćanje u službu, uz realizaciju novih;
- Povećana ulaganja u ovaj sektor kroz financiranje projekata u javno-privatnom partnerstvu i putem nepovratnih europskih fondova;
- Pružanje poreznih poticaja za operatore multimodalnog prijevoza i poticaj za ulazak novih „igrača“ na ovo tržište;
- Unapređenje sistema upravljanja kroz usvajanje IT rješenja.

5. ZAKLJUČAK

Mobilnost će se povećati, ali je transportni sektor na „raskrsnici“. Transportni sistem se suočava s velikim izazovima, od kojih je najvažnije, rezerve nafte će pasti tokom sljedećih desetljeća i morat će sve više uvoziti iz nestabilnih regija svijeta. Očekuje se povećanje cijene nafte za najmanje dva do tri puta, do 2050. godine. Aktualni događaji pokazuju ekstremnu nestabilnost cijena nafte.

- Iako je transport postao učinkovitiji u smislu energije, 96% energije u sektoru još uvijek ovisi o naftnim proizvodima;
- Potrebno je drastično smanjiti emisije stakleničkih plinova, pri čemu je prijevoz bitan faktor u tom kontekstu;
- Europski sektor suočen je s sve jačom konkurencijom na globalnim tržištima prijevoza, koja se brzo širi.

Zbog brojnih prednosti koje on predstavlja, kako u ekonomskom smislu, tako i u zaštiti okoliša, multimodalni prijevoz, prema našem mišljenju, predstavlja održivu alternativu sadašnjoj situaciji, koju uglavnom karakterizira duboka neravnoteža između cestovnog saobraćaja i drugih načina prijevoza. Ali ekonomske i društvene implikacije su ogromne. Ako je učinkovitost multimodalne transportne mreže izravno povezana s investicijskim resursima koji se mogu mobilizirati za nadogradnju i razvoj infrastrukture, opreme i terminala za multimodalni prijenos, diversifikacija izvora financiranja bit će izuzetno važna. Dobivanje privatnog kapitala, iz europskih strukturnih i kohezijskih fondova, te postojanje dodijeljenih sredstava u državnom proračunu u tu svrhu, obavezni su uslovi za postizanje predloženih ciljeva.

Kao posljedica toga, ukazujući na doprinos saobraćajne aktivnosti u odnosu na razvoj nacionalnog gospodarstva, u savremenom razdoblju možemo naglasiti da je, kao prvi prioritet, nužno djelovati za provedbu održivog sistema mobilnosti smanjenjem energetske ovisnosti o tradicionalnim gorivima, a istovremeno povećanjem atraktivnosti načina prijevoza koji ne štete okolišu.

Uzimajući u obzir povećanu potrebu za mobilnošću i nizak stepen modernizacije saobraćajne infrastrukture za povoljan razvoj nacionalnog društveno-ekonomskog okruženja, usvojit će se neke prioritetne mjere, među kojima možemo istaknuti:

- Razvoj koherentnog održivog saobraćajnog sistema. Poticanje onih podsistema koji podržavaju procese održivog razvoja. Konkretna mjera je internalizacija vanjskih troškova;
- Razvoj saobraćajnih mreža, sa smanjenim uticajem na okoliš, u regijama gdje je to moguće;
- Uspostava gospodarskih objekata za izgradnju poslovnih ”inkubatora” koji financijski podupiru razvoj / nadogradnju saobraćajne infrastrukture na regionalnoj razini.

Prošli i trenutni stepen gospodarskog razvoja, na lokalnoj i regionalnoj razini, a posebno na nacionalnoj razini, može biti povoljan za budući razvoj nacionalnog saobraćajnog sistema, ali samo ako će se provesti regulatorni okvir koji će se približiti propisima EU-a i sa stvarnim potrebama BiH za sadašnjost i budućnost. Što

se tiče vanjskog saobraćaja, potrebno je podržati interese bosanskohercegovačkih prijevoznika i razvoj tržišta bilateralnim sporazumima ili drugim pravnim instrumentima, ali u skladu s međunarodnim propisima, posebice onima Europske unije.

6. LITERATURA

Aldona Jarašūnienė, Nijolė Batarlienė, Kristina Vaičiūtė, Application and Management of Information Technologies in Multimodal Transportation, 9th International Scientific Conference Transbaltica 2015

Annual Energy Outlook with Projections for 2035, DOE/EIA-0383(2012) , June 2012, http://www.eia.gov/forecasts/aeo/,p.105

British Petroleum, 2012, BP Energy Outlook 2030: Annual Energy Outlook with Projections for 2035, DOE/EIA-0383(2012) , http://www.eia.gov/forecasts/aeo/,p.105,

British Petroleum, 2014, BP Energy Outlook 2035, http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/Energy-Outlook/Energy_Outlook_2035_booklet.pdf, London

European Commission, 2007, Eurobarometer, Attitudes on issues related to EU Transport Policy Analytical Report, Flash Eurobarometer, Brussels

European Commission, 2008, Flash Eurobarometer 206b, The Gallup Organization, EU citizens' perceptions about competition policy, Brussels

European Commission, 2009, Flash Eurobarometer 264, The Gallup Organization, p.11 -p.14, Brussels

European Commission, 2010, EU energy trends to 2030, Update 2009, European Commission Directorate-General for Energy in collaboration with Climate Action DG and Mobility and Transport DG,p.16

European Parliament, Directorate-General FOR Internal Policies, Tranport and turism, 2010, WORKSHOP THE FUTURE OF TRANSPORT

Eurostat, Motorisation rate, 2014, at:

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdpc340&plugin=1

Eurostat, Volume of goods transport relative to GDP, 2014, at:

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdtr230&plugin=1

Eurostat, Volume of passengers transport relative to GDP, 2014, at:

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdtr240&plugin=1

Finley, M. The Oil Market to 2030, Implications for Investment and Policy, http://www.iaee.org/en/publications/eeepjournal.aspx

Geografic mobility in the European Union: Optimising its Economic and Social Benefits, în IZA Reprot 19, 2008, p.4 http://old.mt.ro/nou/_img/documente/rutier_Trim_I_2011.pdf

Mattauch M., Leonard C., 2012, Thematic quidelines. Moving in the right direction, European mobility week, Brusseles, European Info Point, EUROCITIES, Belgium

Rueda S., coord, 2010, Metodology for the development of sustainable mobility plans, Agentia d'Ecologia Urbana de Barcelona-BCneologia,

Samir Saidia, Muhammad Shahbazb, Pervaiz Akhtarc, The long-run relationships between transport energy consumption, transport infrastructure, and economic growth in MENA countries, 2018.

The Future of Mobility in The EU, Note, p.21-22, http://www.europarl.europa.eu/studies

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019

TESTING REVITALIZATION OF WASTE TRANSFORMER OIL IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

ISPITIVANJE REVITALIZACIJE OTPADNOG TRANSFORMATORSKOG ULJA U BOSNI I HERCEGOVINI

Dragiša Đorđić[a], Milan Milotić[b], Slavko Đurić[b]

[a] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradović Square 6, Novi Sad 21000, Serbia, zastitad@gmail.com*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, milan.milotic@sf.ues.rs.ba, slavko.djuric@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *The study presents revitalization test (reduction of the mass fraction of water and increase of dielectric strength) of waste transformer oil (WTO). Revitalization was carried out in the field in the power facilities (substations) such as: Bijeljina, Priboj, Zvornik, Vlasenica and Milici. The mentioned facilities belong to Republika Srpska, i.e. Bosnia and Herzegovina (BiH). The technical and elemental analyses of WTO mixture from the substations indicate a high mass fraction of carbon (C = 86.86%), hydrogen (H = 12.51%) and high inferior calorific value (Hd = 44.124 MJ kg-1). The mass fraction of water in oil in the substations is within the threshold limit values (≤ 20 ppm), while the dielectric strength of oil in the substations Priboj (166 kV cm-1) and Zvornik (146 kV cm-1) are not in compliance with the limit value (≥170 kV cm-1). The results of the WTO revitalization test show that the reduction in the mass fraction of H2O in WTO in the power facilities of Republika Srpska (BiH) ranged from 64.89% in the Milici substation to 76.46% in the Zvornik substation. This resulted in an increase in the dielectric strength of the WTO from 6.67% in the Milici substation to 64.38% in the Zvornik substation. Increase in the value of WTO dielectric strength and the reduction of the value of water content in oil after the treatment in the power facilities (substations) of Republika Srpska (BiH) will improve transformer oil features, insulation properties and substations' operation safety, and thus the environmental impact.*

Key words: *waste, oil, dielectric strength, moisture, environmental protection*

Apstrakt: *U radu je prikazano ispitivanje revitalizacije (smanjenje masenog udela vode i povećanje dielektrične čvrstoće) otpadnog transformatorskog ulja (OTU). Revitalizacija je vršena na terenu u objektima (trafostanicama) i to: Bijeljina, Priboj, Zvornik, Vlasenica i Milići. Svi objekti pripadaju Republici Srpskoj (R. Srpskoj) odnosno Bosni i Hercegovini (BiH). Tehnička i elementarna analiza mešavine OTU iz razmatranih trafostanica ukazuju na visok maseni udeo ugljenika (C=86,86%), vodonika (H=12,51%) i visoku donju toplotnu moć (Hd=44,124 MJ kg^{-1}). Maseni udeo vode u ulju u svim trafostanicama je u granicama dozvoljenih vrednosti (≤20ppm), a dielektrična čvrstoća ulja u trafostanicama Priboj (166 kV cm^{-1}) i Zvornik (146 kV cm^{-1}) nisu u saglasnosti sa graničnom vrednošću (≥170 kV cm^{-1}). Rezultati ispitivanja revitalizacije OTU ukazuju da se redukcija masenog udela H_2O u OTU u razmatranim elektroenergetskim objektima R.Srpske (BiH) kretala od 64,89% u trafostanici Milići do 76,46% u trafostanici Zvornik. To je imalo za posledicu povećanje vrednosti dielektrične čvrstoće OTU od 6,67% u trafostanici Milići do 64,38% u trafostanici Zvornik. Povećanje vrednosti dielektrične čvrstoće OTU i umanjenje vrednosti sadržaja vode u ulju nakon tretmana u razmatranim elektroenergetskim objektima (trafostanicama) R.Srpske (BiH) poboljšaće karakteristike transformatorskog ulja, izolaciona svojstva i bezbednost rada trafostanica, a time i uticaj na životnu sredinu.*

Ključne riječi: *otpad, ulje, dielektrična čvrstoća, vlaga, zaštita životne sredine*

1. UVOD

Otpadna transformatorska ulja (OTU) predstavljaju veliku opasnost po životnu sredinu ako se nepravilno odlažu ili nekotrolisano spaljuju. Ispravno odlaganje ili spaljivanje otpadnih ulja je skup postupak, koji se primenom postupka revitalizacije ulja izbegava, pa je jasno da su prednosti ovog postupka višestruke.

Istraživači iz raznih zemalja bavili su se istraživanjama u oblasti OTU i drugih ulja, ispitivanjima različitih parametara i specifičnosti otpadnih ulja. J. Lukić i saradnici u svom radu su izvršili uporednu analizu procesa regeneracije korišćenog transformatorskog ulja primenom prirodnih i sintetičkih adsorbenata (Lukić i dr., 2005). B. Musulin u radu je prikazala opšte ekološke aspekte korišćenja i odlaganja transformatorskih ulja (Musulin, 1999). S. Shiung Lam i saradnici su istraživali pirolizu otpadnog ulja, te u radu dali rezultate elementarne analize, koji pokazuju da piroliza može biti održiva metoda za reciklažu otpadnog ulja (Lam i dr., 2012). L. R. Lewand u radu je opisao korozivnu ulogu sumpora u transformatorskom ulju, čije prisustvo predstavlja problem, jer može drastično smanjiti dielektričnu čvrstoću izolacije (Lewand, 2002). T. Toudja i saradnici u radu su dali rezultate istraživanja promena fizičko-hemijskih osobina transformatorskih ulja, različitih nivoa degradacije, prema sadržaju vode u ulju, te zaključili da male količine vode u ulju dovode do značajnog smanjenja izolacionog svojstva ulja (Toudja i dr., 2012). B. M. Faqi-Ahmed i K. A. Omar u radu su prezentovali uporednu analizu između fizičkih svojstava nekorišćenih i rerafinisanih ulja, te dali zaključak da se fizička svojstva rerafinisanih ulja neznatno menjaju u odnosu na nekorišćena ulja (Faqi-Ahmed i Omar, 2017). L. Starkey Ott sa svojim saradnicima je istraživala karakteristike nekorišćenih i korišćenih otpadnih ulja. Dobijeni rezultati ukazuju na mogućnost korišćenja mešavina ulja u procesima sagorevanja kod dizel motora (Starkey i dr., 2010). V. Mohta i saradnici M. Basavaraj i M. Tech u radu su istraživali mogućnost ponovnog korišćenja OTU, kao mogućeg izvora energije za pokretanje malih motora (Mohta i dr., 2015). Md Nurun Nabi i saradnici su u radu istraživali podobnost za korišćenje OTU kao alternativnog goriva za dizel motore (Nabi i dr., 2013), K. Naima i A. Liazid u radu daju prikaz korišćenja otpadnog ulja, kao goriva za dizel motore (Naima i Liazid, 2013), a E. Saidulu i G. S. Guru Dattatreya su u svom radu istraživali karakteristike i emisije OTU kao alternativnog goriva takođe za dizel motore (Saidulu i Dattatreya, 2015).

