NEW HORIZONS 2023

IX International Symposium

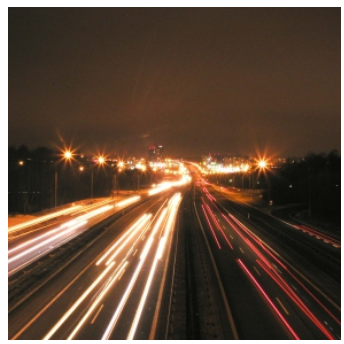
NEW HORIZONS 2023

of transport and communications

24-25 November

University of East Sarajevo
Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj

PROCEEDINGS



www.novihorizonti.sf.ues.rs.ba

IX International Symposium of transport and communications
NEW HORIZONS 2023

CONFERENCE SPONSORS

ВЛАДА
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

ДОБОЈ

X EXPRESS
BRZA POŠTA
Dok kažeš "iks"

nestro OPTIMA GRUPA

ALTPRO

m:tel

EURO LIMUN
MI POKREĆEMO VELIKE STVARI

ЖРС

HOTEL PARK

IX International Symposium NEW HORIZONS 2023
of Transport and Communications

IX Međunarodni simpozijum NOVI HORIZONTI 2023
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
Faculty of Traffic and Communications, University of Sarajevo
Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, University of Priština

PROCEEDINGS / ZBORNIK RADOVA

- NH 2023 -

Edited by:

PhD Zoran Ćurguz
PhD Bojan Marić
PhD Mirko Stojčić
MSc Vladimir Malčić

Doboj, 2023.

© 2023
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 (9 ; 2023 ; Doboj)
Proceedings papers [Електронски извор] = Zbornik radova / IX International Symposium New Horizons 2023 of Transport and Communications, Doboj, 2023 =IX Međunarodni simpozijum Novi Horizonti 2023 saobraćaja i komunikacija ; edited by Zoran Ćurguz, Bojan Marić, Mirko Stojčić, Vladimir Malčić ; organizer/organizator University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj. - Онлајн изд. - Ел. зборник. - Doboj : Faculty of Transport and Traffic Engineering, 2024

Системски захтјеви: Нису наведени. - Način pristupa (URL): http://novihorizonti.sf.ues.rs.ba/bs/. - Насл. са насловног екрана. - Радови на више језика. - Опис извора дана 22.02.2024. - Ел. публикација у формату пдф опсега XI, 515 стр. - Библиографија уз све радове. - Abstracts.

ISBN 978-99976-12-06-9

COBISS.RS-ID 139855105

PROGRAM COMMITTEE

Alphabetically:

Jiří AMBROS	Transport Research Centre, Czechia
Boris ANTIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Nebojša ARSIĆ	University of Pristina, Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, Serbia
Ibrahim Ahmed BADI	University of Misurata, Department of Mechanical Engineering, Libya
Milan BANIĆ	University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia
Milorad BANJANIN	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Ivan BELOŠEVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic 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, B&H
Mirjana BUGARINOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Alem ČOLAKOVIĆ	University of Sarajevo, Faculty of Traffic and Communications
Zoran ĆURGUZ	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
Hamed FAZLOLLAHTABAR	University of Science and Technology Babol, Department of Industrial Engineering, Iran
Draženko GLAVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Miloš IVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, 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
Amel KOSOVAC	University of Sarajevo, Faculty of Traffic and Communications, B&H
Miroslav KOSTADINOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Bosnia and Herzegovina
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, 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 MARTON	University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Slovakia
Boško MATOVIĆ	University of Montenegro, Faculty of Mechanical Engineering, Montenegro
Aleksandar MIĆOVIĆ	University of Priština, Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica
Suzana MILADIĆ TEŠIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
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, 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
Snežana MLADENOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
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
Miloš PLJAKIĆ	University od Priština, Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica, Serbia
Đorđe POPOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
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
Aleksandar STJEPANOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj
Mirko STOJČIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj
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
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, B&H
Slavko VESKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Milan VUJANIĆ	Adriatic University Bar, Faculty of Traffic, Communications and Logistics Budva, MNE
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
Mirko STOJČIĆ, co-chair
Ratko ĐURIČIĆ
Marko VASILJEVIĆ
Aleksandar STJEPANOVIĆ
Goran KUZMIĆ
Tanja PETROVIĆ
Vladimir MALČIĆ
Sanja SIMIĆ
Milan EREMIJA
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 po radu je iz inostranstva.

LIST OF REVIEWERS / LISTA RECENZENATA

Alphabetically:

Mesud AJANOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Boris ANTIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Ibrahim BADI	University of Misurata, Department of Mechanical Engineering, Libya
Ivan BELOŠEVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic 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
Vladimir BRTKA	University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Serbia
Mirjana BUGARINOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Nermin ČABRIĆ	University of Sarajevo, Faculty of Transport and Communications, B&H
Zoran ČEPIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Alem ČOLAKOVIĆ	University of Sarajevo, Faculty of Transport and Communications, B&H
Jelica DAVIDOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Dalibor DOBRILOVIĆ	University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Serbia
Dejan DRAJIĆ	University of Belgrade, School of Electrical Engineering, Serbia
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
Živko ERCEG	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Draženko GLAVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Pavle GLADOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Jasna GLIŠOVIĆ	University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Serbia
Miloš IVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Vít JANOŠ	Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences, Czech, CZ
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
Jadranka JOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic 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
Goran KUZMIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
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
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
Peter MÁRTON	University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Slovakia
Boško MATOVIĆ	University of Montenegro, Faculty of Mechanical Engineering, Montenegro
Aleksandar MIĆOVIĆ	University of Priština, Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica
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
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
Đorđe POPOVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Drago PUPAVAC	Polytechnic of Rijeka, Croatia
Miodrag REGODIĆ	University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, B&H
Stefano RICCI	Sapienza University of Rome, DICEA, Development & Innovation in Transport Systems, Italy
Mileva SAMARDŽIĆ PETROVIĆ	University of Belgrade, Faculty of civil engineering, Serbia
Marko SLAVULJ	University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Croatia
Siniša SREMAC	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia
Aleksandar STEVANOVIĆ	University of Pittsburgh, Civil and Environmental Engineering, SAD
Aleksandar STJEPANOVIĆ	University of Sarajevo, Faculty of Transport and Communications, 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
Mirko STOJČIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
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
Aleksandar TODIĆ	University of Pristina, Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, Serbia
Radmilo TODOSIJEVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Economics, Serbia
Marko VASILJEVIĆ	University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, B&H
Slavko VESKOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia
Vera ZELENOVIĆ	University of Novi Sad, Faculty of Economics, Serbia
Milan ZLATKOVIĆ	University of Wyoming, Department of Civil and Architectural Engineering, SAD
Predrag ŽIVANOVIĆ	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Serbia

CONTENTS / SADRŽAJ

ROAD PAVEMENT CONSTRUCTION TECHNOLOGY TAKING INTO ACCOUNT THE COMPOSITION OF THE ASPHALT GRANULOCONCRETE MIXTURE
Konstantin Andrianov, Anatoliy Zubkov....1

CAPACITY BUILDING IN HIGHER EDUCATION IN THE FIELD OF TRANSPORTATION OF A DANGEROUS GOODS IN THE WESTERN BALKAN COUNTRIES – DGTRANS ERASMUS+
Aleksandra Petrović....1

RAILWAY STATIONS: CAPACITY & PERFORMANCE ASSESSMENT OF TRACK LAYOUTS
Ivan Belošević....2

THE METHOD OF THE RESEARCH LOOP OF TELETRAFFIC IN THE STRUCTURE OF THE SYSTEM OF PUBLIC URBAN PASSENGER TRANSPORT
Milorad Banjanin, Radenka Bjelošević, Milan Vasiljević, Mirko Stojčić, Aleksandar Đukić....4

PREMIUM ROAD MARKINGS: ONE TIME HIGHER EXPENSE FOR LOWER OVERALL COST17
Tomasz E. Burghardt, Anton Pashkevich....17

THE IMPORTANCE OF DRIVER FATIGUE MANAGEMENT IN TRANSPORT COMPANIES
ZNAČAJ UPRAVLJANJA UMOROM KOD VOZAČA U TRANSPORTNIM KOMPANIJAMA
Jelica Davidović, Dalibor Pešić, Boris Antić....23

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF PASSENGER VEHICLE TIRES ON BRAKING EFFICIENCY
Darius Astrauskas....29

IMPORTANCE OF ECO-DRIVING AND DIFFERENCE IT MAKES IN FUEL CONSUMPTION
Manvydas Bagavičius....36

IMPROPER AND INSUFFICIENT COMPLIANCE WITH THE REGULATIONS AND RULES IN ROAD TRAFFIC AND THE IMPACT OF THAT FAILURE ON THE SAFETY OF TRAFFIC PARTICIPANTS
Dragana Agić, Muhamed Barut, Fuad Klisura, Mustafić Ibrahim....44

INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS AS A SOLUTION FOR REDUCING FATAL CRASHES
Dragan Radovanović....50

TEMPORAL ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS WITH PEDESTRIANS IN KRAGUJEVAC
Veselinka Jokić, Miloš Pljakić....58

IMPACT ANALYSIS TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES ON ROAD SAFETY
Vojislav Krstić, Bojan Marić, Aleksandar Mićović, Radoje Jovanović....67

VIDEO SURVEILLANCE FOR AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION AND DETECTION OF TRAFFIC VIOLATIONS AND COORDINATED OPERATION OF TRAFFIC LIGHTS IN SPEED REDUCTION MEASURES AS AN IDENTIFIABLE FACTOR IN THE CAUSE OF A TRAFFIC ACCIDENT
Miroslav Derikonjić, Đorđe Fazekaš, Bogdan Radin....74

SEIZURE OF VEHICLES AS A PROTECTIVE MEASURE AGAINST MULTIPLE TRAFFIC OFFENDERS
Goran Bošnjak, Milan Salamadija....82

APPLICATION OF INFRASTRACTURE SAFETY MANAGEMENT WITH SPECIAL ATTENTION TO THE M10 ROAD IN MONTENEGRO
Vladimir Ilić, Dragan Jovanović, Milanko Damjanović, Radoje Vujadinović, Boško Matović....90

LEGAL BASIS AND REGULATIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF ROAD WORK ZONES IN THE REPUBLIC OF SERBIA
Dalibor Pešić, Aleksandra Obradović....98

ANALYSIS OF PARENT'S INFLUENCE ON CHILDREN'S BEHAVIOR IN TRAFFIC
Boris Antić, Vojislav Krstić, Dragan Stanimirović, Aleksandar Mićović, Mesud Ajanović....104

VEHICLE FLOW AS A CRITERION FOR THE IMPLEMENTATION OF LIGHT SIGNALING
Bojana Ristić....116

BL BUSTRACKER: A DISTRIBUTED SYSTEM FOR BUS TRACKING
Drazen Brdjanin, Danijela Banjac, Dragan Jovic, Filip Stojakovic, Aleksandar Bosancic....124

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF OPTIMAL FLEXIBLE PAVEMENT MODELS FROM GRAINED ASPHALT COMPONENTS OF USED PAVEMENT
Edis Softić, Marko Subotić, Elvir Jusić, Željko Stević 133

PROBLEMS AND PROPOSED SOLUTIONS FOR THE PLANNING OF PUBLIC TRANSPORT IN BITOLA
Vaska Atanasova, Marija Stojanoska, Nikola Krstanoski 143

THE FACTORS ASSOCIATED WITH DRIVING UNDER THE INFLUENCE OF ALCOHOL
Emir Smailović, Dalibor Pešić, Boris Antić, Nenad Marković 150

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LOCAL COMMUNITY VEHICLE FLEETS
Pavle Gladović, Božo Ilić, Vesko Lukovac, Vladimir Popović 158

A MODEL FOR RESEARCH AND ANALYSIS OF TRAFFIC SAFETY CONDITIONS FOR TRACTOR DRIVERS IN THE REPUBLIC OF SERBIA
Đorđe Vranješ, Bojan Marić, Goran Tričković, Zdravko Tarlać 164

EVALUATION OF THE COMPATIBILITY FACTOR OF THE VEHCILE COLLISION PROCESS IN REAL TRAFFIC ACCIDENTS
Goran Mihaljčić, Bojan Mihaljčić, Vuk Bogdanović, Tihomir Đurić 171