Jedan od osnovnih zaključaka je da se efikasnost ispitivanog dizel motora poboljšava sa korišćenjem mešavine OTU - dizel gorivo. F. Dalla Giovanna i saradnici su objavili Zbirku tehnologija regeneracije otpadnih ulja u organizaciji „International centre for science and high technology, United Nations, Industrial development organization“ (Giovanna i dr., 2003). U ovoj zbirci je naglašeno da postoje dva bitna pitanja koja treba rešiti i to: potreba za efikasnim tehnologijama revitalizacije ulja i nedostatak realizacije optimalnog upravljanja otpadnim uljem. Ovo predstavlja cilj istraživanja u ovom radu, jer je posebno važan za Bosnu i Hercegovinu (BiH) i druge zemlje u razvoju.

2. MATERIJALI I METODE

2.1 Materijali

Otpadno transformatorsko ulje iz elektroenergetskih objekata koji pripadaju radnim jedinicama elektrodistributivnih preduzeća R. Srpske (BiH) korišćeno je kao eksperimentalni uzorak. Karakteristike (tehnička i elementarna analiza) uzorkovanog OTU prikazane su u tabeli 1. Analiza OTU urađena je u Centralnoj ispitnoj laboratoriji „INA-industrija nafte“ d.d. Zagreb (INA, 2017).

Poređenjem OTU iz elektrodistributivnih preduzeća sa OTU (Behera i Murugan, 2013) i dizel gorivom (Behera i Murugan, 2013) može se uočiti usaglašenost masenih udela C, H i H_d. Prisustvo kiseonika u OTU od 0,55% i OTU (Behera i Murugan, 2013) od 0,44%, prikazano u tabeli 1, može bolje pospešiti sagorevanje mešavine vazduha i goriva u dizel motorima.

Tabela 1. Tehnička i elementarna analiza OTU i drugih goriva

Tehnička i elementarna analiza	OTU Trafostanice R. Srpska	OTU[b] (Behera i Murugan, 2013)	Dizel (Behera i Murugan, 2013)
Ugljenik (C)	86,86	89,95	86,50
Vodonik (H)	12,51	9,19	13,20
Azot (N)	0,02	0,03	0,18
Sumor (S)	0,06	0,35	0,30
Kiseonik (O)[a]	0,55	0,44	0,00
Pepeo (A)	0,00	0,00	n.o.
Vlaga (W)	0,0015	0,04	n.o.
Donja toplotna moć ($MJ\ kg^{-1}$)	44,124	39,270	44,800

[a] Razlika; [b] transformatorsko ulje; n.o.-nije određeno

U tabeli 2 prikazane su vrednosti dielektrične čvrstoće i vrednosti sadržaja vode u OTU, uporedo sa godinama starosti, po objektima elektrodistributivnih preduzeća R. Srpske (BiH).

Tabela 2. Dielektrična čvrstoća i sadržaj vode (vlage) OTU u objektima (trafostanicama) R.Srpske (BiH)

Objekti u R. Srpskoj Trafostanica 35 (*kV*) 10^{-1} (kV^{-1})	Dielektrična čvrstoća OTU ($kV\ cm^{-1}$)	Maseni udeo H_2O u OTU (*ppm*)	Starost objekata (trafostanica) (*god*)
Bijeljina	188	14,78	40
Priboj	166	12,42	37
Zvornik	146	16,44	51
Vlasenica	176	15,71	67
Milići	225	10,71	43

2.2 Aparatura i procedure

Prilikom ispitivanju dielektrične čvrstoće OTU korišćen je uređaj „ELRAJ“ (tabela 3 i slika 1), a ispitivanje je urađeno prema preporukama Međunarodne elektrotehničke komisije IEC 156 i standardima SRPS N.A5.014, SRPS EN 60156.

Uzorci transformatorskog ulja uzeti su iz donjeg nivoa transformatora u posudu zapremine 5l, a iz ove posude pakuju se u posude zapremine 1l . Zatim se iz ovih posuda sipa transformatorsko ulje u ispitnu ćeliju (slika 1 b), zatvara se bezbednosni poklopac, te se pritiskom tastera startuje proces dielektričnog ispitivanja transformatorskog ulja u uređaju. Prilikom postupka ispitivanja naizmenični napon je priključen na elektrodama uređaja i počev od nule ravnomerno se povećava, sve do vrednosti koja izazove preskok, što se manifestuje i uočava zaustavljanjem kazaljke na određenoj vrednosti skale mernog dela uređaja, izražene u kV cm^{-1}, a to predstavlja vrednost dielektrične čvrstoće ispitanog uzorka ulja, koja se vizuelno očitava i beleži. Radi pouzdanosti merenja ispitivanje je ponovljeno pet puta sa istim punjenjem ćelije. Prvo uključivanje napona treba obaviti 10 minuta posle punjenja ćelije, pod uslovom da više nema vazdušnih mehurića u ulju. Za naredna ispitivanja napon se ponovo uključuje jedan minut posle iščeznuća svih vazdušnih mehurića. Posle svakog preskoka ulje treba polako promešati između elektroda uz pomoć čiste i suve staklene šipke, izbegavajući stvaranje vazdušnih mehurića.

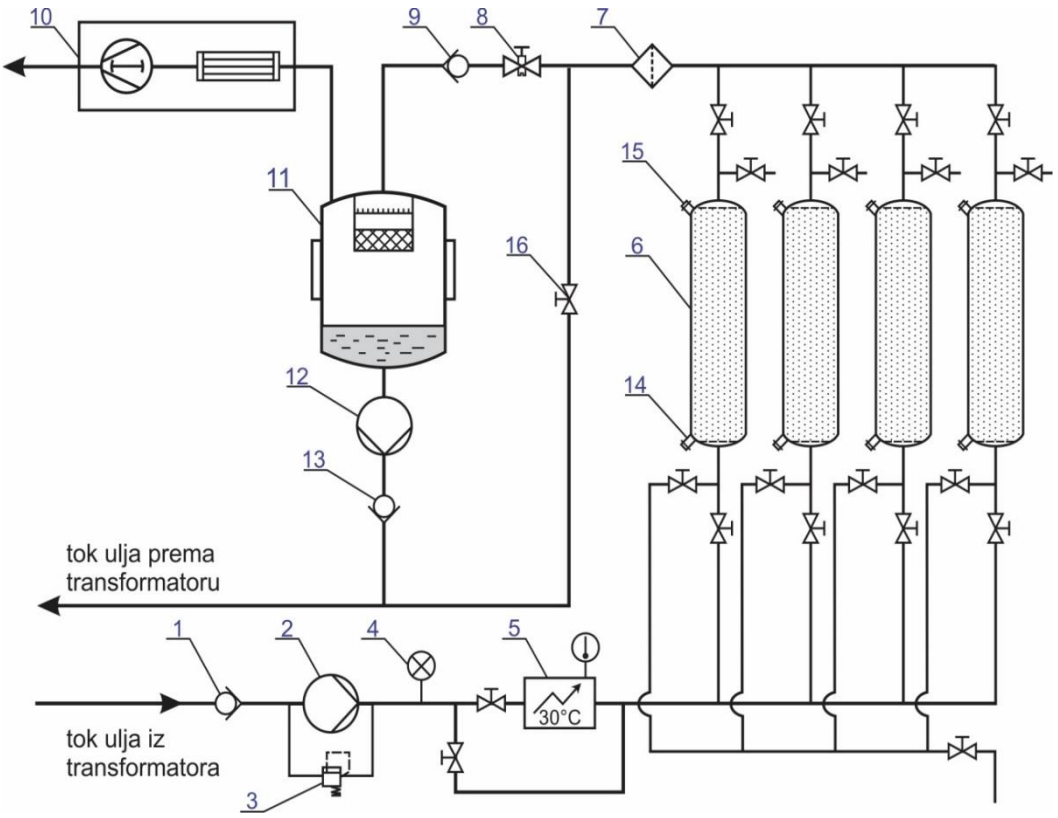
Tabela 3. Osnovne karakteristike uređaja „ELRAJ“

Parametar uređaja	Vrednost
Snaga (W)	800
Napon (V)	220
Frekvencija (Hz)	50
Opseg merenja ($kV\ cm^{-1}$)	0-240
Greška merenja (%)	± 1,5

a) b)

Slika 1. a) Uređaj za ispitivanje dielektrične čvrstoće OTU, b) Ispitna ćelija

Procedura odstranjivanja vode iz OTU (revitalizacija ulja) obuhvata sušenje ulja u postrojenju za revitalizaciju (slika 2). Revitalizacija je vršena na terenu u objektima (trafostanicama). Ulje iz transformatora pomoću uljne pumpe (2) prolazi kroz sudove sa adsorbentom (6) i kroz fini mehanički filter (7), vakum komoru (11) i izlazne uljne pumpe (12) revitalizovano vraća se ponovo u transformator. Izdvojena vlaga iz vakum komore se pomoću vakum pumpe (10) odvodi iz postrojenja. Adsorbenti su čvrste granule od sintetičkih materijala prečnika od 1,5-2,0 mm. Nakon procesa revitalizacije ulja u postrojenju granule adsorbenta se reaktiviraju i mogu se koristiti za ponovnu upotrebu (Pantić i Mirosavljević, 2005). Čitav proces revitalizacije ulja obavlja se pri ambijentalnoj temperaturi.



Slika 2. Funkcionalna šema postrojenja za revitalizaciju OTU

(1) – nepovratni ventil, (2) – ulazna uljna pumpa, (3) – zaštitni by-pass ventil , (4) – manometar, (5) – el. grejač , (6) – sud sa adsorbentom , (7) – mehanički filter, (8) – elektro-ventil, (9) – nepovratni ventil, (10) – vakuum pumpa sa kondenzatorom vlage, (11) – vakuum komora, (12) – izlazna uljna pumpa, (13) – nepovratni ventil, (14) – donji priključak suda, (15) – gornji priključak suda, (16) – loptasti ventil

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 4 i tabeli 5 prikazani su rezultati merenja vrednosti sadržaja vode u OTU i vrednosti dielektrične čvrstoće OTU, pre i posle tretmana revitalizacije OTU iz elektroenergetskih objekata R. Srpske (BiH). Najmanja vrednost masenog udela H_2O (10,71ppm) zabeležena je za OTU iz trafostanice Milići, a najveća vrednost masenog udela H_2O (16,44ppm) za OTU iz trafostanice Zvornik. Srednja vrednost masenog udela H_2O u OTU iznosi 14,01ppm. Koeficijent varijacije od 16,92% ukazuje na prilično odstupanje masenih udela vode od srednje vrednosti što može nepovoljno da utiče na dielektričnu čvrstoću OTU.

Najmanja vrednost dielektrične čvrstoće (146 kV cm^{-1}) zabeležena je za OTU iz trafostanice Zvornik, a najveća vrednost dielektrične čvrstoće (225 kV cm^{-1}) za OTU iz trafostanice Milići. Srednja vrednost dielektrične čvrstoće razmatranih OTU iznosi 180,20 kV cm^{-1}. Koeficijent varijacije od 16,32% ukazuje na prilično odstupanje vrednosti dielektrične čvrstoće OTU od srednje vrednosti što može nepovoljno da utiče na sam rad transformatora u trafostanicama.

Poređenjem masenih udela H_2O u OTU i dielektrične čvrstoće OTU razmatranih elektrodistributivnih preduzeća sa graničnim vrednostima (GV) (sadržaj vode u OTU $\leq$20 ppm, a vrednost dielektrične čvrstoće OTU$\geq$170 kV cm^{-1} (Pantić i dr., 2011)) uočava se da je dielektrična čvrstoća OTU trafostanica u Priboju (166 kV cm^{-1}) i Zvorniku (146 kV cm^{-1}) manja od propisane GV dielektrične čvrstoće ulja od 170 kV cm^{-1}. Praktična iskustva ukazuju da ako bilo koja karakteristika (sadržaj vode u ulju ili dielektrična čvrstoća ulja) nije u saglasnosti sa GV, potrebno je uraditi delimičnu ili potpunu revitalizacije OTU. To je veoma važno za siguran i stabilan rad transformatora, kao i za zaštitu životne sredine.

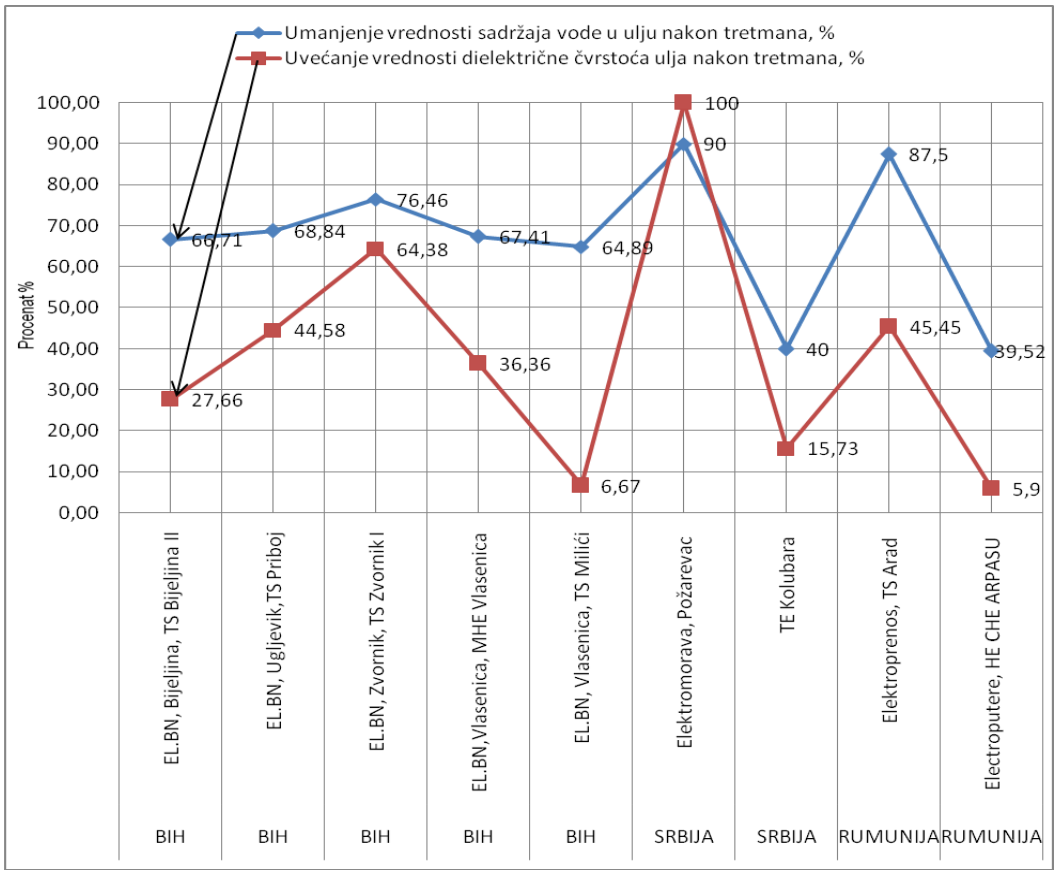
Tabela 4 . Maseni udeli H_2O u OTU pre i posle revitalizacije

Elektrodistributivna preduzeća (trafostanice) u R. Srpskoj (BiH)	Maseni udeo H_2O u OTU pre revitalizacije (*ppm*)	Maseni udeo H_2O u OTU posle revitalizacije (*ppm*)
Bijeljina	14,78	4,92
Priboj	12,42	3,87
Zvornik	16,44	3,87
Vlasenica	15,71	5,12
Milići	10,71	3,76

Tabela 5. Dielektrična čvrstoća OTU pre i posle revitalizacije

Elektrodistributivna preduzeća (trafostanice) u R. Srpskoj (BiH)	Dielektrična čvrstoća OTU pre revitalizacije ($kV\ cm^{-1}$)	Dielektrična čvrstoća OTU posle revitalizacije ($kV\ cm^{-1}$)
Bijeljina	188,00	>240,00
Priboj	166,00	>240,00
Zvornik	146,00	>240,00
Vlasenica	176,00	>240,00
Milići	225,00	>240,00

Na slici 3 prikazana je grafička zavisnost redukcije vode u OTU i povećanja vrednosti dielektrične čvrstoće OTU posle tretmana revitalizacije u objektima (trafostanicama) u R. Srpskoj (BiH), Srbiji i Rumuniji (Pantić i dr., 2011) izražene u procentima. Redukcija masenog udela H_2O u OTU nakon tremana u elektroenergetskim objektima R.Srpske (BiH) kretala se od 64,89% u trafostanici Milići do 76,46% u trafostanici Zvornik. Uvećanje vrednosti dielektrične čvrstoće transformatorskog ulja nakon tretmana u elektroenergetskim objektima R. Srpske kretalo se od 6,67% u trafostanici Milići, do najboljeg efekta revitalizacije od 64,38% u trafostanici Zvornik (slika 3).



Slika 3. Promene vrednosti dielektrične čvrstoće transformatorskog ulja i sadržaja vode u ulju, posle tretmana revitalizacije u elektroenergetskim objektima R. Srpske (BiH), Srbije i Rumunije

Povećanje vrednosti dielektrične čvrstoće transformatorskog ulja i umanjenje vrednosti sadržaja vode u ulju nakon tremana u razmatranim trafostanicama elektroenergetskih objekata R. Srpske (BiH) poboljšaće karakteristike transformatorskog ulja, izolaciona svojstva i bezbednost rada trafostanica.

Promene vrednosti dielektrične čvrstoće i sadržaja vode u transformatorskom ulju, nakon tremana, u elektroenergetskim objektima u Srbiji su imale nešto bolje rezultate u odnosu na R. Srpsku (BiH) i Rumuniju, čime su značajnije poboljšana izolaciona svojstva transformatorskog ulja koja se koriste i sam rad trafostanica.

4. ZAKLJUČAK

Otpadno transformatorsko ulje iz elektroenergetskih objekata koji pripadaju radnim jedinicama elektrodistributivnih preduzeća R. Srpske (BiH) korišćeno je kao eksperimentalni uzorak. Poređenjem OTU iz razmatranih elektrodistributivnih preduzeća sa OTU (Behera i Murugan, 2013) i dizel gorivom (Behera i Murugan, 2013) može se uočiti usaglašenost masenih udela C, H i H_d. Za razliku od drugih prikazanih goriva prisustvo kiseonika u OTU trafostanica R. Srpske od 0,55% i OTU (Behera i Murugan, 2013) od 0,44% može bolje pospešiti sagorevanje mešavine vazduha i goriva u dizel motorima.

Ispitivanja vrednosti dielektrične čvrstoće OTU iz elektroenergetskih objekata elektrodistributivnog preduzeća R. Srpske (BiH) ukazuju da se maseni udeo H_2O u ulju kreće od 10,71ppm (trafostanica Milići) do 16,44ppm (trafostanica Zvornik), a dielektrične čvrstoće od 146 kV cm^{-1} (trafostanica Zvornik) do 225 kV cm^{-1} (trafostanica Milići).

Posle tretmana OTU (revitalizacije) redukcija masenog udela H_2O u elektroenergetskim objektima R.Srpske (BiH) kretala se od 64,89% u trafostanici Milići do 76,46% u trafostanici Zvornik. Uvećanje vrednosti dielektrične čvrstoće transformatorskog ulja nakon tremana u elektroenergetskim objektima kretalo od 6,67% u trafostanici Milići do 64,38% u trafostanici Zvornik.

Promene vrednosti dielektrične čvrstoće i sadržaja vode u transformatorskom ulju, nakon tremana, u elektroenergetskim objektima u Srbiji su imale nešto bolje rezultate u odnosu na R. Srpsku (BiH) i Rumuniju. Povećanje dielektrične čvrstoće revitalizovanog OTU kretalo se u intervalima: Rumunija od 5,90% do 45,45%, R. Srpska (BiH) od 6,67% do 64,38% i u Srbiji je zabeleženo značajnije uvećanje od 15,73% do 100,00% .

Smanjenje vrednosti sadržaja vode u transformatorskom ulju nakon tremana u elektroenergetskim objektima se kretalo: u Rumuniji od 39,52% do 87,50%, u R. Srpskoj (BiH) od 64,89% do 76,46%, a u Srbiji je zabeleženo najznačajnije umanjene od 40,00% do 90,00%.

Dielektrična čvrstoća transformatorskog ulja u najvećem broju elektroenergetskih objekata R. Srpske i Bosne Hercegovine ima trend smanjenja, što je veoma nepovoljno, kada se ima u vidu činjenica da bezbednost rada transformatora, a time i uticaj na životnu sredinu, direktno zavisi od dielektrične čvrstoće transformatorskog ulja. Takođe, starosna struktura transformatora, instalisanih po trafostanicama i drugim objektima, je veoma nepovoljna. Zbog toga je neophodno raditi revitalizaciju ili druge tretmane transformatorskih ulja, radi produženja životnog veka transformatora i povećanja sigurnosti njihovog rada, te zaštite životne i radne sredine.

5. LITERATURA

Behera, P., & Murugan, S. (2013). Combustion, performance and emission parameters of used transformer oil and its diesel blends in a DI diesel engine. Fuel, 104, 147-154.

Faqi-Ahmed, M. B., & Omar A. K. (2017). Comparative study between physical properties of virgin oil and re-refining oil. Open access library journal, 4.

Giovanna, F. D., Khlebinskaia, O., Lodolo, A., & Miertus S. (2003). Compendium of used oil regeneration technologies. United Nations industrial development organization, International centre for science and high technology, Trieste.

INA (2017). Izvještaj o ispitivanju i mjerenju, Laboratorija za ispitivanje voda, ugljovodonika i materijala, Zagreb.

Lam, Sh. S., Russell, D. A., Lee, L. Ch., & Howard, A. (2012). Chase a microwave - heated pyrolysis of waste automotive engine oil: Influence of operation parameters on the yield, composition, and fuel properties of pyrolysis oil. Fuel, 92, 327–339.

Lewand, R. L. (2002). The role of corrosive sulfur in transformers and transformer oil. Doble Engineering Company USA.

Lukić, J., Drakić, K., Radin, V. & Ivančević, V. (2005). Uporedna analiza efekata regeneracije korišćenih transformatorskih ulja primenom prirodnih i sintentičkih adsorbenta na bazi alumino-silikata. Elektrotehnički institut "Nikola Tesla" Beograd.

Mohta, V., Basavaraj, M., & Tech, M. (2015). Preparation of alternative fuel from waste transformer oil and studying performance charachteristics on diesel engine for different blends. International Research Journal of Engineering and Technology, 2.

Musulin, B. (1999). Ekološki aspekti korištenja i odlaganja transformatorskih ulja. Međunarodna konferencija za velike električne sisteme, četvrto savjetovanje, Cavtat, 21-27.

Nabi, N., Akhter, S., & Rahman, A. (2013). Waste transformer oil as an alternative fuel for diesel engine. 5th BSME International Conference on Thermal Engineering. Procedia Engineering, 56, 401-406.

Naima, K., & Liazid, A. (2013). Waste oils as alternative fuel for diesel engine: A review. Journal of petroleum technology and alternative fuels, 4(3), 30-43.

Pantić, D., Radosavljević, R., & Pantić, V. (2011). Sušenje i revitalizacija izolacije energetskih transformatora na terenu u beznaponskom stanju i tokom rada na mreži. JUKO CIGRE, Beograd, 2-8.

Pantić, V., & Mirosavljević, B. (2005). Produženje životnog veka i povećanje sigurnosti rada energetskih transformatora adsorpcijom produkata starenja. JUKO CIGRE, Beograd, 2-5.

Saidulu, E., & Dattatreya, G. S. G. (2015). Performance evaluation and emission characteristics of a waste transformer oil as an alternative fuel for diesel engine. International journal of emerging trends & technology in computer science, 4, 33.

Starkey, O. L., Beverly, L. S., & Thomas, J. B. (2010). Composition-explicit distillation curves of waste lubricant oils and resourced crude oil: A diagnostic for re-refining and evaluation, Physical and chemical properties division. American journal of Environmental sciences, 6 (6), 523-534.

Toudja, T., Nacer, A., Moulai, H., Khelfane, I., & Debche A. (2012). Physico-chemical properties of transformer mineral oils submitted to moisture and electrical discharge. International conference on renewable energies and power quality, Santiago de Compostela, 945-950.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

DIVERSIFICATION OF GAS TRANSPORTATION ROUTES AND SOURCES FOR GAS HUB BALKAN

Roumen A. Ivanov[a]

[a] *Higher School of Transport 'T. Kableshkov', 158 Geo Milev Str., Sofia 1574, Bulgaria, rang75@hotmail.com*

Apstract: *Objectives The report reviews different gas supply routes for Republic of Bulgaria and conversion the Republic of Bulgaria into an energy center by building gas pipelines Russia-Black sea-Turkey-Bulgaria, Azerbaijan-Georgia-Black Sea-Bulgaria, Turkmenistan-Azerbaijan-Georgia-Black Sea-Bulgaria, Iran-Armenia-Georgia-Black Sea-Bulgaria, Israel-Mediterranean sea-Greece-Bulgaria and gas interconnectors with neighbor countries. Approach Case study of gas transportation routes and sources for gas hub Balkan. Results The research made by the author shows that gas pipeline between Georgia-Black sea-Bulgaria with diameter of 1220mm and length of 1400km will provide almost 3 times more gas in comparison with a same pipeline with diameter of 810mm and length of 1200km. Contribution Building of a gas distribution center on the territory of Bulgaria will improve energy security and geopolitical influence of the region.*

Key words: *gas pipeline, building pipelines, energy center*

1. INTRODUCTION

To be a gas energy center, Republic of Bulgaria must receive gas from at least three sources. At present, there are no gas reserves in the Republic of Bulgaria in volumes that can satisfy the demand in the country and the region. The geostrategic location of country is a prerequisite for searching for opportunities for directing gas pipelines to the territory and region of the Balkan Peninsula. The establishment of a gas distribution center (gas hub) on the territory of the Republic of Bulgaria will be a guarantee for the security of supply to the end users.

It is a real prospect for the country to participate in the construction of sea and river terminals for liquefied natural gas in the Mediterranean Sea and the Danube River. Some of the main liquefied gas suppliers are from the Mediterranean region and we can get gas from there. For Bulgaria with high priority is the construction of a gas hub "Balkan", in which will receive gas from marine gas pipelines, ground gas pipelines, liquefied gas terminals and local extraction.

The construction of new gas marine corridors will lead to new models for marine transportation. According to the concept of "South Stream", four pipes of 15 billion cubic meters had to supply directly through the Black Sea natural gas on Bulgarian territory. The Republic of Bulgaria has the real opportunity to participate in the construction of new pipelines and to be a European Energy Center. These new pipelines, which are at the core of the new gas corridors, are: Russia – Black Sea – Turkey – Bulgaria, Azerbaijan – Georgia –Black Sea – Bulgaria, Iran – Armenia – Georgia – Black Sea – Bulgaria, Turkmenistan – Azerbaijan – Georgia – Black Sea – Bulgaria and Israel – Mediterranean Sea– Greece – Bulgaria. In addition, large amounts of gas can be transported along the Southern Gas Corridor.

Above described corridors should be embedded in a new strategy for the diversification of natural gas sources for Bulgaria. It is of paramount importance for the country to participate in major geopolitical and energy projects that guarantee energy independence and the creation of conditions for security of supply is a priority in the EU pipeline transport strategy. Another important task is to define the business model for trading with new gas quantities.

The BRUA gas pipeline (Bulgaria – Romania – Hungary – Austria), whose construction has already begun and Eastring gas pipeline, which aims to connect the Czech Republic, Slovakia, Romania, Bulgaria will increase energy safety of countries through stable supply of natural gas (Mišík & Nosko, 2017).