HOW TO IMPROVE THE PASSIVE SAFETY OF ROADS?
Demeter Prislan 179

COMPARATIVE ANALYSIS OF DATA OBTAINED FROM THE DIGITAL TACHOGRAPH, DRIVER'S CARD AND TRAVEL ORDERS PN-3
Đorđe Popović, Saša Petrović, Tihomir Đurić, Slaviša Gačić 186

COMPARISON OF ROLLER BRAKING FORCE RESULTS ON THE SAME VEHICLE AT TWO DIFFERENT VEHICLE INSPECTION STATIONS
Đorđe Popović, Slaviša Gačić, Saša Petrović, Adaleta Skula 195

THE CHOICE OF TYRES AS A SAFETY FACTOR IN TERMS OF ACTUAL AND DISPLAYED SPEED
Sanja Rakić, Zoran Ristikić, Miroslav Pavlović, Miloš Ninković 200

ELECTRIC VEHICLE POWERTRAIN DESIGN
Zoran Ristikić, Svetko Milutinović, Milan Eremija, Miroslav Pavlović, Ernad Ajanović 208

INFLUENCE OF THE APPLICATION OF BIODIESEL FUEL ON THE DRIVE AND ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES
Milan Eremija, Snežana Petković, Pero Dugić, Zoran Ristikić, Svetko Milutinović 214

ROAD MOTOR VEHICLE FIRES AND IMPACTS ON THE ENVIRONMENT
Dragiša Đorđić, Slavko Đurić, Milan Milotić, Džana Dubinović 221

MODELING THE DISTRIBUTION OF DANGEROUS AIR-POLLUTANTS AND IT SUPPORT IN TRAFFIC ACCIDENTS
Venezija S. Ilijazi, Jelena S. Lamovec, Stevo K. Jaćimovski, Jovan P. Šetrajčić 228

ELECTRIC VEHICLES
Aleksandar Mićović, Živorad Ristić, Vojislav Krstić, Slobodan Makragić 236

IMPACT OF MOTOR VEHICLES ON THE ENVIRONMENT
Zoran Ćurguz, Ivan Krstić, Miroslav Kostadinović, Siniša Božićković, Božidar Krstić 244

POSSIBILITES FOR DETERMINATION OF THE OPTIMAL STRATEGY FOR PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE VEHICLE ELECTRICAL EQUIPMENT USING MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION
Zoran Ćurguz, Ivan Krstić, Miroslav Kostadinović, Božidar Krstić 253

THE INFLUENCE OF CALL CENTER ON LOGISTICS PROCESSES
Amel Kosovac, Elvedin Hasanović, Adisa Medić 260

IMPLEMENTATION AND POSSIBILITIES OF BUILDING CITY LOGISTICS IN THE AREA OF THE CITY MUNICIPALITIES OF THE CITY OF SARAJEVO
Amel Kosovac, Elvedin Hasanović, Adisa Medić 267

RELOCATION LOGISTICS: FLOWS, STAKEHOLDERS AND SERVICES
Snežana Tadić, Miloš Veljović, Veljko Vidojević, Mladen Krstić, Slobodan Zečević 274

CROSS – DOCKING CONCEPT IN INTERMODAL TRANSPORTATION
Mladen Krstic, Biljana Mićić, Snežana Tadić, Slobodan Zečević 280

THE IMPACT OF MICRODEPOTS ON THE EFFICIENCY OF URBAN DISTRIBUTION
Stevan Veličković, Jelena Milutinović, Biljana Grgurović, Slavica Radosavljević 287

REGARDING THE MATTER OF TARE-PIECE CARGO STORAGE CAPACITY
Ilesaliev D.I., Ismatullaev A.F., Mustanov O.G. 294

ANALYSIS AND CONCLUSIONS ON THE IMPACT OF TRANSPORT CONTAINERS ON TRANSPORTATION CONDITIONS
Ilesaliev D.I., Svetashev A.A., Ismatullaev A.F., Shikhnazarov J.A. 302

SPECIFICITIES OF REGENERATIVE BRAKING AND RECOVERY OF ELECTRICAL ENERGY FOR ELECTRIC BUS
Slobodan Mišanović 309

FORENSICS OF PORSCHE CARRERA GT FIRE CASE PRESENTATION
Vojkan M. Zorić, Jovan P. Šetrajčić 320

IMPACT OF THE IMPLEMENTATION OF DIGITAL AUTOMATIC COUPLING ON WORKING CONDITIONS OF SHUNTING STAFF
Adrian Wagner, Fabián Figueroa Valle, Frank Michelberger 329

ENERGETIC COMPARISON OF LOCAL FREIGHT SERVICE WITH DUAL-SOURCE VEHICLES
Martin Chýle 335

ASSEMENT OF TERMINAL STATIONS OPERATION: AN INTEGRATED METHODOLOGY
Gabriele Malavasi, Stefano Ricci 342

RAIL FACTOR AND ITS PERCEPTION IN SMALLER REGIONS – LOVOSICE CASE STUDY
Stanislav Metelka, Vít Janoš 349

A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR RAILROAD NOISE BARRIER
Hirut Grossberger, Lukas Stock, Frank Michelberger, Andrea Jandl – Rieger 355

BUILDING A COMMUNITY OF RAILWAY SCIENTIFIC RESEARCHERS AND ACADEMIA
Peter Márton, Armando Carrillo Zanuy 363

FUZZY-FMEA APPROACH FOR RISK ANALYSIS OF SWITCH ELEMENTS
Milivoje Ilić, Norbert Pavlović, Ivan Belošević 371

MODEL OF REGULATION OF THE RAILWAY TRANSPORT MARKET IN BOSNIA AND HERZEGOVINA
Ratko Đuričić, Nermin Čabrić, Danijela Despotović, Vladimir Malčić 379

REVIEW TO THE STRUCTURE OF TRACK ACCES CHARGES FOR SMALL RAILWAY NETWORKS
Vladimir Malčić, Branislav Bošković, Mirjana Bugarinović, Ratko Đuričić 386

IDENTIFICATION OF CRITERIA FOR RESILIENCE ASSESSMENT OF THE PUBLIC RAILWAY OPERATOR IN OPEN RAILWAY MARKET CONDITIONS
Tihomir Subotić, Branislav Bošković 393

NON - CONTACT MEASURMENT OF TRACK GEOMETRY PARAMETERS
Mladen Žarković, Željko Mitrović, Lazar Mosurović, Jovo Steljić, Filip Šćekić 401

SAFETY OF PASSENGERS ON PLATFORMS IN RAILWAY STATIONS AND STOPS
Zdenka Popović, Luka Lazarević, Jaroslav Matuška 409

THE RELATIONSHIP OF THE EFFICIENCY INDEX OF EUROPEAN RAILWAYS AND THE QUALITY OF THE RAILWAY INFRASTRUCTURE
Drago Pupavac 416

RAIL TRAFFIC SAFETY BASED ON ADVANCED INTERNET TECHNOLOGIES
Zoran G. Pavlović, Veljko Radičević, Marko Bursać, Miloš Milanović, Nevena Veljović 424

DYNAMICS OF EXECUTION OF EVENTS IN THE PROCESS STRUCTURES OF THE TRAFFIC INSPECTION
Aleksandar Đukić, Radenka Bjelošević, Milan Vasiljević, Milorad Banjanin, Mirko Stojčić 431

APPLICATION OF DIGITAL SOLUTIONS IN POSTAL SERVICES
Biljana Grgurović, Slavica Radosavljenić, Jelena Milutinović, Stevan Veličković 439

THE USE OF BIG POSTAL DATA AS A NEW BUSINESS OPPORTUNITY FOR POSTAL OPERATORS
Jelena Milutinović, Slavica Radosavljenić, Biljana Grgurović, Stevan Veličković 447

TELEMATICS SYSTEMS IN DANGER GOOD TRANSPORT
Aleksandar Stjepanović, Miroslav Kostadinović, Goran Kuzmić, Mario Radonjić, Milana Sredojević 458

APPLICATION OF RFID TECHNOLOGY IN IDENTIFICATION AND MEASUREMENTS - CASE STUDY ATHLETIC RACE
Žarko Jovanović....464

MODEL OF MONITORING LINUX BASED PLATFORM IN LARGE CORPORATE NETWORK
Sanja Jevtić, Dragan Jevtić, Marko Bursać, Marija Zajeganović 473

MODEL OF CYBER-PHYSICAL SYSTEM FOR TRACKING AND PREDICTION OF POSTAL DELIVERY TIMES
Mirko Stojčić, Đorđe Popović, Maid Husić, Nataša Đalić, Tanja Kostadinović 479

TECHNICAL ASPECTS OF APPLICATION OF ELECTRONIC SIGNATURE IN BUSINESS SYSTEMS
Salih Husaković, Bojana Ristić....487

IMPLEMENTATION OF A SENSOR SYSTEM IN TRAFFIC BASED ON THE ZIGBEE PLATFORM
Tanja Kostadinović, Amer Sarajlić, Aleksa Mirčetić 495

PROPOSAL FOR THE TECHNICAL SOLUTION OF INTELLIGENT LIGHT SIGNALING
Tanja Kostadinović, Darko Spasojević, Svetko Milutinović, Vanja Vanovac....501

CONCENTRATION OF ECONOMIC ACTIVITIES OF THE REPUBLIC OF SRPSKA AND THEIR INFLUENCE ON EMPLOYMENT AND STRATEGIC DECISIONS
Siniša Božičković, Cviko Jekić, Goran Mitrović, Adaleta Skula, Željka Filipović 507

PLENARY LECTURES / PLENARNA PREDAVANJA

ROAD PAVEMENT CONSTRUCTION TECHNOLOGY TAKING INTO ACCOUNT THE COMPOSITION OF THE ASPHALT GRANULOCONCRETE MIXTURE

Konstantin Andrianov[a], Anatoliy Zubkov[a]

[a] Tambov State Technical University, Department "Town planning and roads", gsiad@mail.tambov.ru

CAPACITY BUILDING IN HIGHER EDUCATION IN THE FIELD OF TRANSPORTATION OF A DANGEROUS GOODS IN THE WESTERN BALKAN COUNTRIES – DGTRANS ERASMUS+

Aleksandra Petrović

University of Priština, Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, Department of Traffic and Transport, aleksandra.petrovic@pr.ac.rs

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

RAILWAY STATIONS: CAPACITY & PERFORMANCE ASSESSMENT OF TRACK LAYOUTS

Ivan Belošević

University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, i.belosevic@sf.bg.ac.rs

Abstract: *Stations have a key role in the smooth functioning of railways as they often limit the rail network capacity. Interrelations between track layouts and operational performances are important for reducing bottleneck effects and need to be assessed within the planning and design process, either for new lines or lines under reconstruction. This paper reviews approaches used to gain comprehensive knowledge about the quality of station track layouts. In the literature, the assessment of track layouts has been considered primarily with respect to capacity analysis as a single-criterion approach. Apart from many single criterion approaches directed to measure track occupancy and optimize capacity utilization, additional aspects could be incorporated to obtain various measures of complexity and robustness for track layouts emphasising operational, safety and/or cost efficiency. Developed methods provide an improved understanding of the trade-offs between track layout complexity and costs. The applicability of developed models is demonstrated using syntactic data and realistic case studies on the Serbian railway network.*

Key words: *stations, rail network capacity, track layouts, capacity analysis, operational performances*

INVITED PAPER / RAD PO POZIVU

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

THE METHOD OF THE RESEARCH LOOP OF TELETRAFFIC IN THE STRUCTURE OF THE SYSTEM OF PUBLIC URBAN PASSENGER TRANSPORT

METOD ISTAŽIVAČKE PETLJE TELESAOBRAĆAJA U STRUKTURI SISTEMA JAVNOG GRADSKOG TRANSPORTA PUTNIKA

Milorad Banjanin[a], Radenka Bjelošević[b], Milan Vasiljević[c], Mirko Stojčić[b], Aleksandar Đukić[c]

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

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, bjelosevicradenka@gmail.com, mirko.stojcic@sf.ues.rs.ba*

[c] *Bosnia and Herzegovina, milanvasiljevic84@gamil.com, djukicaleksandar1990@gmail.com*