2. METHODS

Transport corridors are at the heart of building economic integration between countries. These corridors include different modes of transport, including pipeline transport. In addition to economic factors, other factors such as relief, lakes, swamps, archaeological monuments, minerals, population safety near the pipeline. Geopolitical factors are also taken into account in the selection of suitable routes (Valiyev, 2014). Specific risks associated with the implementation of projects in the construction of transport infrastructure must be identifying, evaluating and managing (Ananiev & Milikina, 2014). For example, blasting of the Baku-Tbilisi-Erzurum gas pipeline in the Turkish province of Kars, blasting the pipeline by which Turkey receives gas from Iran in the province of Agri, the explosion of the Iranian oil pipeline in Turkey and the gas pipeline in Yemen are events that worry prospective investors in large gas projects.

When building new gas pipelines a temporary road is constructed according the concepts given in (Nikolov & Gadzhov, 2012), (Nikolov, 2012).

The Republic of Bulgaria is among countries which are vulnerable to the occurrence of disruption of gas. The 2008/2009 Ukraine gas crisis shows that Bulgaria is one of the most insecure European countries, which depends of external gas supplies. For that reason is proposed reverse-flow transactions on the transit pipelines to Greece and Turkey and building a new gas interconnector pipeline with Greece (Silve & Noel, 2010).

Building a marine gas pipelines has long history–"North Stream" in the Baltic Sea, "Blue Stream" in the Black Sea, "Green Stream" in the Mediterranean Sea, "Medgaz" in the Mediterranean Sea, "Langeled" in the North Sea, etc. The construction of marine gas pipelines is faster than a similar construction work on land. Their life is usually more than 50 years.

Now days Iran, India and Oman are currently planning to build a 1400-kilometer marine gas pipeline to supply natural gas to the Indian market.

Crossing the Black Sea route saves annual transit fees. In addition to the financial benefit of the Black Sea bottom gas pipeline, the risks of deliberate explosion of gas pipelines through politically unstable territories are avoided.

In the design of marine gas pipelines it is very important to provide working pressure at the end point of the pipeline, which can be calculated by (Tetelmin & Yazev, 2008):

$$P_E^2 = P_B^2 - \frac{16.\lambda.G^2.Z.R.T.L}{\pi^2.d^5}, \qquad (1)$$

where the following notation are used:

L- pipeline length

d- inside diameter

P_E - pressure at the end point(outlet pressure)

P_B - pressure at the beginning point(inlet pressure)

λ - coefficient of hydraulic friction

G- volumetric flow

Z- gas compressibility

R- gas constant

T- gas temperature

The hydraulic diameter has the greatest influence on the final pressure and this is an important indicator in the design of the pipelines.

3. REZULTS

When choosing new gas corridors, experience accumulated so far can be used. The marine gas pipeline North Stream connecting Russia and Germany is 1224km long and has a working pressure at the starting point of 220 bar and at the end point of 106 bar. The maximum depth is 210m.

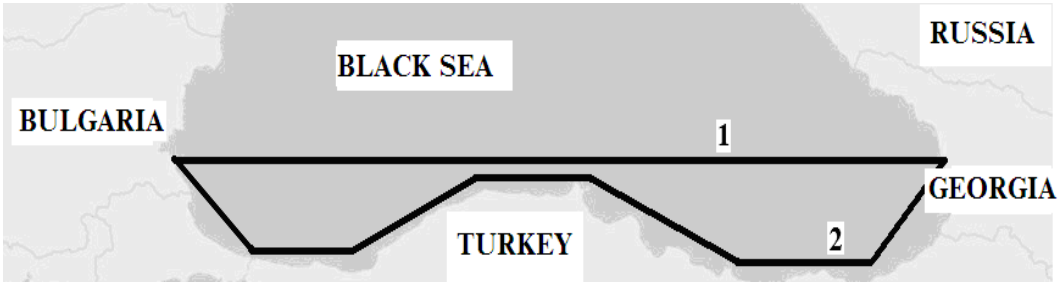


Figure 1. New corridor between Georgia and Bulgaria (Ruseva & Ivanov, 2018)

This experience can also be applied to a new corridor between Georgia and Bulgaria. In this case, the pipeline can be laid in a straight line (№1), but at a greater depth (fig.1). Another option is near the shore, at a depth close to that of Nord Stream (№2). Indicators of linear route paths are actual length, geodetic length and absolute elongation. For option 1, the actual length and geodetic length are the same and the distance between the two endpoints is nearly 1200km. For variant 2 the distance between the two endpoints is nearly 1400km, but we can use pipes with larger diameter. Using formula (1) we can calculate that a pipeline with diameter of 1220mm and length of 1400km will provide almost 3 times more gas in comparison with a pipeline with diameter of 810mm and length of 1200km.

When designing new transport infrastructure is important to make dynamic transportation model (Babunska-Ivanova, 2015).

The following gas transportation routes and sources for gas hub Balkan can be summarized in following corridors:

- **Corridor №1.** Russia – Black Sea – Turkey – Bulgaria
  This is well known “Turkish stream”. There are also probability the pipe to pass directly throwing Bulgaria via Black sea and in this case this will be “South stream”.
- **Corridor №2.** Iran – Armenia – Georgia – Black Sea – Bulgaria
  This gas pipeline can be built from Iran's gas fields on the territory of the country to the Iranian city of Tabriz. From the city of Tabriz, the route could duplicate that of the existing gas pipeline to the Armenian city of Megri and thence to Georgia. The pipe passes through the Black Sea and reaches the Bulgarian territory.
- **Corridor №3.** Azerbaijan – Georgia – Black Sea – Bulgaria
  This gas pipeline can be built on the existing route of the Baku-Supsa pipeline and thence through the Black Sea to Bulgaria. The length of its sea section is about 1200 km. This is actually part of the Silk Road. The project for the Trans-Caspian pipeline envisages the transfer of natural gas from Turkmenistan to Europe on the seabed through the territory of Azerbaijan.
- **Corridor №4.** Turkmenistan – Azerbaijan – Georgia – Black Sea – Romania
  This pipeline is known as the "White Stream". Its goal is to transfer up to 32 billion cubic meters gas per year through the Black Sea to Romania, as part of the transported gas can be delivered through a diversion to Bulgaria.
- **Corridor №5.** Israel – Mediterranean Sea – Greece – Bulgaria
  The EastMed gas pipeline is planned to connect Israel-Mediterranean sea-Greece-Italy. A part of the transported gas can be delivered from Greece through a diversion to Bulgaria.
- **Corridor №6.** Southern gas corridor
  Nowadays this corridor is already built (TANAP) and it is ready to supply not only Bulgaria, but many eastern and central European countries with gas.

4. DISCUSSION

Where possible, the routes of the new gas pipelines should be of the smallest length. For comparison the TANAP pipeline length that passes through Turkish territory to Bulgarian border is about 1900km. Crossing the pipeline through the Black Sea is much more efficient due to the smaller length, some risks, and the lack of payment of fees to some of the transit countries.

5. CONCLUSION

This article presents the diversification of gas transportation routes and sources for gas hub Balkan.

The aforementioned gas transportation routes, which are considered in various specialized sources and media, require a detailed technical and economic assessment. We can transform the Republic of Bulgaria into a gas energy center by preliminary feasibility study for directing gas corridors to the territory of the country. Future research should include and analysis of the economic efficiency of the possibilities to import liquefied natural gas from different places e.g. Georgia's Black Sea coast or from town of Alexandroupolis. The participation of Republic of Bulgaria to build the liquefied gas terminal at the Alexandroupolis seaport will give the opportunity to receive gas from Qatar, Egypt, United States and other countries.

The present article could be useful to practicing engineers in this field of research.

The guidelines for future research are the explore for new gas corridors and fields that can be used to diversify gas supplies.

6. REFERENCES

Ananiev, V., & Milikina, A. (2014). Analysis and risk management in project implementation for construction of transport infrastructure, Mechanics, Transport, Communication, volume 12, issue 3/3, art.1044, p.III-1÷III-7, ISSN 1312-3823, (in Bulgarian)

Babunska-Ivanova, N. (2015). Creation of dynamic engineering model for design of transport infrastructure, Mechanics, Transport, Communication, volume 13, issue 3/3, art. 1222, p. VIII-28÷VIII-33, ISSN 2367-6620 (in Bulgarian)

Mišík, M., & Nosko, A. (2017). The Eastring gas pipeline in the context of the Central and Eastern European gas supply challenge, Nature Energy 2.

Nikolov, V., & Gadzhov, I. (2012). Handbook for Road Design, First edition, Sofia.

Nikolov, V. (2012). Design and Construction of Roads, Higher School of Transport "T. Kableshkov", Sofia (in Bulgarian).

Ruseva, P., & Ivanov, R. (2018). Strategy for conversion the republic of Bulgaria in gas energy center, "Young Forum", "Mechanics, Transport, Communications", volume 7, issue 1, art.1585, ISSN 2367-6558 p.V-1÷V-3, (in Bulgarian)

Silve, F., & Noel, P. (2010). Cost Curves for Gas Supply Security: The Case of Bulgaria, EPRG Working Paper 1031, Cambridge Working Paper in Economics 1056.

Tetelmin, V., & Yazev, V. (2008). Oil and gas pipelines (in Russian), Moskow, Sains-Press

Valiyev, A. (2014). Azerbaijan's Balancing Act in the Ukraine Crisis, PONARS Eurasia Policy Memo No. 352.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

REFLEXION OF FIXED COSTS ON BUSINESS RESULT AND RISK OF ACHIEVEMENT OF THE BUSINESS PROFIT OF THE COMPANY

REFLEKSIJA FIKSNIH RASHODA NA POSLOVNI REZULTAT I RIZIK OSTVARENJA POSLOVNOG DOBITKA PREDUZEĆA

Slobodan Subotić[a], Živko Erceg[a], Irena Đalić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, slobodan.subotic@sf.ues.rs.ba, zivko.erceg@sf.ues.rs.ba, irena.djalic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *The development of the market economy has led to a significant shift in the approach to the financial management of transport companies and the change in the basic economic settings in the management of financial flows. Starting from this fact, and using rationalistic methods of analysis and comparisons, in this paper was done practical processing and analysis of the structure of total revenues and total costs of the selected company in the field of transport. The focus of the analysis is focused on the level of business, financial and other revenues and costs in the observed five-year period. The aim of the research is to point out the importance of the impact of fixed costs on the business result of a transport company and identify the causes that led to fixed costs which reaching significantly higher values than normal ones. In this regard, there is analysis of the risk of achieving the financial result and the it was established factors of business risk, financial risk and overall risk in conditions when the margin of coverage is insufficient to cover the costs of the period, or when the company receives a loss from regular business activity.*

Key words: *fixed costs, business result, business risk*

Apstrakt: *Razvoj tržišne ekonomije je doveo do bitnog zaokreta u pristupu finansijskom menadžmenu saobraćajnih preduzeća i promjene temeljnih ekonomskih postavki u upravljanju finansijskim tokovima. Polazeći od ove činjenice, a koristeći racionalističke metode analize i komparacije, u radu je izvršena praktična obrada i analiza strukture ukupnih prihoda i ukupnih rashoda odabranog preduzeća iz oblasti saobraćaja. Težište analize je usmjereno na visinu poslovnih, finansijskih i ostalih prihoda i rashoda u posmatranom petogodišnjem periodu. Cilj istraživanja je da se ukaže na važnost uticaja fiksnih rashoda na poslovni rezultat saobraćajnog preduzeća i identifikuju uzroci koji su doveli da fiksni rashodi dostignu znatno veće vrijednosti u odnosu na normalne. S tim u vezi je urađena analiza rizika ostvarenja finansijskog rezultata i utvrđeni faktori poslovnog rizika, finansijskog rizika i ukupnog rizika u uslovima kada je marža pokrića nedovoljna da pokrije rashode perioda, odnosno kada preduzeće ostvaruje gubitak iz redovne poslovne aktivnosti.*

Ključne riječi: *fiksni rashodi, poslovni rezultat, poslovni rizik.*

1. UVOD

Saobraćaj kao privredna delatnost stimuliše razvoj industrije obavljajući funkciju prevozioca masovnih količina roba. Saobraćaj znatno utiče i na ubrzanje obrta sredstava. Poboljšanjem brzine kretanja, redovošću i sigurnošću doprinosi da se sredstva koja su uložena u proizvodnju proizvoda i usluga što prije vrate iz procesa prometa u proces proizvodnje. Ukupan prihod je jedan od izraza poslovanja saobraćajnog preduzeća i predstavlja finansijski rezultat njegovog poslovanja. Sastoji se od naplaćenih potraživanja za izvršene transportne usluge, te finansijskih i ostalih prihoda. Prihod preduzeća zavisi od tržišne tražnje i pokazuje sposobnost preduzeća da ponudi transportne i druge usluge koji će zadovoljiti potrebe i želje potrošača. On je pokazatelj efikasnosti poslovanja, ali i preduslov opstanka preduzeća na tržištu. Ukoliko ne ostvaruje prihod preduzeće ne može obavljati svoju redovnu poslovnu djelatnost, postaje nelikvidno i finansijski nestabilno. Samo finansijska stabilnost predstavlja konačni izraz sposobnosti preduzeća da nesmetano obavlja svoju poslovnu djelatnost. Stoga je neophodno izvršiti praktičnu obradu ovog problema, jer je potreba za permanentnom spoznajom finansijske stabilnosti preduzeća neophodna radi efikasnog poslovnog odlučivanja.