Abstract: *The system of public urban passenger transport (JGTP) is most often presented in the literature as an open, complex or very complex organizational-technological system for the production of transport services. It is emphasized that the functioning of JGTP takes place in the conditions of stochastic changes in the state of meeting the transport needs and demands of its users. It is preferred that the objective function, structure and functioning are particularly important features of this system, where it can be seen that these features deserve a more thorough determination. In this paper, the fact that JGTP is an engineering system that represents a complex matrix of hardware and software structural components and their elements in intra-system and extra-system interactions is apostrophized. This means that the structure of the system is given by hardware and software, which leads to the conclusion of its multidimensionality. Structural dimensions are the target function or mission of the system, organizational, functional, communication-interactional, informational-spatial and shopping structure. In all the mentioned dimensions, the role of communication systems and processes is indispensable. The task of the objective function is to maintain the fully structured JGTP system in full operational readiness, functional capability and reliability during operation to achieve optimal production and economic effects of the transport service in a stochastic environment with which the system is in intensive multimodal interactions. Organizational structure implies a formal system of people's roles and their relationships in the execution of various tasks or roles that, through the use of resources, cooperate with each other to achieve the organization's goals. The factors of the organizational structure are its area of activity, contents, time horizon, information system, integration processes and flows. In principle, the functional structure is defined by actions, activities, events, transactions, transactional events and processes performed by the system in the conversion of inputs into outputs that are the subject of process analysis of the system. The objective function requires a functional structure of the JGTP system that is open, flexible and extensible with stochastic change of state and organizational-technological adaptation to the needs of users in meeting transport needs through a product called optimal transport service. The information-spatial structure of the JGTP system is determined by the totality of semantic representations, especially in the elements of contractual relations in the production and provision of transport services, in licenses, authorizations, concessions, line contracts for the transport of passengers, etc., in the set of information technologies, information and communication technologies are of particular importance with material, energy, information and value flows on the spatial information infrastructure (PII) platform. PII consists of data registers that can be spatial, transport, administrative, and the main use of PII is in creating a single access point for tasks that use spatial information. In PII, transport objects are identified with an adequate degree of accuracy of descriptive data, ie object metadata, which include the form and structure, size and value of each registered object in the system. The communication-interaction structure of the JGTP system enables coordination of activities, control of flows and actions, motivation and behavior of people, reactive, co-active and proactive interactions of the entire*

organization, which are specified by the communication analysis of the system. The strategic concept of managing the transport system and processes is based on the platform of transmission, presentation, sharing and exchange of information, documents, applications, programs and other entities of distributed systems between numerous participants and above all the role holders in the JGTP system. , streaming and background network traffic in the JGTP system. It is a longitudinal, transferal and diagonal platform of the target function, structure and functioning of the JGTP system.

The research loop method, which is used in this paper, is inductive and starts from the task from the tele-traffic theory to configure the optimal man-machine systems based on the knowledge of the user-passenger requirements and the behavior of JGTP in the transport space. The basic steps in the research loop are observation of the real JGTP system in a stochastic and deterministic context, modeling of data flows and telecommunication traffic, model testing, data validation and model verification. User needs and requirements, ie. of passengers are modeled with the statistical properties of traffic. When the verification does not provide precise and accurate values of the model, one or more iteration procedures are performed by returning to the modeling phase.

Key words: *public urban passenger transport system, objective function of the system, multidimensional structure, transport space, passenger behavior, research loop, teletransportation theory, teletraffic classes-conversational, interactive, streaming and background, information-spatial infrastructure*

Apstrakt: *Sistem javnog gradskog transporta putnika (JGTP) se najčešće u literaturi predstavlja kao otvoreni, složeni ili veoma složeni organizaciono-tehnološki sistem za proizvodnju transportne usluge. Naglašava se da se funkcionisanje JGTP odvija u uslovima stohastičkih promena stanja u zadovoljavanju transportnih potreba i zahteva njegovih korisnika. Preferira se da su funkcija cilja, struktura i funkcionisanje posebno bitne karakteristike ovog sistema pri čemu se može uočiti da te ali i druge karakteristike zaslužuju temeljitiju determinisanost. U ovom radu se apostrofira činjenica da je JGTP inženjerski sistem koji predstavlja kompleksnu matricu hardverskih i softverskih strukturnih komponenata i njihovih elemenata u intrasistemskim i ekstrasistemskim interakcijama. To znači da je struktura sistema data hardverom i softverom što upućuje na zaključak o njenoj višedimenzionlnosti. Strukturne dimenzije su ciljna funkcija ili misija sistema, organizaciona, funkcionalna, komunikaciono-interakciona, informaciono-prostorna i upavljačka struktura. U svim navedenim dimenzijama neizostavna je uloga komunikacionih sistema i procesa. Zadatak ciljne funkcije je da celovito strukturiran sistem JGTP održava u punoj operativnoj gotovosti, funkcionalnoj sposobnosti i pouzdanosti u vremenu funkcionisanja za postizanje optimalnih proizvodnih i ekonomskih efekata transportne usluge u stohastičkoj okolini sa kojom je sistem u intenzivnim multimodalnim interakcijama. Organizaciona struktura podrazumeva formalni sistem uloga ljudi i njihovih odnosa u izvršavanju različitih zadataka ili uloga koji, kroz korišćenje resursa, međusobno sarađuju da bi postigli ciljeve organizacije. Faktori organizacione strukture su njeno područje delatnosti, sadržaji, vremenski horizont, informacioni sistem, integracioni procesi i tokovi. U načelu funkcionalnu strukturu definišu akcije, aktivnosti, događaji, transakcije, transakcijski događaji i procesi koje izvodi sistem u konverziji inputa u outpute koji su predmet procesne analize sistema. Ciljna funkcija zahteva funkcionalnu strukturu sistema JGTP koja je otvorena, fleksibilna i proširiva sa stohastičkom promenom stanja i organizaciono-tehnološkim prilagođavanjem zahevima korisnika u zadovoljavanju transportnih potreba kroz proizvod koji se zove optimalna transportna usluga. Informaciono-prostornu strukturu sistema JGTP određuje sveukupnost semantičkih predstava, posebno kod operativnih tehnologija i elemenata ugovornih odnosa u proizvodnji i pružanju transportnih usluga, u licencama, ovlašćenjima, koncesijama, linijskim ugovorima o transport putnika, itd. U skupu informacionih tehnologija poseban značaj pripada informacionim i komunikacionim tehnologijama sa tokovima materijala, energije, informacija i vrednosti na platformi prostorno-informacione infrastrukture (PII). PII čine registri podataka koji mogu biti prostorni, transportni, administrativni a glavna upotreba PII je u kreiranju jedne pristupne tačke za zadatke koji koriste prostorne informacije. U PII transportni objekti se identifikuju sa adekvatnim stepenom tačnosti deskriptivnih podataka odnosno metapodataka objekata koji uključuju formu i strukturu, veličinu i vrednosti svakog registrovanog objekta u sistemu. Komunikaciono-interakciona struktura sistema JGTP omogućava koordinaciju aktivnosti, kontrolu tokova i akcija, motivacije i ponašanja ljudi, reaktivne, koaktivne i proaktivne interakcije cele organizacije koje se specificiraju komunikacionom analizom sistema. Strateška koncepcija upravljanja transportnim sistemom i procesima zasniva se na platformi prenosa, predstavljanja, deljenja i razmene informacija, dokumenata, aplikacija, programa i drugih entiteta distribuiranih sistema između brojnih učesnika a pre svega nosioca aktivnih uloga u sistemu JGTP Telesaobraćaj obuhvata sve tokove podataka, konverzacijskog, interaktivnog, striming i pozadinskog mrežnog saobraćaja u sistemu JGTP. Longitudinalna je, transferzalna i lateralna platforma ciljne funkcije, strukture i funkcionisanja sistema JGTP.*

Metod istraživačke petlje, koji se koristi u ovom radu, je induktivan i polazi od zadatka iz teorije telesaobraćaja da se konfigurišu optimalni sistemi čovek-mašina na bazi poznavanja zahteva korisnika-putnika i ponašanja JGTP u transportnom prostoru. Osnovni koraci u istraživačkoj petlji su opservacija realnog sistema JGTP u stohastičkom i determinističkom kontekstu, modelovanje tokova podataka kao i konverzacijskog, intreaktivnog, striming i pozadinskog telekomunikaciong saobraćaja, testiranje modela, validacija podatka i verifkacija modela. Potrebe i zahtevi korisnika tj. putnika se modeluju statističkim svojstvima saobraćaja, Kada verfifikacija ne daje precizne i tačne vrednosti modela vrši se jedan ili više iteracionih postupaka vraćanjem u fazu modelovanja.

Ključne reči: *sistem javnog gradskog transporta putnika, ciljna funkcija sistema, višedimenzionalna struktura, transportni prostor, ponašanje putnika, istraživačka petlja, teorija telesaobraćaja, klase telesaobraćaja-konverzacioni, interaktivni, striming i pozadinski, informaciono-prostorna infrastruktura*

1. UVOD

U predmetu istraživanja ovog rada je *telesaobraćajni inženjering,* koji se bavi optimizacijom strukture mreže i prilagođavanjem količine opreme koja zavisi od količine saobraćaja [1] u sistemu javnog gradskog transporta putnika (JGTP) koji se najčešće u literaturi predstavlja kao **otvoreni**, **složeni** ili **veoma složeni organizaciono-tehnološki sistem** za proizvodnju i izvršenje transportne usluge. Sistem JGTP je inženjerski sistem koji se planira, projektuje, izgrađuje, eksploatiše i koristi u definisanom transportnom prostoru. Transportni prostor je dio kompleksnog i apstraktno-logički povezanog sistema urbanizacije na lokaciji određenog mesta-grada. To je jediničnni prostor u urbanističko-arhitektonskom kontekstu u kome se izgrađuje sistem javnog gradskog transporta putnika sa izuzetno vidljivim i jakim uticajem na kvalitet života svakog pojedinca i organizaciju života društva u dotičnom gradu [2]. Šuljević (2022) ističe da ubranu arhitekturu, transportni prostor i životnu sredinu formiraju „simbiotski odnos čiju dinamičku ravnotežu često narušavaju multiplikativni faktori okoline sa amplifikacijom uticaja iz raznih izvora kontaminacije“. On dalje zaključuje da je „zbog toga u urbanim naseljima, a posebno u gradovima potreban koncept arhitekture ekvilibrijuma kod planskog projektovanja i praćenja objekata od ideje do realizacije“[2] što uključuje i tretman transportne usluge.

Transportna usluga je komponenta dinamički intenzivne determinističke komunalne usluge koju Tica (2016), definiše kao „kombinacija sukcesivnih i paralelnih procesnih aktivnosti kojima se zadovoljavaju potrebe putnika kao korisnika resursa lokalne samouprave i transportnog operatera koji funkcionišu na principima interoperabilnosti“ [3]. Sve navedene akcije, aktivnosti i događaje su elementi transportnog procesa, tako da je transportna usluga osnovni izlazni rezultat transportnog procesa u sistemu JGTP.

Funkcionisanje sistema jgtp odvija se u uslovima stohastičkih promena stanja u zadovoljavanju transportnih potreba i zahteva njegovih korisnika. Preferira se da su funkcija cilja, struktura i funkcionisanje posebno bitne karakteristike ovog sistema pri čemu se može uočiti da te, ali i druge karakteristike zaslužuju temeljitiju determinisanost. To znači da struktura sistema uključuje hardverske i softverske komponente što upućuje na zaključak o njenoj višedimenzionlnosti [4].

Strukturne dimenzije JGPT obuhvataju sljedeće:

- Ciljna struktura ili misija sistema JGTP čiji je zadatak da celovito strukturiran sistem JGTP održava u punoj operativnoj gotovosti, funkcionalnoj sposobnosti i pouzdanosti u vremenu funkcionisanja za postizanje optimalnih proizvodnih i ekonomskih efekata transportne usluge u stohastičkoj okolini sa kojom je sistem u intenzivnim multimodalnim interakcijama.
- Organizaciona struktura podrazumeva formalni sistem uloga ljudi i njihovih odnosa u izvršavanju različitih zadataka ili uloga koji, kroz korišćenje resursa, međusobno sarađuju da bi postigli ciljeve organizacije. Faktori organizacione strukture su njeno područje delatnosti, sadržaji, vremenski horizont, informacioni sistem, integracioni procesi i tokovi.
- Funkcionalnu strukturu definišu akcije, aktivnosti, događaji, transakcije, transakcijski događaji i procesi koje izvodi sistem u konverziji inputa u outpute a koji su predmet procesne analize sistema. Savremeni sistem funkcionisanja javnim transportom vrši praćenje funkcionisanja transportnog procesa u prostoru (trase linija, stajališta, terminusi...) i vremenu (redovi vožnje, brzina vozila, vreme obrta, radno vreme vozača, smene vozača I druge procesne performanse [3,4,5.6].
- Informaciono-prostornu strukturu sistema JGTP određuje sveukupnost semantičkih predstava, posebno kod operativnih tehnologija i elemenata ugovornih odnosa u proizvodnji i pružanju transportnih usluga, u licencama, ovlašćenjima, koncesijama, linijskim ugovorima o transport putnika, itd.

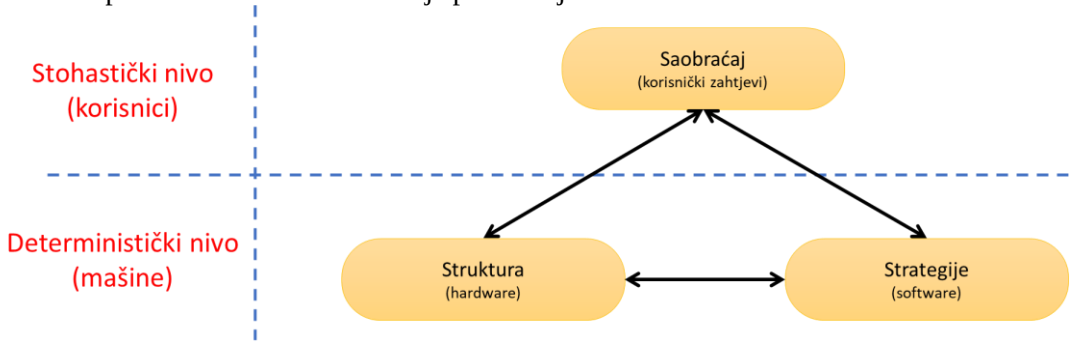
- Komunikaciono-interaktivnu strukturu sistema JGTP koja omogućava koordinaciju aktivnosti, kontrolu tokova i akcija, motivacije i ponašanja ljudi, reaktivne, koaktivne i proaktivne interakcije cele organizacije specificiraju se komunikacionom analizom sistema. Komunikaciona infrastruktura obezbeđuje sve potrebne funkcionalnosti transfera podataka između vozila i KC, vozila i autobaze, KC i stajališta i KC i operatera [5]. Tip mreže koja se koristi za prenos podataka u podsistemu za upravljanje vozilima je GSM mreža mobilne telefonije, odnosno GPRS i SMS komunikacija i komunikacija putem interneta [6]. Opremu ugrađenu u vozila javnog transporta čine uređaj za komunikaciju (kompleksan uređaj sastavljen od GPS/GPRS modula sa pripadajućom opremom, mikroprocesora, memorije i jedinice za napajanje) i komandna tabla vozača (osnovne funkcije su komunikacija sa dispečerskim centrom preko odgovarajućeg GSM/GPRS modulai identifikacija vozača prekko integrisanog čitača beskontaktni kartica (RFID). [4,5,6,7].
- Upravljačka sturktura koja predstavlja stratešku koncepciju upravljanja transportnim sistemom i procesima zasniva se na platformi prenosa, predstavljanja, deljenja i razmene informacija, dokumenata, aplikacija, programa i drugih entiteta distribuiranih sistema između brojnih učesnika [4,6].a pre svega nosioca aktivnih uloga u sistemu JGTP. Kao polazna tačka u sistemu za upravljanje je planiranje i projektovanje transportnog procesa gde se definišu očekivani parametri funkcionisanja u prostoru i vremenu.

2. KLJUČNI ELEMENTI U MODELOVANJU TELEKOMUNIKACIONOG SISTEMA

U analiranju telekomunikacionog sistema [1,6] potreban je razvoj modela telesaobraćaja u svrhu neophodnog povezivanja operativnih tehnologija na principu interoperabilnosti sistema sa primenom određenog matematičkog i računarskog modelovanja. U tom modelovanju koriste se tri ključna elementa[1] :

- Struktura sistema koja obuhvata hardverske komponente na nivou mašina kao determinističke i softverske komponente koje uključuju operativne strategije na nivou ljudi sa stohastičkim karakteristikama saobraćaja u domenu korisnika
- Operativne strategije u telekomunikacionom saobraćaju odnose se na određivanje prioriteta poziva i izračunavanje optimalnih ruta upućenih poziva do krajnjih korisnika. Poziv koji je tek prihvaćen ima najviši prioritet, dok se naredni zahtjevi poziva obrađuju sa nižim prioritetom.
- Saobraćaj sa statističkim osobinama kojima se modeluju korisnički zahtevi, a sve u svrhu potvrđivanja valjanost matematičkog modela, odnosno utvrđivanjem da li je model u skladu sa činjeničnim stanjem.

Sva tri elementa su povezani interaktivno kako je predstavljeno na slici 1.



Slika 1. Tri glavna elementa modela su saobraćaj ili posao, strukture u determinističkim hardverskim i softverskim strukturama i strategije sa stohastičkim koji ukuljućuju ljudi u domenu korisnika saobraćaja [1]

3. METOD ISTRAŽIVAČKE PETLJE U TELESAOBRAĆAJU

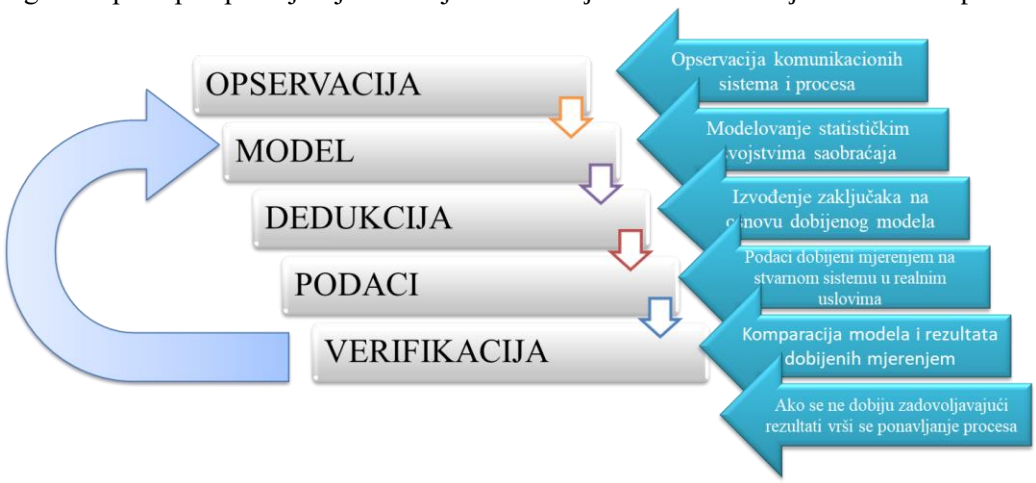
Metod istraživačke petlje telesaobraćaja sačinjavaju pet plus sukcesivnih procesa[1]: opservacija, modelovanje, dedukcija, procesiranje podataka i verifikacija (pet plus je re-verifikacija).

1. Opservacija komunikacionih sistema i procesa: ova faza uključuje pažljivo promatranje komunikacijskih sistema i procesa, što uključuje objekte i aktivnosti u tim sistemima.
2. Modelovanje: u ovoj fazi, koriste se statistički alati za stvaranje modela koji imaju bitne karakteristike promatranog sistema. Modelovanje omogućuje apstrakciju kompleksnosti sistema kako bi se bolje razumjela njegova struktura i funkcioniranje.

3. Dedukcija: nakon što se kreira model, koristi se za izvođenje zaključaka o ponašanju sistema i procesa unutar njega. Ova faza uključuje logičko razmišljanje i analizu rezultata dobijenih iz modela.
4. Procesiranje podataka: podaci se dobijaju iz merenja na stvarnim sistemima u realnim uvslovima. Ova faza osigurava da modeli budu uporedivi sa stvarnim podacima i omogućava verifikaciju modela.
5. Verifikacija: u ovoj fazi upoređuju se rezultati dobijeni iz modela s rezultatima merenja u smislu preciznosti i tačnosti. Ako se dobijeni rezultati poklapaju unutar prihvatljivih granica, model se smatra verifikovanim.

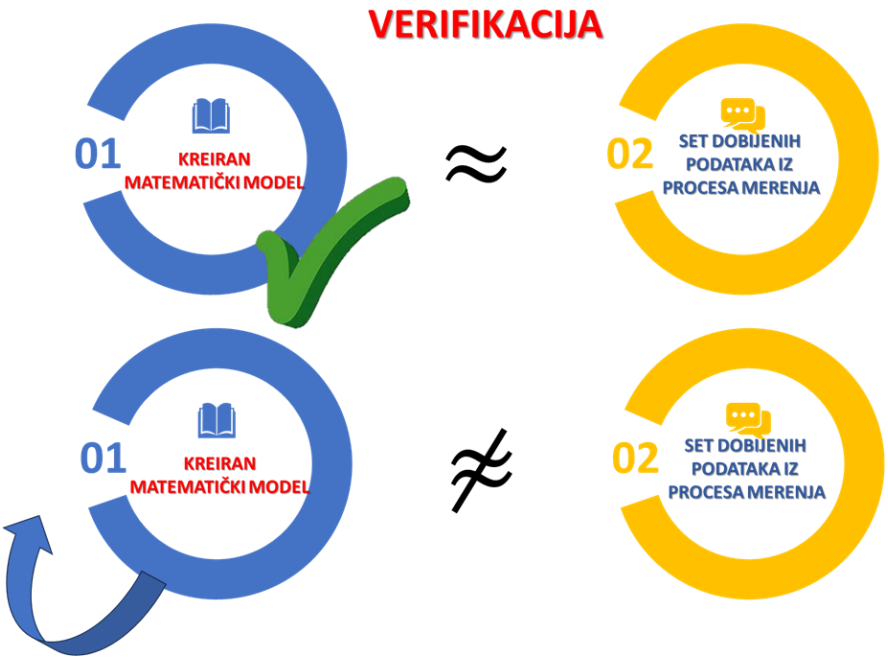
Pet plus nazivamo ponavljanje pojedinih faza proces u petlji: ako se rezultati ne pokažu zadovoljavajućima, proces se ponavlja s početkom od faze modelovanja, što može uključivati ponovno modeliranje, prikupljanje dodatnih podataka ili prilagodbu postojećeg modela kako bi se postigli bolji rezultati.

Ovaj ciklus ponavljanja procesa od početka naziva se **metodom istraživačke petlje**, čije su faze ilustrovane na slici 2, a omogućava postupno poboljšanje i razvoj razumevanja telekomunikacijskih sistema i procesa.



Slika 2. Ilustracija faza metode istraživačke petlje u telesaobraćaju

Ukratko, ako proces modelovanja rezultira matematičkim modelem koji je u skladu sa rezultatima iz procesa merenja, odnosno koji na zadovoljavajućem nivou opisuje opservirane procese sistema, smatra se da je model dobro kreiran. U suprotnom, nastavlja se izvršavanje istraživačke petlje od faze modelovanja (slika 3.)



Slika 3. Ilustracija procesa verifikacije u istraživačkoj petlji

4. OSNOVNI KONCEPTI ZA KREIRANJE MATEMATIČKOG MODELA TELESAOBRAĆAJA

Osnovni koncepti za kreiranje matematičkog modela telesaobraćaja su:

- Intenzitet saobraćaja,
- Varijacije intenziteta saobraćaja i vremena čekanja,
- Funkcije distribucije za modelovanje vremenskog intervala,
- Procesi dolaska poziva

4.1. Intezitet saobraćaja

Intenzitet saobraćaja u resursima saobraćaja predstavlja broj zauzetih resursa u određenom trenutku vremena. Jedinica za intenzitet saobraćaja je erlang i označava se sa **e** odnosno **erl**. **Srednja vrednost intenziteta saobraćaja** za određeni vremenski period **t** računa se prema formuli:

$$Y(T) = \frac{1}{T}\int_0^T n(t)dt \tag{1}$$

gde je $n(t)$ – broj zauzetih resursa u zavisnosti od vremena. Na osnovu srednje vrijednosti intenziteta saobraćaja moguće je odrediti vrednosti statističkih veličina koje se odnose na **mere centralne tendencije** (standarnda devijacija, varijansa)

Nosilac saobraćaja y=ac (carried traffic) predstavlja broj slobodnih resursa za pružanje usluga prenosa u jedinici vremena. Nosilac saobraćaja nikada ne prelazi broj kanala u saobraćaju. Kanal može nositi saobraćaj najviše vrednosti od jednog - 1 erlanga.