2. KARAKTERISTIKE PRIHODA I RASHODA SAOBRAĆAJNOG PREDUZEĆA

Struktura ukupnog prihoda pokazuje po osnovu čega je ostvaren prihod i koliko je ostvareno prihoda unutar preduzeća u toku poslovne godine. Odnosno, pokazuje udio ili procentualno učešće svih vrsta prihoda u ukupnom prihodu. Sa druge strane, struktura rasporeda ukupnog prihoda pokazuje opterećenje ukupnog prihoda pojedinim vrstama rashoda i udio ostvarenog finansijskog rezultata (bruto dobitka i neto dobitka u ukupnom prihodu).

Poslovni prihodi su dominantna komponenta ukupnog prihoda saobraćajnog, kao i svakog drugog preduzeća. Ovi prihodi predstavljaju realizaciju učinaka iz osnovne djelatnosti preduzeća na tržištu. "U realnim uslovima tržišnog privređivanja udio poslovnih prihoda u ukupnim prihodima trebao bi biti dominantan. Ukoliko je ujednačen njihov nivo ostvarenja, onda je to znak stabilnosti poslovanja preduzeća. Ukoliko je neujednačen nivo njihovog ostvarenja, onda je to znak nestabilnosti poslovanja preduzeća" (Kovačević i Vunjak, 2009).

Finansijski prihodi su rezultat kratkoročnog pozajmljivanja likvidnih novčanih sredstava ili investiranja u druga preduzeća, dugoročne hartije od vrijednosti i banke. S obzirom da saobraćajno preduzeće nije osnovano radi prikupljanja i plasmana novca i kapitala udio finansijskih prihoda u ukupnom prihodu ne bi trebao da bude značajan ili relativno visok. Međutim, ukoliko je preduzeće finansijski snažnije, to je normalnije da ima veće učešće finansijskih prihoda u svom ukupnom prihodu zbog veće mogućnosti investiranja u dugoročne finansijske plasmane i banke.

Ostali prihodi su rezultat "neurednog" poslovanja preduzeća. U ovu grupu prihoda se svrstavaju: (1) dobici od prodaje nematerijalnih ulaganja, nekretnina, postrojenja i opreme, (2) dobici od prodaje materijala, (3) viškovi, (4) naplaćena otpisana potraživanja i (5) prihodi od smanjenja obaveza. Udio ovih prihoda u strukturi ukupnog prihoda preduzeća treba da bude veoma mali i ne veći od 1%. Ostali prihodi u preduzeću ne bi trebali imati značajnijeg uticaja na krajnji finansijski rezultat.

Poslovni rashodi najvećim dijelom opterećuju ukupan prihod, a rezultat su redovnog poslovanja saobraćajnog preduzeća. Poslovni rashodi bi uvjek trebali biti niži od poslovnih prihoda. Veće opterećenje poslovnih prihoda poslovnim rashodima ukazuje na slabiju ekonomičnost poslovanja preduzeća.

Opterećenje ukupnog prihoda finansijskim rashodima uslovljeno je strukturom kapitala preduzeća i visinom kamate na sredstva koja preduzeće pozajmljuje iz tuđih izvora. Finansijski rashodi ne bi trebalo da prelaze jednocifreni procenat, a trebali bi biti niži od finansijskih prihoda. Tuđi izvori finansiranja, naročito dugoročni izvori finansiranja (krediti, obveznice), omogućavaju proizvodnom preduzeću da poslovno angažuje data sredstva koja u kombinaciji sa sopstvenim sredstvima mogu da donesu veću stopu prinosa na ukupna angažovana sredstva.

U strukturi ukupnih rashoda preduzeća se nalaze i ostali rashodi (gubici po osnovu prodaje nekretnina, postrojenja i opreme, gubici od prodaje materijala, manjkovi, otpisana potraživanja), koji bi trebali biti niži od 1% u strukturi ukupnih rashoda.

3. STRUKTURA PRIHODA I RASHODA SAOBRAĆAJNOG PREDUZEĆA AUTOPREVOZ A.D. BANJA LUKA

Ukupan prihod saobraćajnog preduzeća je rezultat njegove poslovne aktivnosti ispoljene kroz realizaciju usluga prevoza, finansijskih transakcija na finansijskom tržištu kao i ostalih aktivnosti iz djelokruga poslovanja. S obzirom da se ukupan prihod sastoji od više kategorija, analiza strukture ukupnog prihoda i njegove raspodjele ilustrovana je na primjeru saobraćajnog preduzeća Autoprevoz a.d. Banja Luka. Radi potpunijeg sagledavanja stanja, izanaliziran je odnos prihoda, rashoda i poslovnog rezultata prema ukupnom prihodu u posmatranom petogodišnjem periodu.

Tabela 1. Struktura ukupnih prihoda i rashoda Autoprevoz a.d. Banja Luka 2013-2017. godina (u KM)

POZICIJA	2013.	%	2014.	%	2015.	%	2016.	%	2017.	%
1. Poslovni ph	7.802.519	84	4.522.789	76	4.205.352	88	5.601.044	97	6.341.710	93
2. Finansijski ph	146.803	2	136.852	2	282.870	6	77.213	1	235.172	3
3. Ostali ph	1.286.612	14	1.293.485	22	298.299	6	108.067	2	239.276	4
UKUPNO PH	9.235.934	100	5.953.126	100	4.786.521	100	5.786.324	100	6.816.158	100
4. Poslovni rh	9.532.676	83	4.744.050	82	4.517.145	89	5.377.645	87	5.625.323	86
5. Finansijski rh	1.217.217	11	678.128	11	562.677	11	777.061	12	720.544	11
6. Ostali rh	767.380	6	394.387	7	-		49.136	1	232.939	3
UKUPNO RH	11.517.273	100	5.816.565	100	5.079.822	100	6.203.842	100	6.578.806	100

Posmatrajući sukturu ukupnih prihoda preduzeća Autoprevoz a.d. Banja Luka (tabela1.) vidljivo je da su isti imali opadajući trend u 2014. i 2015. godini. Poslovni prihod je imao najvišu vrijednost u 2013. godini, a najnižu vrijednost u 2015. godini. Procentualne vrijednosti poslovnog prihoda u strukturi ukupnog prihoda su varirale od najviše 97% u 2016. godini do najjniže 76% u 2014. godini. Finansijski prihodi kretali u vrijednosti od 1% do 2%, sa izuzetkom 2015. godine u kojoj je njihova vrijednost iznosila 6% u strukturi ukupnog prihoda, tako da su se kretali u normalnim granicama za ovu kategoriju prihoda. Međutim, ostali prihodi su dostizali veoma visoke vrijednosti posebno u 2013. godini 13,9% i u 2014. godini 21,7%. U oba pomenuta slučaja su, uglavnom, rezultat naplate sumnjivih i spornih potraživanja.

Poslovni rashodi su najvećim dijelom pratili poslovne prihode, sa izuzetkom 2014. i 2015. godine u kojim su bili viši za 6%, odnosno 7,4%. Preduzeće je imalo izražene visoke vrijednosti finansijskih rashoda u svim poslovnim godinama, a što je posebno izraženo u 2013., 2016. i 2017. godini u kojima su njihove vrijednosti dostizale 11% (2013) u strukturi ukupnih rashoda ovog saobraćajnog preduzeća. Finansijski rashodi su najvećim dijelom nastali po osnovu plaćenih kamata za dugoročne i kratkoročne kredite. Takođe su karakteristične i visoke vrijednosti ostalih rashoda poseno izraženih u 2013. i 2014. godini, a rezultat su povećanih iznosa sumnjivih i spornih potraživanja.

Nesporna je činjenica, da se ovakav odnos ukupnih prihoda i ukupnih rashoda morao negativno odraziti i na poslovni rezultat preduzeća Autoprevoz a.d. Banja Luka.

Tabela 2. Poslovni rezultat Autoprevoz a.d. Banja Luka 2013-2017. godina (u KM)

POZICIJA	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
1. Poslovni prihodi	7.802.519	4.522.789	4.205.352	5.601.044	6.341.710
2. Poslovni rashodi	9.532.676	4.744.050	4.517.145	5.377.645	5.625.323
POSLOVNI DOBITAK / (GUBITAK)	(1.730.157)	(221.261)	(311.793)	223.399	716.387
3. Finansijski prihodi	146.803	136.852	282.870	77.213	235.172
4. Finansijski rashodi	1.217.217	678.128	562.677	777.061	720.544
GUBITAK REDOVNE AKTIVNOSTI	(2.800.571)	(762.537)	(591.600)	(476.449)	231.015
5. Ostali prihodi	1.286.612	1.293.485	298.299	108.067	239.276
6. Ostali rashodi	767.380	394.387	-	49.136	232.939
NETO DOBITAK/(NETO GUBITAK)	(2.333.170)	136.561	71.155	(417.518)	237.354

Na osnovu prezentovanih podataka u tabeli 2., može se primijetiti da su poslovni rashodi u prve tri godine viši od poslovnih prihoda. U pojedinim godinama ih premašuju od 4,9% u 2015. godini do 22,17% u 2013. godini. Nepovoljan odnos poslovnih prihoda i poslovnih rashoda je rezultirao izraženim poslovnim gubitkom u prve tri posmatrane godine, dok je u 2013. godini iskazani poslovni gubitak dostigao najviši iznos. Preduzeće Autoprevoz a.d. Banja Luka je iskazalo gubitak redeovne aktivnosti u svakoj posmatranoj poslovnoj godini, sa izuzetkom 2017. godine, zahvaljujući veoma visokim iznosima finansijskih rashoda, koji su u 2013. godini premašili iznose finansijskih prihoda za 87,9%. Ovu godinu karakterišu veoma visoki poslovni, finansijski i ostali rashodi, što je rezultiralo najvišim neto gubitkom (2,333.170 KM) u odnosu na ostale poslovne godine. Uvidom u bilans uspjeha ovog preduzeća, vidljivo je da se finansijski rashodi najvećim dijelom odnose na plaćene kamate po osnovu uzetih kredita, a visoke vrijednosti ostalih rashoda su rezultat otpisa potraživanja i rashodovanja zaliha materijala i roba.

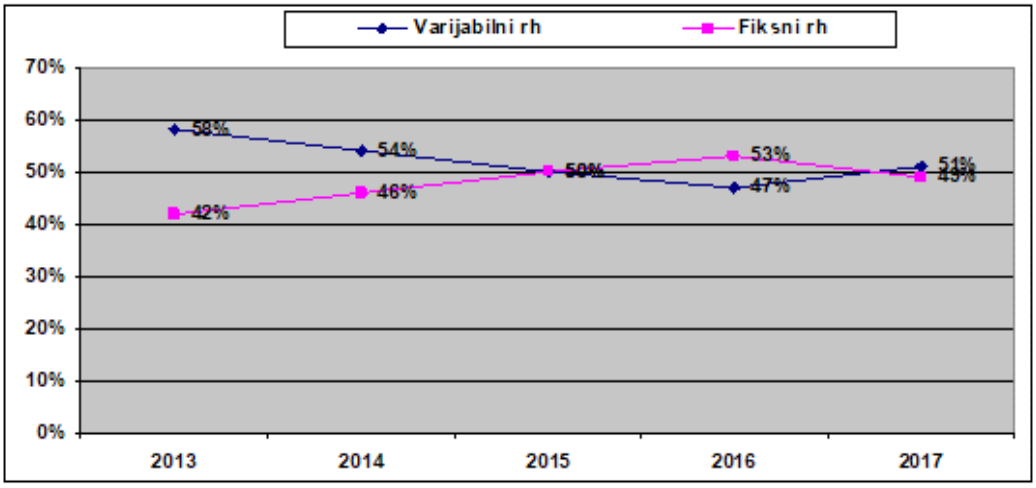
4. UTICAJ FIKSNIH RASHODA NA POSLOVNI REZULTAT I RIZIK OSTVARENJA POSLOVNOG DOBITKA

Rashodi dovode do smanjenja sopstvenih sredstava i odražavaju se na smanjenje njihovih izvora. Poslovni rashodi su oni rashodi koji dovode do smanjenja sopstvenih poslovnih sredstava ili do smanjenja trajnog kapitala. Svojim obimom i strukturom, poslovni rashodi se odražavaju na poslovni rezultat preduzeća. Poslovni rezultat predstavlja uspjeh poslovanja preduzeća iskazan novčanim mjerilima. Upoređivanjem prihoda i rashoda dolazi se do finansijskog rezultata preduzeća. Prema tome, finansijski rezultat zavisi od rasporeda ukupnog prihoda, odnosno od visine ukupnih rashoda preduzeća. U kolikoj mjeri su fiksni rashodi uticali na poslovni rezultat preduzeća Autoprevoz a.d. Banja Luka, nastojaće se pokazati u sljedećoj analizi:

Tabela 3. Odnos varijabilnih i fiksnih rashoda u strukturi poslovnih rashoda (u KM)

POZICIJA	2013.	%	2014.	%	2015.	%	2016.	%	2017.	%
1. Poslovni rh	9.532.676	100	4.744.050	100	4.517.145	100	5.377.645	100	5.625.323	100
2. Varijabilni rh	5.536.345	58	2.569.177	54	2.277.975	50	2.475.628	47	2.844.133	51
3. Fiksni rh	3.996.331	42	2.174.873	46	2.239.170	50	2.902.017	53	2.781.190	49

Tabela 3. upoređuje učešće varijabilnih i fiksnih rashoda u strukturi ukupnih poslovnih rashoda preduzeća. Za razliku od varijabilnih rashoda, koji prate trend poslovnih rashoda od 2013. do 2017. godine, fiksni rashodi imaju imaju izražen rastući trend u 2013., 2015. i 2016. godini sa najvećim učešćem od 53% u strukturi poslovnih rashoda u 2016. godini. Povećano učešće fiksnih rashoda u ukupnim poslovnim rashodima u 2016. godini zbog visokih fiksnih troškova amortizacije koji su iznosili 961.923 KM što je više za dva puta u odnosu na 2015. i 2017.godinu.