Raspoloživi saobraćaj predstavlja saobraćaj koji se realizuje kada nema odbijenih pokušaja uspotavljanja poziva zbog nedostatka kapaciteta, tj. Kada je broj servera neograničen. Raspoloživi saobraćaj je prosečan broj pokušaja poziva po srednjem vremenu zadržavanja, tj. Trajanja poziva:

$$A = \lambda \cdot s \tag{2}$$

gde je:

- Λ intenzitet poziva, odnosno srednji broj ponuđenih poziva po vremenskoj jedinici,
- S srednje vreme telesaobraćajne usluge

Izgubljeni ili odbijeni saobraćaj a_l: razlika između raspoloživog i prenesenog saobraćaja, predstavlja izgubljeni odnosno odbijeni saobraćaj. Izgubljeni saobraćaj se može smanjiti proširenjem kapaciteta sistema.

U sistemima za prenos podataka ne govori se o vremenu trajanja serivsa već o zahtevima za prenos.

Koeficijent korisnosti sistema (utilization**)** računa se prema formuli:

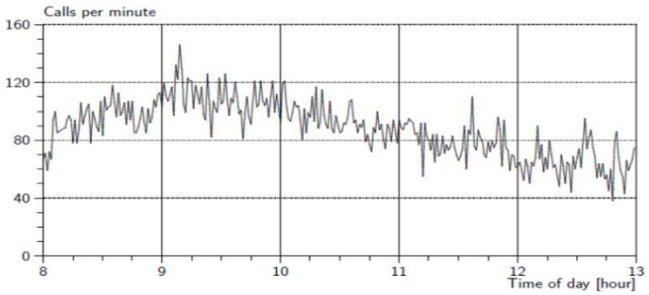
$$\rho = \frac{\lambda \cdot s}{\varphi} \tag{3}$$

gdje je:

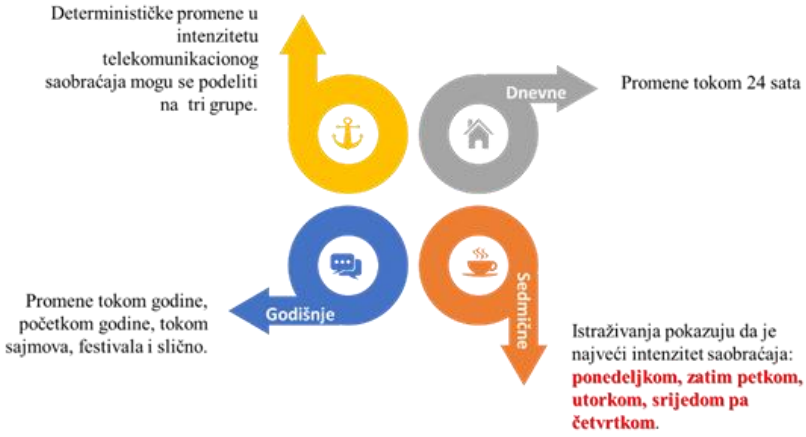
- s – broj bita
- φ – kapacitet sistema , broj prenesenih bita u jedinici vremena
- λ – prosečan broj poslova tj, saobraćaja u jedinici vremena

4.2. Varijacije intenziteta saobraćaja i vreme čekanja

Varijacije u saobraćaju dešavaju se zbog različitih aktivnosti, npr. Pretplatnici obavljaju pozive nezavisno jedni od drugih. Istraživanja koja se odnose na varijacije intenziteta saobraćaja dala su potvrdu da su delom stohastičke prirode, a delom determinističke prirode. Tokom 24h posmatranog saobraćaja intenzitet se menja najčešće prema slici 4. Tri grupe determinističkih promena u intenzitetu telekomunikacionog saobraćaja su dnevne, sedmične i godišnje čija je ilustracija na slici 5.



Slika 4. Dijagram varijacije inteziteta saobraćaja [1]



Slika 5. Tri grupe deteminističke promene u intenzitetu u telesaobraćaju: dnevne, sedmične, godišnje

4.3. Funkcije distribucije za modelovanje vremenskog intervala

Vremenski interval je od izuzetnog značaja za modelovanje dužine trajanja servisa, zauzeća i drugih procesa. Može biti opisan ne-negativnom slučajnom promenljivom. Vremenska trajanja se interpretiraju kao vremena životnog ciklusa, a njihove funkcije distribucije kao distribucije vremena. Moguće je koristitti različite funkcije distribucije za modelovanje vremena zivotnog ciklusa. **Eksponencijalna distribucija** ima svojih teorijskih ali i praktičnih prednosti te igra vrlo bitnu ulogu u modelovanju vremena života ciklusa.

Vremenski interval se može opisati promenljivom T. Ovo je karakteristično kod **kumulativnih funkcija distribucije (cdf)** označene sa $F(t)$ čija je verovatnoća trajanja vremenskog intervala manja ili jednaka t:

$$F(t) = p(T \leq t) \tag{4}$$

Gustina verovatnoće funkcije raspodele $f(t)$ je prvi izvod fukncije $F(t)$ i jednak je:

$$dF(t) = f(t)dt = p(t < T \leq t + dt), \qquad t \geq 0 \tag{5}$$

Na osnovu razmatranja samo pozitivnih vremenskih intervala sledi da je:

$$F(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ \int_0^t dF(u) = \int_0^t f(u)du, & 0 \leq t \leq \infty \end{cases} \tag{6}$$

Funkcija gustine verovatnoće često se naziva i **funkcija frekvencije**. Ponekad je lakše obraditi komplementarnu funkciju distribucije koja se naziva funkcija distribucije preživljavanja i definiše se formulom:

$$F^c(t) = 1 - F(t) \tag{7}$$

Fundamentalna raspodela u teoriji telekomunikacionog saobraćaja je eksponencijalna raspodela. Ova raspodela je okarakterisana jednim parametrom, intenzitetom λ i data je formulom:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \tag{8}$$

Odnosno, njena gustina verovatnoće funkcije raspodele, kao prvi izvod te funkcije, definisana je formulom:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \tag{9}$$

4.4. Karakteristike funkcije raspodele za modelovanje vremenskog intervala

U statistici, pojam "moment" odnosi se na određene kvantitativne mere distribucije verovatnoće ili funkcije gustine verovatnoće. Momenti daju informacije o obliku, položaju i varijaciji verovatnostne distibucije ili funkcije gustine verovatnoće. Sve dobijene karakteristike se kompariraju sa karakteristikama teorijske (u telesaobraćaju, eksponencijalne) distribucije. Postoje različite vrste momenata, a neki od osnovnih uključuju[1] :

- **Prvi moment (srednja vrednost):** Prvi moment odnosi se na srednju vrednost ili očekivanu vrednost distribucije.
- **Drugi moment (varijansa ili standardna devijacija):** Drugi moment odnosi se na meeru raspršenosti distribucije – standardna devijacija
- **Treći i četvrti moment (skewness i kurtosis):** Treći moment meri asimetriju distribucije, dok četvrti moment meri „spljoštenost" distribucije (koliko su „repovi distribucije“ izraženi) u odnosu na teorijsku distribuciju. Skewness i kurtosis su posebno važni u analizi distribucija.

Opšta formula za i-ti moment data je sa:

$$E\{T^i\} = m_i = \int_0^{+\infty} t^i \cdot f(t)dt\,;\ i = 1,2,\dots \tag{10}$$

Od posebnog je značaja Palmov identitet predstavljen obrascem [1]:

$$m_i = \int_0^{+\infty} t^i \cdot f(t)dt = m_i = \int_0^{+\infty} i \cdot t^{i-1} \cdot \{1 - F(t)\}dt\,;t = 1,2,\dots \tag{11}$$

Prva dva momenta, odnosno matematičko očekivanje i varjansu, odnosno kvadratni koren njene vrednosti – standardnu devijaciju, u skaldu sa palmovim identitetom moguće je definisati kao:

$$m_1 = \int_0^{+\infty} t \cdot f(t)dt = m_i = \int_0^{+\infty} \{1 - F(t)\}dt = E\{T\} \tag{12}$$

$$m_2 = \int_0^{+\infty} t^2 \cdot f(t)dt = m_i = \int_0^{+\infty} 2t \cdot \{1 - F(t)\}dt = \sigma^2\{T\} \tag{13}$$

Centralni i – ti moment je definisan kao:

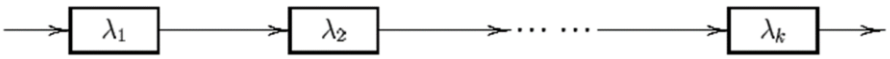
$$E\{(T - m_1)^i\} = \int_0^{+\infty} (t - m_1)^i \cdot f(t)dt \tag{14}$$

Uvezivanje distribuiranih vremenskih intervala vrši se serijskom vezom, paralelnom vezom i kombinovanim vezama-faza.

Serijska veza: uvezivanjem eksponencijalno distribuiranih vremenskih intervala u seriju (rednu vezu) dobija se klasa distribucija nazvanih **erlangove distribucije**. Prilikom povezivanja u seriju k nezavisnih vremenskih intervala, rezultujući momenti centralne tendencije predstavljaju zbir k momenata centralne tendencije pojedinačnog vremenskog intervala.

$$m_1 = \sum_{i=1}^{k} m_{1,i} \tag{15}$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{k} m_{2,i} \tag{16}$$

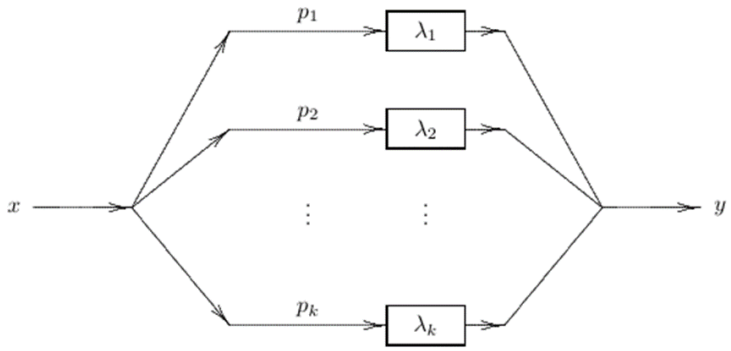


Slika 6. Uvezivanje distribuiranih vremenskih intervala u serijsku vezu

Paralelna veza: uvezujući paralelno nezavisne vremenske intervale, dobija se hiper-eksponencijalna distribucija. Proračun vrednosti matematičkog očekivanja i varijanse prilikom paralelne veze k nezavisnih vremenskih intervala zavisi od verovatnoće izbora grane p_i.

$$m_1 = \sum_{i=1}^{k} p_i \cdot m_{1,i} \tag{17}$$

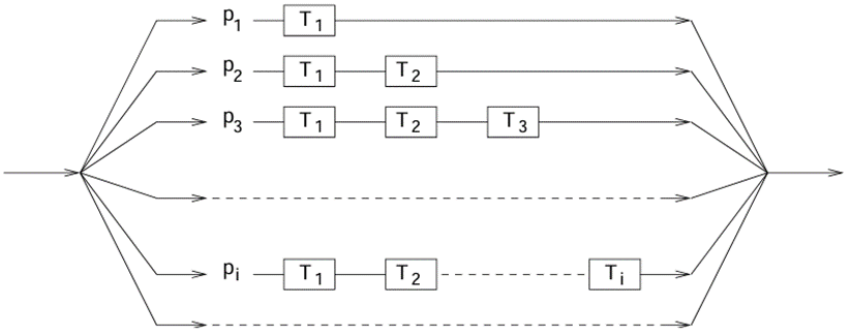
$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{k} p_i \cdot m_{2,i} \tag{18}$$



Slika 7. Uvezivanje distribuiranih vremenskih intervala u paralelnu vezu

Kombinovana veza – faza: kombinovanjem eksponencijalnih distribucija, kako u seriji tako i paralelno, dobija se distribucija koja se naziva fazna. Proračun vrednosti matematičkog očekivanja i varijanse izvodi se sledećim koracima:

- Za svaku granu se računa prema pravilu za serijsku vezu
- Zatim se svaka od vrednosti koje su izračunate za granu množe sa verovatnoćom izbora grane i sabiraju se, kao što važi za paralelnu vezu.



Slika 8. Uvezivanje vremenskih intervala u kombinovanu vezu – faza [1]

4.5. Procesi dolaska poziva

Procesi u dolasku kao što su telefonski pozivi koji stižu na komutacioni sistem, ili paketi koji dolaze do servera su matematički opisani stohastičkim-slučajnim procesima. Matematička teorija za ove procese razvijena je od strane švedskog naučnika 40-tih godina 20. Veka od strane conny plam-a. Ova teorija je redefinisiana od strane khintchine 1968. Godine tako što je utvrđeno da poasonov proces predstavlja najbitniji proces za analizu[1].

Razmatrajući vremena, odnosno trenutke dolaska poziva, uzimajući u obzir da je i – to vreme dolaska označeno sa ti , može se pisati: $0 = T_0 < T_1 < \cdots < T_i < T_{i+1} < \cdots$

Važan parametar je broj poziva u određenom vremenskom intervalu - N_t koji predstavlja slučajnu promenljivu sa kontinualnim vremenskim parametrima u diskretnom vremenskom prostoru. Vremenska distanca između dva dolaska definisana je sa:

$$X_i = T_i - T_{i-1} \tag{19}$$

Navedeni vremenski period naziva se unutrašnje vremen nailaska. Uzimajući u obzir promenljive N_t i T_i procese dolaska moguće je analizirati sa dva aspekta:

- Broj reprezentacija N_t: vremenski interval t se smatra konstantim i posmatra se promena vrednosti promenljive N_t, tj. broj poziva u vremenskom intervalu t
- Interval reprezentacije T_i: broj dolaznih poziva se smatra konstantnim i posmatra se slučajna promenljiva T_i u intervalu u kojem je ostvaren broj dolaznih poziva.

4.5.1. Poasonov proces

Broj poziva u dolasku rapodeljen je prema poasonovoj distribuciji koja je data formulom:

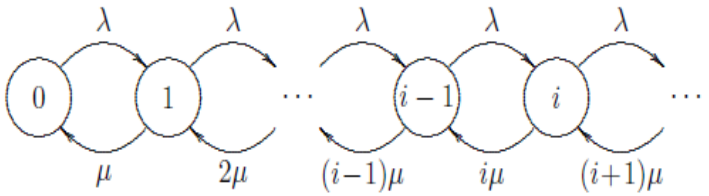
$$P(k) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda t} \tag{20}$$

Koja se interpretira kao verovatnoća da će se u vremenskom intervalu dužine t ostvariti k poziva, gdje je:

- k – broj poziva
- Λ – frekventnost poziva, odnosno prosecan broj poziva u jedinici vremena

Smatra se da je vreme trajanja poziva opisano eksponencijalnom distribucijom, a broj kanala je beskonačan, tako da se zagušenje ne dešava, te se stoga i ne uzima u obzir. Stanje sistema definisano je brojem zauzetosti kanala, odnosno brojem ostvarenih poziva – i. Moguće su samo tranzicije između susednih stanja. Verovatnoća da je sistem u stanju i u slučajnom vremenskom trenutku t računa se formulom (20).

Ako se sistem nalazi u stanju i, verovatnoća da će se desiti jedan dolazni poziv u veoma malom vremenskom intervalu t, čijim dolaskom sistem prelazi u susedno stanje $i+1$, iznosi λ čija je vrednost jednaka prosečnom broju dolaznih poziva. Verovatnoća da će se jedan od poziva prekinuti u vremenskom intervalu t, čijim prekidom sistem prelazi u stanje $i-1$ iznosi $i\mu$, gdje je μ prosečan broj prekinutih poziva.



Slika 9. Dijagram stanja sistema sa verovatnoćama prelaza u susedno stanje

5. TEHNOLOGIJA ZA DOBIJANJE PODATAKA O JGTP

Osnova na kojoj se zasniva sistemska analiza i projektovanje sistema JGPT predstavlja identifikovanje interkonekcija procesa, potprocesa i aktivnosti, a sve u cilju realizacije visokokvalitetne transportne usluge.

Bajčetić i dr. (2013) definiše daljinar linije kao operativnu tehnolgiju u obliku „dokumenta koji precizira osnovne statičke elemente transportne linije. Tehnološko-operativna dokumenta sadrži [5] :

- Broj i naziv linije, koji se sastoje od imena početnog i završnog stajališta.
- Trasu linije, odnosno popis ulica kroz koje linija prolazi.
- Redni broj i popis stajališta u oba smera linije, svako sa jedinstvenim kodom.
- Dužine svakog međustaničnog rastojanja pojedinačno, kao i kumulativne dužine u datom smeru.

Bajčetić (2017) objašnjava da sa tehničkog aspekta, fundamentalni elementi sistema za upravljanje čine [5,6,7]:

- kontrolni centar (KC – glavni dispečerski centar),
- centar podataka ili data center (main i support),
- ostali korisnici (operatori, klijenti),

- satelitski sistem za pozicioniranje,
- komunikaciona infrastruktura i
- oprema u vozilu

Mreža računara sa internet konekcijom, instalirana je u kontrolnom centru radi omogućavanja operativnog upravljanja i nadzora osnovnog transportnog procesa, odnosno njegovog funkcionisanja [4,5,6].

U sistemu su prisutni transportni operateri i putnici, kojima se obezbeđuje dostupnost informacijama koje su u skladu s njihovim potrebama i zahtevima, uz definisana korisnička prava [3,4,5,6,7].

Prikupljanje i obrada podataka u transformom procesu kao i transfer podataka se realizuje na nivou komunikacione infrastrukture i to na sledećim lokacijama i relacijama: vozilo – kontrolni centar, vozilo – autobaza, kontrolni centar – stajalište i kontrolni centari – operater [5,6,7].

Transfer podataka na nivou podsistema za upravljanje vozilima zasniva se na mrežnim tehnologijama gsm, gprs, sms i internet konekciji. U sastav opreme koja je ugrađena u vozila javnog transporta spada: uređaj za komunikaciju, koji se sastoji od gps/gprs modula sa pripadajućom opremom, mikroprocesorom, memorijom i jedinicom za napajanje, i komandna tabla vozača koja omogućava komunikaciju sa dispečerskim centrom preko odgovarajućeg gsm/gprs modula i identifikaciju vozača preko integrisanog čitača beskontaktnih kartica (RFID) [7]. Planiranje i projektovanje transportnog procesa, kao startna pozicija u procesu kreiranja sistema za upravljanje, odnosi se na parametrizaciju funkcija elemenata koje čine sistem. Savremeni sistem za upravljanje javnim transportom u beogradu prati funkcionisanje transportnog procesa u prostoru (trase linija, stajališta, terminusi) i vremenu (redovi vožnje, brzina vozila, vreme obrta, radno vreme vozača, smene vozača itd.).

Sa aspekta vremenske determinisanosti, prikupljeni podaci se razvrstavaju u dve vrste: podaci u realnom vremenu (real time) i nakon određenog perioda (offline). Svrha prikupljanja offline podataka je njihovo korištenje u sistemskoj analizi transportnog procesa, dok se real time podaci šalju iz vozila u toku realizacije transportnog procesa nakon čije se analize omogućava kvalitetan monotring i kontrola. [6,7,8]. Modul za praćenje preformansi (Real Time Vehicle Performance Module – RTVM) analizira kolekciju podataka u realnom vremenu i na osnovu predefinisanih kriterijuma šalje alarmirajuće signale dispečeru o određenim nepravilnostima u realnom vremenu da bi se blagovremeno izvršile korektivne akcije[8].

GPS uređaji i uređaji za komunikaciju u vozilima šalju podatke u formi udp (user datagram protocol) i to u dve vrste: standardni paketi podataka na svakih 30 sekundi i na svaka 2 sata, te forsirane pakete podataka u predefinisanim događajima kao što su prijava i odjava vozača u sistem, početak poluobrta, vreme ulaska i izlaska u zonu terminusa ili stajališta. U slučaju gubitka komunikacije, podaci se čuvaju u memoriji vozila i šalju se u kontrolni centar nakon uspostavljanja veze [6,7,8].

Informacionim procesiranjem primljenih podataka u formi UDP paketa dobijaju se informacije o identifikacionim kodu vozila, kodu linije, smeru kretanja, broju poluobrta, identifikacionom kodu terminusa, vremenu dolaska i polaska sa terminusa, identifikacionom kodu stajališta, vremenu dolaska i polaska sa stajališta, broju opsluženih stajališta, GPS poziciji vozila, rednom broju vozila na liniji, identifikacionom broju vozača, te vremenu prijave i odjave vozača [6,7,8].

Analiza vremenskih trenutaka ulazaka i izlazaka vozila iz zona stajališta i terminusa, rezultuje podacima o dinamičkim karakteristikama funkcionisanja vozila na linijama javnog transporta putnika, kao što je vreme vožnje na međustaničnim distancama. [3,5,6,7,8].

6. ZAKLJUČAK

Sistem javnog gradskog transporta predstavlja složen sistem sa više tehnoloških, organizacionih i saobraćajno-transportnih podsistema, čiji se elementi mogu klasifikovati prema tehničkim karakteristikama i tehnologiji pružanja usluge.

U metodi istraživačke petlje telesaobraćaja u strukturi i strategiji javnog gradskog transporta putnika ključni proces je kreiranje matematičkog modela u optimizaciji javnog gradskog transporta putnika. Strukturiran intenzitetom saobraćaja, varijacijom intenziteta saobraćaja i vremenom čekanja, matematički model postavlja temelje za sistemsku analizu i unapređenje transportnog sistema.

Povezujući se sa konceptima istraživačke petlje telesaobraćaja, matematički model omogućava precizno praćenje dinamike saobraćaja, identifikaciju ključnih faktora varijacije i analizu vremena čekanja putnika. Ovaj pristup pruža dublje razumevanje dinamičkih karakteristika transportnog procesa u prostoru i vremenu, čime se omogućava efikasno upravljanje sistemom.

Posebno je važna funkcija distribucije koja modeluje vremenski interval, pružajući relevantne podatke za planiranje redova vožnje, brzinu vozila, vreme obrta, radno vreme vozača i smene vozača. Kroz matematički model, procesi dolaska postaju predvidljivi, što olakšava planiranje resursa i optimizaciju performansi sistema.kreiranje matematičkog modela neophodno je za postizanje ciljeva sistema javnog gradskog transporta, uključujući maksimalnu efektivnost, ekonomsku efikasnost i povećanje kvaliteta pružene usluge.

Integracija ovog modela u sistemski pristup omogućava sistematično upravljanje, kontinuiranu analizu i prilagodljivost sistema, što je ključno za postizanje održivog i optimiziranog javnog gradskog transporta putnika.

7. LITERATURA

[1] Iversen, V. B. (2015):Teletraffic engineering and network planning. Copenhagen, DTU FOTONIK.

[2] Шуљевић, М. (2022): Урбанистичко - архитектонске методе и модели заштите градова од емисије суспендованих честица. Докторкса дисертација, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом саду, Нови сад 2022.

[3] Tica, S., (2016): Sistemi javnog transporta putnika - elementi tehnologije, organizacije i upravljanja. Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Beograd,

[4] Banjanin, M., (2005): Metodologija inženjeringa – inženjerske analize i mreže znanja. Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2005.

[5] Bajčetić S. Živanović P. Tica S. Petrović M. Đorojević A. Milovanović B, (2013): Implementation of the new public transport managament system in Belgrade. 11th International conference on telecommunication in modern satellite, cable and broadcasting services -TELSIKS, Nis, Serbia, 16-19 October 2013, pp. 643-647

[6] Banjanin, M. (2006): Komunikacioni inženjering. Saobraćajno fakultet Doboj, 2006.

[7] Stanko A. Bajčetić, (2017): Model za optimizaciju vremena obrta vozila na liniji javnog gradskog transporta putnika, doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2017.

[8] Predrag Živanović,(2018): Модел за дефинисање карактеристика токова путника на линији јавног градског транспорта путника, докторска дисертација, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2018.