Grafikon 1. Kretanje varijabilnih i fiksnih rashoda 2011-2015. godina

Iz grafičkog prikaza je vidljivo da su fiksni rashodi imali rastući trend sa izraženim blagim padom u 2017. godini, dok su varijabilni rashodi imali opadajući trend sa izraženim blagim rastom u 2017. godini.

Rast fiksnih rashoda u ukupnim poslovnim rashodima preduzeća dovodi u pitanje ostvarenje finansijskok rezultata preduzeća, odnosno dovodi do povećanja poslovnog, finansijskog i složenog rizika.

Pojam rizika odnosi se na manju ili veću neizvjesnost vezano za očekivani ishod poslovne aktivnosti preduzeća. Treba razlikovati dvije osnovne vrste rizika: (1) poslovni rizik i (2) finansijski rizik. Poslovni rizik determinišu neizvjesnosti vezane za očekivani poslovni dobitak. Finansijski rizik determiniše neizvjsenost budućeg neto dobitka. Ukoliko su u preduzeću zastupljeni fiksni i finansijski rashodi, tada je izloženo dvostrukom riziku: poslovnom i finansijskom."Složeni rizik (leveridž) pojavljuje se kao neizvjesnost pri ostvarivanju bruto dobitka, neto dobitka i prinosa na sopstveni kapital. Složeni rizik predstavlja sveukupni rizik pred kojim se nalazi preduzeće" (Vunjak, 2005).

Analiza rizika ostvarenja finansijskog rezultata uključuje faktore: (1) poslovnog rizika, (2) finansijskog rizika i (3) ukupnog rizika. "Faktor poslovnog rizika utvrđuje se iz odnosa marže pokrića i poslovnog rezultata. On u osnovi pokazuje koliko se brže mijenja poslovni rezultat, nego što se mijenja marža pokrića. Faktor finansijskog rizika utvrđuje se iz odnosa poslovnog rezultata i bruto finansijskog rezultata, a pokazuje koliko se puta brže mijenja bruto finansijski rezultat kada se poslovni rezultat promijeni za jedan procenat. Faktor ukupnog rizika jednak je umnošku faktora poslovnog rizika i faktora finansijskog rizika. Ovaj faktor pokazuje koliko se puta brže mijenja bruto finansijski rezultat pri svakoj promjeni marže pokrića" (Tuševljak, Rodić, 2003).

Tabela 4. Faktori poslovnog, finansijskog i ukupnog rizika

POZICIJA	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
1. Poslovni prihodi (od prodaje)	7.802.519	4.522.789	4.205.352	5.601.044	6.341.710
2. Varijabilni rashodi	5.536.345	2.569.177	2.277.975	2.475.628	2.844.133
3. Marža pokrića (1-2)	2.266.174	1.953.612	1.927.377	3.125.416	3.497.577
4. Fiksni i pretežno fiksni rashodi	3.996.331	2.174.873	2.239.170	2.902.017	2.781.190
5. Rashodi kamata	1.212.788	672.135	500.453	336.924	520.614
6. Poslovni rezultat (3-4)	(1.730.157)	(221.261)	(311.793)	223.399	716.387
7. Bruto finansijski rezultat (6-5)	(2.942.945)	(893.396)	(812.246)	(113.525)	195.773
8. FAKTORI RIZIKA:					
8.1. Poslovnog (3/6)	(1,31)	(8,83)	(6,18)	13,99	4,88
8.2. Finansijskog (6/7)	(0,59)	(0,25)	(0,38)	(1,97)	3,66
8.3. Ukupnog (8.1x 8.2)	(0,77)	(2,20)	(2,35)	(27,56)	17,86
9. Koeficijent marže pokrića (3/1)x100	29%	43%	46%	56%	55%
10. Potreban poslovni prihod za ostvarenje neutralnog poslovnog rezultata(4/9)	13.780.451	5.057.844	4.867.760	5.182.173	5.056.709
11. Potreban poslovni prihod za ostvarenje neutralnog bruto finansijskog rezultata (4+5/9)	17.962.479	6.620.948	5.955.702	5.783.823	6.032.280
12.Stopa elastičnosti ostvarenja neutralnog poslovnog rezult. ((1-10)/1)x100)	(76,61%)	(11,83%)	(15.96%)	7,48%	20,26%

Da bi se na pravi način objasnio rizik ostvarenja finansijskog rezultata, neophodno je imati u vidu dvije stvari: Prvo, što je marža pokrića viša, te što su fiksni i pretežno fiksni rashodi niži, koeficijent poslovnog rizika je niži, a stopa elastičnosti ostvarenja neutralnog poslovnog rezultata viša. Drugo, što je poslovni dobitak viši, te što su neto rashodi finansiranja niži, koeficijent finansijskog rizika je niži, a stopa ostvarenja neutralnog poslovnog rezultata viša. Ova pravila važe u uslovima ostvarenja poslovnog dobitka preduzeća.

Analiza rizika ostvarenja finansijskog rezultata je izvršena na primjeru preduzeća Autoprevoz a.d. Banja Luka u uslovima kada je preduzeće ostvarilo negativan poslovni razultat u prve tri poslovne godine. U tabeli 4. su iskazani segmenti finansijskog rezultata preduzeća i utvrđeni faktori poslovnog, finansijskog i ukupnog rizika. S obzirom da je preduzeće imalo negativnu razliku poslovnih prihoda i poslovnih rashoda, to je i faktor poslovnog rizika imao "negativne" vrijednosti za prve tri posmatrane godine (2013-2015), jer ni u jednoj od poslovnih godina maržom pokrića nije bilo moguće pokriti fiksne i pretežno fiksne rashode. Ovaj faktor je najniži u 2013. godini u kojoj su fiksni rashodi iznosili 42%, u strukturi poslovnih rashoda, kao i najviši ostvaren negativan poslovni rezultat u odnosu na ostale poslovne godine. Znatno niži negativan poslovni rezultat iskazan je i u 2014. i 2015. godini. Negativan faktor poslovnog rizika znači da svako povećanje marže pokrića dovodi do smanjenja negativnog poslovnog rezultata. Tako bi povećanje marže pokrića za 10% (226.617 KM) u 2013. godini smanjilo negativan poslovni rezultat za 13,1% koji bi tada iznosio (1,503.540 KM).

Faktor finansijskog rizika ima "negativnu" vrijednost u prve četiri poslovne godine, jer iz poslovnog rezultata (koji je takođe negativan) ni u jednoj od njih nije bilo moguće pokriti rashode kamata. Ovaj faktor znači, da bi se pri smanjenju negativnog poslovnog rezultata za za određeni prostotak smanjio negativan bruto finansijski rezultat za određeni postotak. Odnosno, u konkretnom slučaju, pri smanjenju negativnog poslovnog rezultata za 13,1% u 2013. godini, došlo bi do smanjenja negativnog bruto finansijskog rezultata za 5,9%. Obrnuto bi svako povećanje negativnog poslovnog rezultata za 13,1% dovelo do povećanja negativnog finansijskog rezultata za 5,9% u 2013. godini. Interes svakog preduzeća je da ovaj faktor bude što niži, a što zavisi od visine pozajmljenih izvora finansiranja i visine kamatne stope. Niske vrijednosti ovih faktora bi bile poželjne da je preduzeće iskazalo pozitivan poslovni rezultat, posebno kada su u pitanju faktori finansijskog i ukupnog rizika.

Faktor ukupnog rizika, takođe, ima "negativan" predznak za prve četiri godine, zbog iskazane negativne razlike poslovnih prihoda i poslovnih rashoda. On pokazuje koliko puta se brže mijenja bruto finansijski rezultat pri svakoj promjeni marže pokrića. Faktor ukupnog rizika ima najviši koeficijent u 2016. godini (27,56), a najniži koeficijent u 2013. godini (0,77) u kojoj su iskazani najviši negativan bruto finansijski rezultat i gubitak redovne aktivnosti. Primjera radi, ako faktor ukupnog rizika u 2013. godini iznosi 0,77 i ako se pri tome marža pokrića poveća za 10% (226.617 KM), negativan bruto finansijski rezultat bi se smanjio za 7,7%, zbog negativnog predznaka ovog faktora, i iznosio bi (2,716.338 KM). Važi i obrnuto pravilo, pri smanjenju marže pokrića za 10% negativan bruto finansijski rezultat bi se povećao za 7,7% i iznosio bi (3,169.552 KM).

Ovome treba još dodati, da je stopa elastičnosti ostvarenja neutralnog poslovnog rezultata viša u onim poslovnim godinama u kojima je iskazana viša negativna razlika poslovnih prihoda i poslovnih rashoda, a fiksni rashodi viši u apsolutnim iznosima. Što je negativna stopa elastičnosti ostvarenja neutralnog poslovnog rezultata viša, to je preduzeće dublje u zoni poslovnog gubitka. Negativna stopa je najviša u 2013. godini (76,61%), u kojoj je iskazan i najviši negativan poslovni rezultat, a najniža pozitivna stopa elastičnosti u 2016. godini (7,48%).

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Analiziranjem finansijskog poslovanja preduzeća Autoprevoz a.d. Banja Luka i komparacijom finansijskih pokazatelja ovog preduzeća u petogodišnjem periodu, evidento je da su poslovni prihodi manji od poslovnih rashoda u prve tri poslovne godine. Međutim, preduzeće je imalo i izrazito visoke finansijske rashode koji su u pojedinim godinama dostizali vrijednosti do 12,5% u strukturi ukupnih rashoda preduzeća. To ukazuje na činjenicu da je preduzeće koristilo velikim dijelom pozajmljena sredstva, a na što ukazuju i visoki finansijski rashodi, posebno u onim godimama u kojima je iskazan visok negativan finansijski rezultat. Fiksni rashodi su imali rastući trend, za razliku od varijabilnih rashoda sa izraženom silaznom linijom trenda, kao i poslovnih prihoda koji su takođe opadali. Ovo ukazuje na činjenicu da je preduzeće imalo visoke troškove amortizacije i drugih troškova fiksnog i pretežno fiksnog karaktera u onim godinama u kojima su poslovni prihodi i ukupan prihod preduzeća bili u silaznoj putanji. Visoki fiksni i finansijski rashodi su se negativno odrazili na poslovni i bruto finansijski rezultat preduzeća, a što je rezultiralo gubitkom u prve četiri poslovne godine (2013-2016). Veoma niska neto dobit, sa izuzetkom 2013. i 2016. godine u kojima je iskazan neto gubitak, ukazuje na činjenicu da preduzeće posluje na granici rentabilnosti.

Očigledno je da menadžment preduzeća Autoprevoz a.d. Banja Luka nije odgovorio zahtjevima kompleksnog tržišnog okruženja. Naime, globalne tržišne promjene su uslovile porast kompleksnosti sistema upravljanja i inicirale potrebu za njegovim usavršavanjem. Stoga je neophodno podizati efikasnost menadžmenta domicilnih preduzeća na viši nivo. Međutim, za podizanje efikasnosti menadžmenta na viši nivo potrebna je konsekventna promjena načina mišljenja i obrazaca ponašanja što se nije desilo u navedenom preduzeću. To se potvrđuje neracionalnim ekonomisanjem i lošim upravljanjem troškovima u odnosnom preduzeću, a što je dovelo do ostvarenja negativnog rezultata iz redovne poslovne aktivnosti.

6. LITERATURA

Bilansi uspjeha (2013-2017). Autoprevoz a.d. Banja Luka.

Božić, V. (2011). Ekonomija saobraćaja. Ekonomski fakultet Beograd.

Kovačević, LJ., Vunjak, N. (2009). Upravljanje finansijama preduzeća. Doboj: Saobraćajni fakultet.

Izvještaji nezavisnog revizora o konsolidovanim finansijskim izvještajima. (2013-2017). Autoprevoz a.d. Banja Luka. Kontal-Konsaltin i usluge Banja Luka.

Kolarić, N. (2007). Menadžment u saobraćaju. Visoka turistička škola Beograd.

Malešević, Đ., Starčević V. (2010). Poslovna analiza. Bijeljina: Fakultet poslovne ekonomije.

Mikerević, D. (2005). Finansijski menadžment. Banja Luka: Ekonomski fakultet.

Starčević, V., Subotić, S. (2014). Uticaj globalnih promjena na upravljanje poslovanjem zavisnih preduzeća MH Elektroprivrede Republike Srpske. Bijeljina: Fakultet poslovne ekonomije, Novi ekonomist, 16, str.67-73.

Subotić, S., Erceg, Ž., Božičković, S. (2017). Uticaj fiksnih rashoda na poslovni rezultat saobraćajnog preduzeća. Međunarodno indeksirani naučno-stručni časopis, 68., "FINconsult'' Tuzla (ISSN 1986-5538, EBSCO Publishing).

Tuševljak, S., Rodić, J. (2003). Finansije preduzeća, Beograd: Conssecco institut.

Vunjak, N. (2005). Finansijski menadžment-Poslovne finansije. Bečej: Proleter a.d., Subotica: Ekonomski fakultet, Podgorica:Unireks a.d.

VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November, 2019
www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

RESEARCH OF THE REGIONAL CONCENTRATION OF THE TRANSPORT ACTIVITY IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

ISTRAŽIVANJE REGIONALNE KONCENTRACIJE DJELATNOSTI SAOBRAĆAJA U REPUBLICI SRPSKOJ

Siniša Božičković[a], Goran Mitrović[b], Irena Đalić[a], Dragan Anđelić[c], Zdravko Božičković[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, sinisa.bozickovic@sf.ues.rs.ba, irena.djalic@sf.ues.rs.ba, zdravko.bozickovic@sf.ues.rs.ba*

[b] *'Drina osiguranje', 9. Januar 4, Milići 75446, Bosnia and Herzegovina, goran.mitrovic@drina-osiguranje.com*

[c] *'Šume Republike Srpske', Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, draganandjelic9@gmail.com*

Apstract: *The problem of unequal economic and regional development of the Republic of Srpska is one of the key issues that seek to overcome but also to some extent equalize. Concentration of activity indicates the extent to which a region has a stake in the overall economic activities of the country. The main objective of this research is to mark the position and concentration of activity Transportation and storage in the set of all activities in the Republic of Srpska.Calculation of the index of concentration in the present study was done on the basis of Hefindahl-Hirschman Index of concentration and normalized Hefindahl-Hirschman index. In the final part of this paper made a comparative analysis of all activities by region of the Republic of Srpska. The Transport and storage sector in representation occupies seventh place in the framework of the Republic of Srpska. The high concentration of this sector was recorded in the region of Doboj. Studies have shown that the region of Banja Luka, Doboj and Bijeljina have a moderate concentration of activity, while the region of East Sarajevo and Trebinje non-concentrated activity.*

Keywords: *regional development, Hefindahl-Hirschman Index, a regional disparity, transportation and storage.*

Apstrakt: *Problem nejednakog ekonomskog i regionalnog razvoja Republike Srpske jedan je od ključnih problema koji se nastoje prevazići ali i do neke mjere ujednačiti. Koncentracija djelatnosti pokazuje u kojoj mjeri neka regija ima udjela u ukupnoj ekonomskoj djelatnosti države. Osnovni cilj ovog istraživanja jeste ocjena položaja i koncentracije djelatnosti Saobraćaja i skladištenja u skupu svih djelatnosti u Republici Srpskoj. Izračunavanje indeksa koncentracije u predmetnom istraživanju rađeno je na osnovu Hefindahl-Hirschmanov indeksa koncentracije i normalizovanog Hefindahl-Hirschmanovog indeksa. U završnom dijelu rada urađena je komparativna analiza svih djelatnosti po regijama Republike Srpske. Sektor Saobraćaja i skladištenja po zastupljenosti zauzima sedmo mjesto u okvirima Republike Srpske. Visoka koncetracija ovoga sektora zabilježena je u regiji Doboj. Istraživanja su pokazala da regije Banja Luka, Doboj i Bijeljina imaju umjerenu koncentraciju djelatnosti, dok regije Istočno Sarajevo i Trebinje nekoncentrisanu djelatnost.*

Ključne riječi: *regionalni razvoj, Hefindahl-Hirschmanov indeks, regionalni disparitet, saobraćaj i skladištenje.*

1. UVOD

Problem nejednakog ekonomskog i regionalnog razvoja Republike Srpske jedan je od ključnih problema, koji se nastoji prevazići i do neke mjere i ujednačiti. Teritorija Republike Srpske je statistički svrstana u NUTS 2 prema Eurostat (Evropskom statističkom uredu), tako da se na nižim nivoima ne vrši statističko praćenje što otežava svako istraživanje.

Republika Srpska nema Zakon o regionalnom razvoju, što još više otežava vođenje ekonomske politike u smislu tačnih podataka o kretanju ekonomskih indikatora, te koje su regije dale najveći doprinos u ekonomskom razvoju.Vlada Republike Srpske svake godine ocjenjuje i razvrstava jedinice lokalne samouprave prema

razvijenosti, gdje još nije poznata metodologija njihovog vrednovanja. Posebno su nepoznati kriteriji u vrednovanju sektora i ocjeni njihove koncentracije.

Ekonomska i privredna aktivnost u mnogim zemljama, kao i u Republici Srpskoj, nije ravnomjerno raspoređena. Pojedine privredne djelatnosti su izrazito prostorno koncentrisane, dok druge imaju disperziju. Na prostorni raspored privrednih djelatnosti utiču mnogi faktori, koji su uzrokovani postojanjem centripetalnih i centrifugalnih sila (Krugman, 1999.). Centripetalne sile utiču na koncentraciju djelatnosti (izgradnja pravnih subjekata u blizini sirovina, blizini izvora energije, blizini potrošača itd.), dok centrifugalne sile stvaraju distribuciju djelatnosti na čitavom nacionalnom prostoru, ili razvijaju privredne i pravne subjekte u blizini centara, čime se vrši premještanje kapitala. Postojeća privredna i ekonomska stvarnost u Republici Srpskoj uslovljena je procesima tranzicije zemalja Zapadnog Balkana. Tranzicija još uvijek traje a i geografsko/prostorno prestruktuiranje privredne djelatnosti je nastavljeno. Regionalne razlike su produbljene.

Koncentracija djelatnosti/sektora pokazuje u kojoj mjeri neko manje geografsko područje (prostor) nacionalne teritorije ima udjela u određenoj ekonomskoj djelatnosti ili drugom fenomenu. Primjera radi, ako se analizira određena industrijska grana, geografskom ili prostornom koncentracijom mjeri se distribucija njenih regionalnih udjela. Visoka koncentracija industrije znači da je velik dio industrijske proizvodnje lociran u jednoj regiji ili nekoliko njih. Najveća koncentracija privrednih subjekata i privredne aktivnosti uopšte, najviše se dešava oko gradova u Republici Srpskoj, naročito tamo gdje postoji razvijenija saobraćajna infrastuktura. Na ovakav privredni disparitet u Republici Srpskoj uticala su i privredna kretanja u svijetu, naročito pojavom procesa globalizacije.

Važnost mjera koncentracije proizlazi iz njihove sposobnosti prikazivanja strukturnih značajnosti djelatnosti Saobraćaja i skladištenja. Ova mjera se često koristi u strukturnim modelima koji objašnjavaju konkurentnost u sektoru - industriji ili u privrednim djelatnostima države. Mjere koncentracije mogu odražavati promjene u koncentraciji kao rezultat ulaska novih saobraćajnih i skladišnih sistema na tržište rada ili izlaz iz njega, uzrokovan spajanjem pojedinih ovih sistema u veće sisteme.

Interes za istraživanje prostornih dispariteta, bilo da se radi o posmatranju koncentracije ili distribucije privrednih djelatnosti, kreću radovima iz osamnaestog vijeka Marshall, A. (1890.), gdje navodi osnovne principe ekonomije i uvodi pojmove koncentracije industrije. U prošlom vijeku se počinju razrađivati teorije lokacijskih ekonomija (Hoovera, 1936.), a početkom ovoga vijeka se već razvijaju regionalne nauke i razrađuju urbane sredine gdje se geografski koncentrišu određene djelatnosti (Devereux, 2004.). Kineski naučnik Lui poredi globalnu i lokalnu ekonomiju, te vrši mjerenje geografske koncentracije industrije (Lui, 2014.). Svi ovi istraživači koristili su tradicionalne statističke mjere koncentracije, Ginijev koeficijent i Herfindahl-Hirschmanov indeks. Najjači interes za ovu problematiku javlja se u posljednoj deceniji prošloga vijeka. Tada se razvijaju različite varijante Ginijeva koeficijenta koncentracije: lokacijski Ginijev koeficijent- Krugman (Krugman, 1991.); prostorni Ginijev koeficijent koncentaracije - Sternberg i Litzenberger (Sternberg & Litzenberger, 2004.); indeks geografske koncentracije - Ellison i Glaeser (Ellison & Glaeser,1997.).Bikker i Haaf (2002) iznose teorijski pregled mjera koncentracije. U svom radu obrađuju devet mjera koncentracije: koncentracijski omjer, Herfindahl – Hirschmanov indeks, Hall –Tidemanov indeks, Rosenbluthov indeks, opsežan indeks industrijske koncentracije, Hannah – Kayev indeks, U – indeks, Hauseov indeks, mjera entropije, itd.

U ovom radu je dat naglasak na Herfindahl – Hirschmanov indeks, kao mjere koncentracije koje se najviše koristi u praksi i literaturi, te je ista korišćena u empirijskom dijelu rada.

Cilj ovoga istraživanja je ocjena položaja i koncentracije djelatnosti Saobraćaja i skladištenja, te spoznaja o prostornoj koncentraciji i disparitetima drugih privrednih aktivnosti u Republici Srpskoj. Prostor Republike Srpske posmatran je kroz pet regiona, tj. regiona kako je definisala Privredna komora Republike Srpske, a to su: Banja Luka, Doboj, Bijeljina, Istočno Sarajevo i Trebinje.

Glavna pretpostavka u istraživanju je tvrdnja o postojanju regionalne koncentracije djelatnosti Saobraćja i skladištenja, tj. da postoje regije u Republici Srpskoj gdje su određene privredne djelatnosti više izražene, odnosno koncentrisane. Da bih se moglo odgovoriti na ovaj cilj, potrebno je:

- analizirati zaposlenost u Republici Srpskoj po područjima djelatnosti – klasifikacija djelatnosti (KD), kojih ima 19, Tabela 1.
- identifikovati privredne djelatnosti koje pokazuju visok nivo prostorne koncentracije, kao i djelatnosti koje su ravnomjernije raspoređeni u prostoru Republike Srpske,
- utvrditi i prikazati prostornu raspodjelu izraženije koncentrisanih privrednih djelatnosti (regionalna raspodjela) sa fokusom na djelatnost Saobraćaja i skladištenja.

Tabela 1: Razvrstavanje djelatnosti po KD u Republici Srpskoj

1	A	Poljoprivreda, šumarstvo i ribolov
2	B	Vađenje ruda i kamena
3	C	Prerađivačka industrija
4	D	Proizvodnja i snabdijevanje električnom energijom, gasom, parom i klimatizacija
5	E	Snabdijevanje vodom, kanalizacija, upravljanje otpadom i djelatnosti sanacije (remedijacije) životne sredine
6	F	Građevinarstvo
7	G	Trgovina na veliko i na malo; popravka motornih vozila i motocikala
8	H	Saobraćaj i skladištenje
9	I	Djelatnost pružanja smještaja, pripreme i posluživanja hrane; hotelijerstvo i ugostiteljstvo
10	J	Informacije i komunikacije
11	K	Finansijske djelatnosti i djelatnosti osiguranja
12	L	Poslovanje nekretninama
13	M	Stručne, naučne i tehničke djelatnosti
14	N	Administrativne i pomoćne uslužne djelatnosti
15	O	Javna uprava i odbrana; obavezno socijalno osiguranje
16	P	Obrazovanje
17	Q	Djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalnog rada
18	R	Umjetnost, zabava i rekreacija
19	S	Ostale uslužne djelatnosti

Izvor: Republički zavod za statistiku Republike Srpske

2. METODE U ISTRAŽIVANJU

Analiza prostorne koncentracije privredenih aktivnosti u Republici Srpskoj provedena je na disagregatnom nivou. Analiza na disagregatnom nivou uključuje izračunavanje relevantnih mjera prostorne koncentracije za 19 područja djelatnosti u Republici Srpskoj.

Da bi se identifikovala koncentracija privredne djelatnosti Saobraćaja i skladištenja (H), u predmetnom istraživanju izvršena je analiza privredne koncentracije svih 19 djelatnosti na prostoru Republike Srpske. Kao mjera koncentracije korišćena je prostorna koncentracija ili Hirfindahl-Hirschmanov indeks, koji je definisan na sljedeći način (Spiezia, 2002.):

$$HH_i = \sum_{j=1}^{N} y_i^2, \qquad (1)$$

gdje je:

i– djelatnost/sektor;

j– region;

y_i– udio BDP ili zaposlenih u djelatnosti ili sektoru *i*, regiona *j* u ukupnom

naconalnom BDP ili zaposlenim u djelatnosti ili sektoru *i;*

N–predstavlja broj regiona u zemlji.

Indeks HH_i se kreće od 1/N (svi regioni imaju isti udio u BDP ili zaposlenim tj. nema koncentracije) i 1 (sva proizvodnja je koncentrisana u jednom regionu, tj. maksimalna koncentracija). Regije imaju različita područja tako da ispravna mjera geografske koncentracije može se upoređivati kao udio BDP-a svakog regiona u nacionalnom nivou. Dakle, ako je HH_i jednako 1, to bi značilo ukupnu koncentraciju BDP-a ili zaposlenih, tj. maksimalna koncentracija u jednoj regiji.

Isti autor je u cilju kreiranja standardizovanog tumačenja uveo je normalizovani Herfindahlov indeks, koji se definiše kao:

$$H^* = \frac{(H-\frac{1}{N})}{1-\frac{1}{N}} = \frac{HN-1}{N-1}, \qquad (2)$$

gdje je N broj regiona u zemlji, H vrijednost njegovog Herfindahlovog indeksa. Vrijednost normalizovane verzije Herfindahl indeksa se kreće se od 0 (bez koncentracije) do 1 (maksimalna koncentracija).

Nedostatak ovih indeksa je što njihov proračun ne uzima u obzir različite prostorne faktorske veličine pojedinih regiona, što može manje ili više, iskriviti zaključke koji se izvode iz vrijednosti ovih indeksa. Iz tog razloga u istraživanjima se često koriste takozvani indeksi geografske koncentracije, koji se zasnivaju na odnosu između ekonomskog položaja (npr. ako se kao mjera uzme BDP) u regionu neke zemlje i pondera ili težina regiona u ukupnoj površini zemlje. Ellison i Glaeser su modifikovali tradicionalni Herfindahlov indeks na sljedeći način (Ellison i Glaeser, 1997):

$$EG = \sum_{i=1}^{N}(y_i - a_i)^2, \qquad (3)$$

Gdje a_i predstavlja udio površine regiona *i* u površini zemlje, a y_i je udio BDP regiona u ukupnom BDP-u koji se stvara u zemlji. Ako je udio ukupnog BDP-a regije bilo koje zemlje jednak njegovom udjelu u teritorijalnom području zemlje, onda je indeks koncentracije jednak nuli. Naprotiv, što je veća vrijednost ovog indeksa, veća je geografska koncentracija proizvedenog BDP-a u zemlji. Glavni nedostatak EG metode je što gornja razlika može biti negativna (ukoliko regioni imaju veći BDP od zemlje, što je čest slučaj). Ovaj pokazatelj ima ograničenu primjenljivosti u međunarodnim poređenjima zbog činjenice da je veoma osjetljiv na nivo regionalne agregacije podataka. Nedostatak ovog modela su istraživači izbjegli tako što su uveli apsolutnu vrijednost razlike, kao što je predložio Spiezia (Spiezia, 2002):

$$GC = \sum_{i=1}^{N}|y_i - a_i|. \qquad (4)$$

Da bi se ovaj izraz mogao koristiti u međunarodnim okvirima,tj. kada regioni imaju veći BDP od zemlje ili unije, pomenuti autorSpiezia uvodi *prilagođeni indeks geografske koncentracije* AGC:

$$AGC = \frac{GC}{GC^{MAX}}, \qquad (6)$$

gdje je:

$$GC^{MAX} = \sum_{i\neq min} a_i + 1 - a_{min=1+1-2a_{min}=2(1-a_{min})} \qquad (7)$$

gdje je a_{min} relativna površina najmanjeg područja.

U istraživanju se pretpostavlja približna produktivnost rada po sektorima, pa je iz tog razloga uzet za posmatranje faktor zaposlenosti po sektorima.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Pokazatelji koncentracije djelatnosti Saobraćaja i skladištenja (H) u Republici Srpskoj dobiveni su na osnovu traženja odgovora na dva pitanja: a) da li je određena djelatnost više ili manje zastupljena u nekoj od posmatranih regija? b) da li pojedine djelatnosti, od njih 19, su više ili manje zastupljene u regiji i na nivou Republike Srpske? U istraživanju se,takođe, pretpostavlja da je produktivnost u radu približna po sektorima, pa je broj zaposlenih u sektorima bio relevantan u istraživanju.

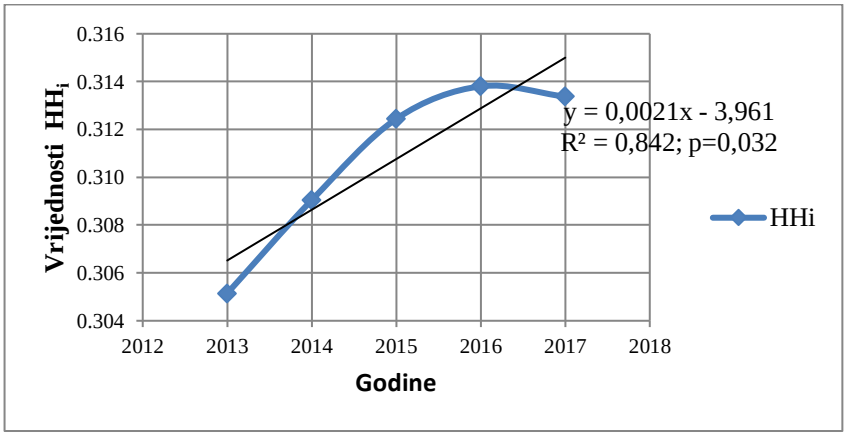
Opšte je poznato da se najveće učešće na tržištu određenih kompanija, pa i sektora, može tumačiti o njihovoj nadmoći nad ostalim sektorima. To se ponekad može smatrati da određeni sektori zauzimaju primat, odnosno privredni monopol u određenim regijama. Dalje se ovo može graničiti i sa mjerom koncentracije i specijalizacije djelatnosti ili sektora na određenoj regiji. Proračun indeksa koncentracije u predmetnom istraživanju rađen je na osnovu Hefindahl-Hirschmanov indeks koncentracije djelatnosti HH_i, i normalizovanog Hefindahl-Hirschmanovog indeksa H*, tabela 1.

Metodologija zaključivanja o koncentraciji zasniva se vrijednosti HHi indeksa:

- HHi < 0,1 (ili 1.000) pokazuje nekoncentrovanu granu, odnosno tržište,
- 0,1 > HHi < 0,18 (ili 1.000 do 1.800) pokazuje umjerenu koncentraciju,
- HHi > 0,18 (iznad 1.800) pokazuje visoku koncentraciju.

Opadanje vrednosti (smanjenje) tržišnog učešća u Herfindahl indeksu uopšteno pokazuje smanjenje snage djelatnosti ili sektora, i povećanje druge djelatnosti ili sektora, kao privredne konkurencije. Povećanje indeksa tržišnog učešća ukazuje na suprotno, tj. rast dominantnog ili monopolskog položaja djelatnosti ili sektora.

Slika 1. Kretanje HHi u periodu 2013 - 2017. godina



Izvor: proračun autora

Na slici 1. prikazano je kretanje HHi u periodu 2013 - 2017. godina. Kriva prikazuje koncentraciju djelatnost kroz prizmu posmatranih regija Republike Srpske. Na osnovu regresione prave i analize varijanse može se zaključiti da se radi o disparitetima među regijama. One nose koncentrisane djelatnosti, jer je HHi > 0,18. Pored toga, radi se o regresionom modelu koji ima visoku adekvatnost od 84,2% i *p* vrijednost od 0,032. Regresioni koeficijent u prosjeku raste za 0,21 % godišnje, što predstavlja tendenciju sporog povećanja koncentracije djelatnosti u pojedinim regijama. Stoga je dalje istraživanje orijentisano na analizu koncentracije u 2017. godini, koja neće ugroziti uopštavanje zaključaka.

Veličinu koncentracije određuju vrijednosti HHi i H*, tabela 2. Tako na primjer, od svih posmatranih djelatnosti, djelatnost L - poslovanje nekretninama ima najveću koncentraciju (0,737) i odnosi se odnosi na regiju Banja Luka.

Tabela 2. Hefindahl-Hirschmanov indeks koncentracije djelatnosti u regijama RS, 2017. god.

Hefindahl-Hirschmanov indeks	Područja KD								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
HHi	0,298	0,324	0,365	0,238	0,272	0,330	0,364	0,336	0,329
H*	0,123	0,155	0,206	0,047	0,090	0,163	0,205	0,170	0,161

Tabela 2. Hefindahl-Hirschmanov indeks koncentracije djelatnosti u regijama RS, 2017. god. - nastavak

Hefindahl-Hirschmanov indeks	Područja KD									
	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
HHi	0,509	0,516	0,737	0,493	0,380	0,336	0,316	0,344	0,342	0,379
H*	0,386	0,395	0,672	0,366	0,225	0,170	0,145	0,180	0,177	0,224

Izvor: proračun autora

Na osnovu podataka iz tabele može se zaključiti da su svi HHi veći od 0,18 , što pokazuje da su sve posmatrane djelatnost visoko koncentrisane u neku od regija. Njihovo uzajamno poređenje, radi rangiranja, ne može se vršiti. Radi se o zaposlenosti u različitim djelatnostima, kao i njihovo učešće u ukupnoj sektorskoj zaposlenosti. Dakle, sektor sa manjim brojem zaposlenosti, preko procentualnog učešća, može dati iskrivljene zaključke.

Kada je riječ o djelatnosti Saobraćaja i skladištenja na nivou Republike Srpske HHi iznosi 0,336. U njemu je zaposleno 11987 radnika. Regija Banja Luka od toga zapošljava 50%, regija Doboj 24%, regija Bijeljina 16%, regija Istočno Sarajevo 6% i regija Trebinje 4%. U tabeli 3. je prikazan rang regija na osnovu broja učešća zaposlenih u djelatnosti Saobraćaja i skladištenja. Dakle, radi se o visokoj koncentraciji ove djelatnosti u regiji Banja Luka. Ovim je odgovoreno na pitanje a): da li je određena djelatnost više ili manje zastupljena u nekoj od posmatranih regija, te komentarisana regionalna nejednakost u djelatnosti Saobraćaja i skladištenja.

Tabela 3. Rang regija u okviru učešća zaposlenih u sektoru Saobraćaja i skladištenja 2017. god.

Djelatnost	Rang regije				
	1	2	3	4	5
H	BL	DO	BIJ	IS	TR

Izvor: proračun autora

Istraživanja u području ispitivanja koncentracije određenih djelatnost u Republici Srpskoj, odnosno ispitivanja da li su pojedine djelatnosti, od njih 19, više ili manje zastupljene u regiji i na nivou Republike Srpske, data su u Tabeli 4.

Tabela 4. Rang regija u okviru učešća zaposlenih u sektoru Saobraćaja i skladištenja 2017. god.

REGIJA	**HHi**	**OCJENA KONCENTRACIJE**
Banja Luka	1128,4	Umjerena koncentracija djelatnost u regijama
Doboj	1415,5	
Bijeljina	1131,8	
Istočno Sarajevo	879,0	Nekocentrisane djelatnosti u regijama
Trebinje	878,4	
Republika Srpska	1079,8	Umjerena koncentracija djelatnost u regijama

Izvor: proračun autora

Privredne djelatnosti u Republici Srpskoj su umjereno koncentrisane i bliže su nekoncentrisanim djelatnostima. Što se tiče regija, tada se može zaključiti da su u regijama Istočno Sarajevo i Trebinje nekoncentrisane djelatnosti, dok regije Banja Luka, Doboj i Bijeljina umjereno dekoncentrisane. Najveću zastupljenost ima sektor C - Prerađivačka industrija sa 20,9 % od ukupnog broja zaposlenih u Republici Srpskoj, zatim slijede sektori G, O, P, Q i tako dalje (tabela 5.). Sektor Saobraćaja i skladištenja ima zastupljenost od 4,6 %, što ga svrstava na sedmo mjesto u okviru Republike Srpske. Ako se posmatraju regije tada uočavamo da ovaj sektor je visoko zastupljen u privredi Dobojske regije.

Tabela 5. Rang učešća zaposlenih u privrednim djelatnostima na nivou regija i Republike Srpske, 2017. godina

Rang	**Banja luka**	**Doboj**	**Bijeljina**	**Istočno Sarajevo**	**Trebinje**	**Republika Srpska**
1	C	C	C	G	D	C
2	G	G	G	O	O	G
3	O	P	P	C	G	O
4	P	H	O	P	C	P
5	Q	O	Q	A	P	Q
6	I	Q	B	I	Q	I
7	F	I	F	Q	I	H
8	H	F	H	F	F	F
9	M	A	I	D	B	A
10	A	B	D	R	A	D
11	J	S	M	H	E	M
12	K	D	A	E	H	J
13	S	M	E	S	R	K
14	D	E	S	M	S	S
15	E	K	K	J	J	B
16	R	N	J	N	M	E
17	N	J	R	K	K	R
18	B	R	N	B	N	N
19	L	L	L	L	L	L

Izvor: proračun autora

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Saobraćaj i skladištenje je važan faktor privrednog i društvenog razvoja svake zemlje. Saobraćajna infrastruktura Republike Srpske je u izgradnji i postoji veliki interes zemalja iz regiona za ulaganjem u ovu djelatnost, čime bi se uspostavila brža veza sa Jadranskim morem. Samo ulaganje u saobraćajnu infrastrukturu mora još da prati zakonska regulativa, tehnologija i usluge. Ulaganjem u ovaj sektor pokrenuo bi se ekonomski razvoj Republike Srpske.

Herfindahl-Hirschmanov indeksa (HHi) dao je mogućnost uvida u apsolutnu koncentraciju privrednih djelatnosti u prostoru Republike Srpske. Iz priloženih grafikona i tabela vidljivo je da djelatnosti prema stepenu prostorne koncentracije između 2013. i 2017. godine se nisu značajnije promjenile. Djelatnosti koje su ranije bile visoko koncentrisane većinom su zadržale isti razliku u koncentraciji i kasnije. Najviše koncentrisane djelatnosti su redom: C - Prerađivačka industrija sa 20,9 % zaposlenih od ukupnog broja zaposlenih u RS, G - Trgovina na veliko i na malo; popravka motornih vozila i motocikala sa 17,7 % ostale su sve ispod 10 %. Djelatnot saobraćaja i skladištenja 4,4%.

Kada je riječ o djelatnosti Saobraćaja i skladištenja tada se uočava da je koncentracija najveća u regiji Banja Luka sa 49,8 %, slijede Doboj sa 23,9, Bijeljina sa 16 %, dok su Trebinje i Istočno Sarajevo ispod 10 % od ukupnog broja zaposlenih u ovoj djelatnosti (11987).

5. LITERATURA

Bikker, J.A., Haaf, K. (2002.): Measures of competition and concentration in the banking industry: A review of the literature, Central Bank of the Netherlands, str. 4.

Devereux, M. P., Griffith, R., Simpson, H. (2004). The geographic distribution of production activity in the UK, Regional Science and Urban Economics.

Ellison, G., Glaeser, E. L.(1997). Geographic concentration in US manufacturing industries: a dartboard approach, Journal of Political Economy105(5), 889-927.

Hoover, E. M. (1948). The Location of Economic Activity, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London.

Krugman, P. (1991). Geography and Trade, MIT Press, Cambridge, MA.

Krugman, P. (1999). The Role of Geography in Development, International Regional Science Review 22 (2), 142-161.

Liu, Z. (2014). Global and Local: Measuring Geographical Concentration of China's Manufacturing Industries, The Professional Geographer.

Marshall, A. (1890). Principles of Economics (8th ed.), MacMillan, London,

Spiezia, V. (2002). Geographic Concentration of Production and Unemployment in OECD

Sternberg, R., Litzenberger, T., (2004). Regional Clusters in Germany – their Geography and their Relevance for Entrepreneurial Activities, European Planning Studies12 (6), 767-791.

www.rzs.rs.ba

www.oecd.org/dataoecd/43/0/15179780.doc>. (januar 2019).

VII INTERNATIONAL SYMPOSIUM NEW HORIZONS
2019 OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS

ВЛАДА
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

ЖЕЉЕЗНИЦЕ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ А.Д. ДОБОЈ