PAPERS / RADOVI

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

PREMIUM ROAD MARKINGS: ONE TIME HIGHER EXPENSE FOR LOWER OVERALL COST

Tomasz E. Burghardt[a], Anton Pashkevich[b]

[a] *M. Swarovski GmbH, Wipark, 14. Straße 11, 3363 Neufurth, Austria, tomasz.burghardt@swarco.com*

[b] *Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland, anton.pashkevich@pk.edu.pl*

Abstract: ***Objectives.*** *Road markings are critical elements of road infrastructure that must be correctly maintained for proper function. Different road marking materials provide dissimilar functional service life; hence, selection of more durable solutions may bring long-term lower costs even if initially they are more expensive. Because typical maintenance policy, seeking minimisation of the one-time expense, fails to account for the recent emergence of premium materials with enhanced durability, this analysis was envisaged as a demonstration that long-term perspective should be more advantageous for the taxpayers.* ***Approach.*** *Based on results from previous field assessment of functional service life of road markings, expenses for materials required to maintain them for 20 years were calculated. The evaluated scenarios comprised standard and premium materials.* ***Results.*** *The utilisation of premium road marking materials was associated with significantly higher initial prices. However, due to meaningfully prolonged functional service life furnished by them, the cost differences disappeared from long-term perspective. Better visibility of the premium road markings would be additional unquantified benefit.* ***Contribution.*** *The results confirm that the policy of using in tenders the lowest price for one-time road marking event is inappropriate. Taxpayers would benefit from long-term performance contracts, given high quality demands are assured through appropriate supervision.*

Key words: *road maintenance policy, glass beads, retroreflectivity, functional service life, visibility*

1. INTRODUCTION

Road markings (RM) are present on majority of paved roads worldwide; their function is to organise and channel vehicular traffic. It was reported that the benefits from the presence of RM exceed about sixtyfold the financial expenses of their installation and maintenance (Miller, 1992). Whereas there is considerable published research related to the effects of RM on driver behaviour (Babić *et al.* 2020), they remain weakly explored from the perspective of materials.

The background information about RM has been described elsewhere (Babić *et al.* 2015), so only the key points need to be repeated herein. RM are a special type of industrial maintenance coatings; they are systems comprising two very distinct layers: a paint layer and a drop-on glass beads (GB) layer (Pocock and Rhoades, 1952). The bottom paint layer adheres to the roadway surface, provides colour, surface for retroreflectivity (a phenomenon of reflecting the light from vehicle's headlights back toward the driver), and holds the GB. The top GB layer furnishes the retroreflectivity and protects the paint layer from abrasion (Burghardt *et al.* 2022a). The GB are strewn (dropped-on) on the coating layer immediately after its application, while it is still liquid, and become embedded in it.

For drivers (as well as for machine vision), the key property of RM is their visibility (Brémond, 2020); it is achieved by a colour contrasting with the neighbouring roadway surface (delivered by the paint), at night enhanced through retroreflectivity (delivered by the GB). The retroreflectivity, measured through coefficient of retroreflected luminance, R_L, and expressed in mcd/m²/lx is usually utilised to determine the functional service life of RM, which emphasises its importance and the critical role of GB that provide it. The functional service life is the period when the RM meet the requirements related to R_L; for the purpose of this work, R_L>150 mcd/m²/lx is assumed to be the limit as it matches the European Union Road Federation recommendation (ERF, 2015), which was based on the results from assessment of visual needs of drivers (Lee and Oh, 2005). During

usage of RM, the GB are exposed to the passing traffic and become damaged or extracted from the paint layer, so R_L drops (Burghardt *et al.* 2019a). Importantly, to continuously maintain the required R_L, at the end of functional service life RM should be renewed (not replaced) – this causes stacking of layers (Burghardt *et al.* 2022a); it is also associated with financial and environmental expenses (Burghardt *et al.* 2022). RM should not be used past the end of their functional service life as they would not provide adequate guidance at night; in addition, their abrasion and reaching the end of physical service life (i.e. complete abrasion of RM; their removal from the road surface) leads to highly undesirable emissions of microplastics – a meaningful emerging pollutant (Burghardt and Pashkevich, 2023).

The GB used for RM have diameters 0.1–1.0 mm (maximum range 0.06–2.0 mm). The 'standard' type GB, produced from crushed recycled float glass, are most frequently utilised; their refractive index (RI) is 1.5; such GB can provide R_L reaching approximately 350 mcd/m²/lx in white paints. Technological advances permitted for preparation of GB also from virgin raw materials and for the increase of RI to even 1.9. Such high RI leads to significant increase in R_L, but at the cost of much lesser resistance to scratching (Wenzel *et al.* 2022); in addition, such materials are very expensive because of the utilised raw materials. To alleviate the issue of low resistance to scratching, 'premium' type of GB, with RI 1.6–1.7, were recently developed. They were reported as providing disproportionally high R_L, reaching even 1000 mcd/m²/lx in white paint, and simultaneously exhibiting good resistance to scratching (Wenzel *et al.* 2022). Combination of these properties was reported as prolonging functional service life; hence, in combination with high-end paints, it was possible to achieve sustainable thin layer RM (i.e. those applied at film builds <1 mm) despite elevated contents of some raw materials with high environmental footprint (Burghardt *et al.* 2022).

Majority of tenders for the installation and maintenance of RM are based on one-time expense and as such effectively exclude the use of the high-end materials due to their much higher initial cost. Given the lesser long-term environmental impact of high-end RM (comprising both the paint and the 'premium' GB) that we reported (Burghardt *et al.* 2022) and because prior research done on different RM indicated no increase in long-term expenses when high-end RM were employed (Burghardt and Pashkevich, 2020; Burghardt *et al.* 2021, 2021a), verification was due whether the same would hold also in case of paints. It was interesting whether financial benefits could be realised with introduction of long-term performance contracts to introduce such high-end RM — for the benefit of the drivers and the taxpayers. With such calculations being the goal of the presented research, functional service life data collected in the field during the previous effort was combined with the cost of materials obtained through personal communication with their manufacturer. The calculations were done for scenarios comprising 'standard' and 'premium' materials for thin layer RM and the maintenance of R_L>150 mcd/m²/lx for the period of 20 years or 36.5 million weight-adjusted vehicle passes per lane (i.e. it was assumed that the road would be carrying daily traffic of 10,000 weight-adjusted vehicles in both directions); the weight adjustment was done per standard ONR 22440-1 (Austrian Standards Institute, 2018). The outcome of the presented assessment should be useful for road administrators in setting new tenders, for contractors who won long-term performance contracts, and also for scientists and economists assessing financial impacts of road maintenance.

2. METHOD

This analysis is based on results from field tests that were described in detail elsewhere (Burghardt *et al.* 2022); the assessment presented herein is expansion of these results to include financial considerations. The methodology for R_L data collection, calculation of functional service life based on exponential line fit, and the materials subjected to the test were described previously (Burghardt *et al.* 2022), so repeating the details would be superfluous. However, it should be noted that only the results for the most used regions of the evaluated transverse lines were used; also, for calculations, instead of initial R_L values, maximum achieved R_L at the entire stripe was used – this was due to a known field observation that highest R_L is achieved only after some exposure of the RM to vehicular traffic (Burghardt *et al.* 2016). Due to measured very poor performance, low-end waterborne paint was excluded.

For calculations of the expenses, information obtained through personal communication with a manufacturer of road marking materials was utilised; these assumed prices are listed in Table 1. One must note that the provided pricing did not include special business arrangements and volume discounts that are common in this field; hence, data should be used only as a general guidance. Important in this assessment is the exclusion of the costs of labour – this was due to enormous disparity of such expenses depending not only on the local considerations, used equipment, scale of the work, etc., but foremost on the type of the road and the required work safety level.

Table 1. Assumed prices of road marking materials.

System code	Paint or glass beads	Price [EUR/kg]
SL	Solventborne, low-end	3.00
SB	Solventborne, high-end	3.20
WQ	Waterborne, quick-dry (standard waterborne paint)	3.35
WH	Waterborne, high-performance	3.55
KP	Sprayed cold plastic	5.85
S	Glass beads 'standard' (RI 1.5)	0.90
M	Glass beads mixed: 50% 'premium' (RI 1.6–1.7) and 50% 'standard'	2.25
P	Glass beads 'premium' (RI 1.6–1.7)	3.60

The analysed RM and their calculated functional service lives are listed in Table 2 (adapted from Burghardt *et al.* 2022); the system codes comprise the codes for the paint and for the glass beads type from Table 1. It was assumed that the spreading rates were: for all paints 0.6 kg/m², for sprayed cold plastic 0.5 kg/m², and for all GB 0.4 kg/m²; these values are considered the industry standards in Austria. Small differences caused by dissimilar densities could be ignored herein. Traffic loads, on which calculations presented herein were based (the lengths of service lives in months are for reference only), are always given in millions of weight-adjusted passes per lane.

Table 2. Evaluated RM and the achieved functional service life at most used areas.

Road marking system code	R_L [mcd/m²/lx]			Functional service life	
	Maximum R_L (<1.0 mln passes)	After 1 year (circa 2.3 mln passes)	After 2 years (circa 4.4 mln passes)	[mln vehicle passes]	[months]
SL + S	363	failed	failed	0.6	4
SL + M	546	failed	failed	1.2	7
SB + S	379	119	53	2.5	14
SB + M	624	238	87	3.9	21
WQ + S	455	74	failed	1.6	9
WQ + M	668	235	101	3.6	19
WH + S	320	142	132	3.6	20
WH + M	536	166	146	4.9	27
WH + P	1061	338	178[(a)]	6.0	33
KP + S	316	165[(b)]	–[(c)]	1.9	15
KP + P	1039	410[(b)]	–[(c)]	5.5	42

[(a)]After 3.7 million vehicle passes. Data not reported previously, from a repeat experiment done to check prior results.
[(b)]After circa 1.5 million vehicle passes. [(c)]Measurements were not done due to road construction.

3. RESULTS

The calculations outcome is given in Table 3 and charted in Figure 1. It is obvious that the worst choice is the selection of low-end solventborne paint – due to low durability (i.e. short functional service life), many more renewals would be necessary to maintain the set functional performance, so the long-term cost would be high despite definitely lowest unit prices. Contrariwise, the RM with the highest unit prices – high-performance waterborne paint and sprayed cold plastic, both reflectorised with 'premium' GB were shown to be the most economical choice from the long-term perspective. To each application event one should add the labour costs; hence, the overall costs with more frequent renewals would be even higher.

Table 3. Materials costs to maintain 1 m² of RM at R_L>150 mcd/m²/lx for 36.5 million of weight-adjusted vehicle passes (20 years).

Road marking system code	Materials price per application	Number of applications per 36.5 mln passes (20 years)	Materials price per 36.5 mln passes (20 years)
SL + S	2.16€	61	131.76€
SL + M	2.70€	31	83.70€
SB + S	2.28€	15	34.20€
SB + M	2.82€	10	28.20€
WQ + S	2.37€	23	54.51€
WQ + M	2.91€	11	32.01€
WH + S	2.49€	11	27.39€
WH + M	3.03€	8	24.24€
WH + P	3.57€	7	24.99€
KP + S	3.29€	20	65.70€
KP + P	4.37€	7	30.56€

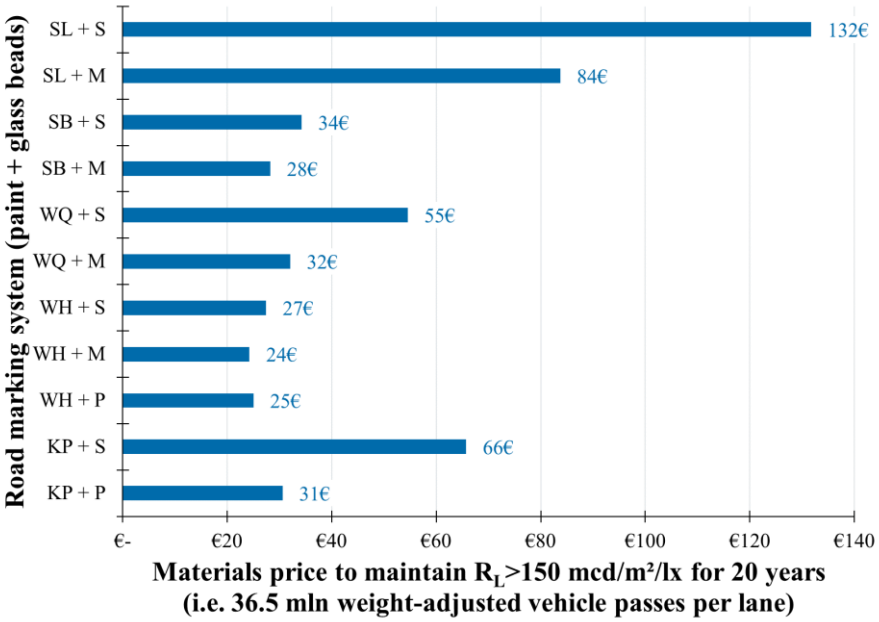


Figure 1. Estimated materials cost to maintain road markings at R_L>150 mcd/m²/lx.

Given this outcome, one should also consider the scenarios involving the use of structured cold plastic (material applied at a thick layer, at circa 3.0 kg/m²) for the initial application, followed by renewal with paints (Burghardt *et al.* 2021, 2021a). The scenario is not included because we cannot provide the results from testing equivalent to used for the data presented herein. Nonetheless, data from longitudinal lines marked with such cold plastic is available (Burghardt *et al.* 2020): the functional service life was reported to vary from 16 million weight-adjusted vehicle passes when 'standard' materials were used to 42–55 million with 'premium' materials. While appropriate calculations could be performed, they are beyond the scope of this exemplary assessment. However, one should additionally note that the use of structured RM was reported as providing much better visibility than could be obtained with paints, particularly during wet weather at night (Burghardt *et al.* 2023); while this aspect is also not within the scope of this financial evaluation of application costs, the possible social benefits should be kept in mind as they could be indirectly calculated.

4. DISCUSSION

This analysis has shown that the utilisation of high-end RM that furnish extended functional service life is not expensive from the long-term perspective, despite much higher initial unit prices. Therefore, such solutions for RM can be considered as optimal not only for the wealthy nations, but worldwide. The choice of high-end paints (high-performance waterborne paint and sprayed cold plastic) capable of holding the GB to minimise R_L failures due to the extraction of the drop-on GB made such results possible. In addition, the use of 'premium' GB, not only furnishing higher initial R_L but also, through resistance to scratching, capable of maintaining it, played equally critical role. The prolonged functional service life should additionally translate to better RM visibility, which should reduce the risk of accidents (Avelar and Carlson, 2014).

Thus, the currently most frequently used policy in tenders, rewarding lowest unit price can be considered as being wrong. Based on the results presented herein, the correct policy for proper management of public funds – to simultaneously maximise the benefits for drivers and minimise the expenses – would be imposing long-term performance contracts. Of course, such contracts would make sense only under strict supervision related to maintaining the demanded minimum R_L, rewarding the contractors for increased quality, and giving them the freedom to select materials. Otherwise, like during an attempt of such a contract done in the United States (Damnjanovic *et al.* 2018), there would be no chance for success.

There are weaknesses and omissions in this analysis that demand acknowledgement. The reasons for excluding the labour expenses were explained before; one could theorise the fixed costs through assumption of certain purchase price for the application equipment and adding estimated employee costs, but this would be too superficial and would not properly account for regional differences. Generally, labour expenses do not depend much on the material used; minor costs associated with training to assure exquisite work quality can be omitted. The cost of equipment can vary greatly, depending on the demanded application precision. Inflation, a vague parameter quite impossible to predict, is another unaccounted issue; similarly to labour costs, it can vary greatly

between countries and the price index for the purchase of materials for RM necessarily would be matching the average inflation. One should also note that the provided pricing was obtained from only one source; alternate manufacturers for all of these materials, sometimes with different price structure due to local variations in the costs of raw materials and other company expenses, are plentiful. All of the results presented herein should be considered solely as a presentation of technical capabilities and not as an endorsement of any materials from any manufacturer. Additional evaluations and excessive data collection would be needed to address these deficiencies.

The calculations were done based on an assumption that renewals would be occurring immediately after the drop of R_L to 150 mcd/m²/lx, which is unrealistic because even in mild climate in Croatia, where the test site was located, there is a winter break in road marking activities. This is an added uncertainty that is acknowledged, but not perceived as affecting the overall outcome. Appropriate adjustments can be conveniently made, based on local needs.

Results from a similar assessment that was done by us for renewal of structured RM concurred with the outcome reported herein: the high purchase price of high-end materials was fully offset in the long term by prolonged functional service life that they provide (Burghardt, 2018; Burghardt and Pashkevich, 2020; Burghardt *et al.* 2019; Burghardt *et al.* 2021). Hence, the methodology could be considered robust; therefore, it is surprising that the protocol for testing using transverse lines and subsequent estimates of has not been utilised in external assessments related to sustainability assessments of RM and the costs of their application and maintenance at high standards.

5. CONCLUSIONS

Financial assessment of materials costs has been performed for various RM applied in thin layers. It was demonstrated that the use of high-end materials, despite more expensive unit costs, was – from long-term perspective – less costly than the use of low-end materials with lowest unit prices. This was possible because of longer functional service life provided by the high-end materials. Hence, the correct policy for the maintenance of RM should be tenders for long-term performance and not for one-time application. With appropriate supervision such performance tenders should bring not only financial savings to the taxpayers, but also cause improvement in the quality of RM, which would have yet-unquantified benefits for the society.

The methodologies utilised for both the assessment of functional service life in the field and calculations that are presented herein can, due to their simplicity and shown reliability, be utilised by all of the stakeholders. However, for success and to benefit all, understanding of the capabilities and limitations of various materials and co-operation between all of the stakeholders is absolutely necessary; the demands should be high, but reasonable and readily achievable within the available technology.

6. REFERENCES

Austrian Standards Institute (2018). ONR 22440-1: Bodenmarkierungen. Funktionsdauer – Teil 1: Allgemeines [in German]. Österreichisches Normungsinstitut: Wien, Austria.

Avelar, R. E., Carlson, P. J. (2014). Link between pavement marking retroreflectivity and night crashes on Michigan two-lane highways. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2404, 59–67; https://doi.org/10.3141/2404-07.

Babić, D., Burghardt, T. E., Babić, D. (2015). Application and characteristics of waterborne road marking paint. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 5, 150–169; https://doi.org/10.7708/ijtte.2015.5(2).06.

Babić, D., Fiolić, M., Babić, D., Gates, T. (2020). Road markings and their impact on driver behaviour and road safety: a systematic review of current findings. Journal of Advanced Transportation, 7843743; https://doi.org/10.1155/2020/7843743.

Brémond, R. (2020). Visual performance models in road lighting: a historical perspective. Leukos, 17, 212–241; https://doi.org/10.1080/15502724.2019.1708204.

Burghardt, T. E. (2018). High durability – high retroreflectivity solution for a structured road marking system. In: Proceedings of International Conference on Traffic and Transport Engineering; Belgrade, Serbia, 27–28 September 2018, pp. 1096–1102.

Burghardt T. E., Pashkevich A. (2020). Materials selection for structured horizontal road markings: financial and environmental case studies. European Transport Research Review, 12, 11; https://doi.org/10.1186/s12544-020-0397-x.

Burghardt, T. E., Pashkevich, A. (2023). Road markings and microplastics – a critical literature review. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 119, 103740; https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103740.

Burghardt, T. E., Pashkevich, A., Żakowska, L. (2016). Influence of volatile organic compounds emissions from road marking paints on ground-level ozone formation: case study of Kraków, Poland. Transportation Research Procedia, 14, 714–723; https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.338.

Burghardt, T. E., Mosböck, H., Pashkevich, A. (2019). Yellow pedestrian crossings: from innovative technology for glass beads to a new retroreflectivity regulation. Case Studies on Transport Policy, 7(4), 862–870; https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.07.007.

Burghardt, T. E., Pashkevich, A., Fiolić, M., Żakowska, L. (2019a). Horizontal road markings with high retroreflectivity: durability, environmental, and financial considerations. Advances in Transportation Studies: An International Journal, 47, 49–60.

Burghardt, T. E., Mosböck, H., Pashkevich, A., Fiolić, M. (2020). Horizontal road markings for human and machine vision. Transportation Research Procedia, 48, 3622–3633; https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.089.

Burghardt T. E., Pashkevich A., Bartusiak J. (2021). Solution for a two-year renewal cycle of structured road markings. Roads and Bridges, 20, 5–18; https://doi.org/10.7409/rabdim.021.001.

Burghardt, T.E., Pashkevich, A., Wenzel, K. (2021a). A study of premium glass beads for road marking materials. Roads and Bridges, 20, 125–138; https://doi.org/10.7409/rabdim.021.008.

Burghardt, T. E., Babić, D., Pashkevich, A. (2022). Sustainability of thin layer road markings based on their service life. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 109, 103339; https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103339.

Burghardt, T. E., Pashkevich, A., Babić, D., Mosböck, H., Babić, D., Żakowska, L. (2022a). Microplastics and road markings: the role of glass beads and loss estimation. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 102, 103123; https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103123.

Burghardt, T. E., Chistov, O., Reiter, T., Popp, R., Helmreich, B., Wiesinger, F. (2023). Visibility of flat line and structured road markings for machine vision. Case Studies in Construction Materials, 18, e02048; https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02048.

Damnjanovic, I., Pike, A., Martinez, E. (2018). Analysis of performance-based pavement markings and markers contracts: case study from San Antonio. Journal of Management in Engineering, 34(2), 05017010; https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000574.

ERF (2015). Marking a road toward a safer future. An ERF position paper on how road markings can make our road safer; https://erf.be/publications/marking-the-way-towards-a-safer-future (accessed 13 January 2022). European Union Road Federation: Brussels, Belgium.

Lee, H.-S., Oh, H.-U. (2005). Minimum retroreflectivity for pavement markings by driver's static test response. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 6, 1089–1099; https://doi.org/10.11175/easts.6.1089.

Miller, T. R. (1992). Benefit–cost analysis of lane marking. Transport Research Record, 1334, 38–45.

Pocock, B. W., Rhodes, C. C. (1952). Principles of glass-bead reflectorization. Highway Research Board Bulletin, 57, 32–48.

Wenzel, K. M., Burghardt, T. E., Pashkevich, A., Buckermann, W. A. (2022). Glass beads for road markings: surface damage and retroreflection decay study. Applied Sciences, 12(4), 2258; https://doi.org/10.3390/app12042258.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

THE IMPORTANCE OF DRIVER FATIGUE MANAGEMENT IN TRANSPORT COMPANIES

ZNAČAJ UPRAVLJANJA UMOROM KOD VOZAČA U TRANSPORTNIM KOMPANIJAMA

Jelica Davidović[a], Dalibor Pešić[a], Boris Antić[a]

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

Abstract: *About 3% of traffic accidents with fatalities occurred due to the influence of fatigue on drivers in the previous five years in the Republic of Serbia. If only traffic accidents involving commercial vehicles are analyzed, that percentage is higher and amounts to about 5%. Considering the specificity of fatigue measurement, it is considered that this percentage is significantly higher than the official statistics. Fatigue is a significant influencing factor on the safety of professional drivers in traffic and can be managed at the company level. Numerous studies have determined the most influential factors on driver fatigue. The quantity and quality of sleep have the greatest influence on driver fatigue. This paper shows the importance of driver fatigue management in transport companies on a case study implemented in selected transport companies. The results of the research show that fatigue can be managed, but that awareness about it is still insufficiently developed in transport companies.*

Key words: *fatigue, road traffic safety, road safety management*

Apstrakt*: Oko 3% saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima se dogodilo zbog uticaja umora na vozače u prethodnih pet godina u Republici Srbiji. Ukoliko se analiziraju samo saobraćajne nezgode sa učešćem komercijalnih vozila taj procenat je veći i iznosi oko 5%. S obzirom na specifičnost merenja umora, smatra se da je ovaj procenat značajno veći od zvaničnih statistika. Umor je značajan uticajni faktor na bezbednost profesionalnih vozača u saobraćaju i njime se može upravljati na nivou kompanije. Brojnim istraživanjima je utvrđeno koji su najveći uticajni faktori na umor kod vozača. Količina i kvalitet sna najviše utiču na umor kod vozača. U ovom radu prikazan je značaj upravljanja umorom kod vozača u transportnimm kompanijama na studiji slučaja koja je implementirana u odabranim transportnim kompanijama. Rezultati istraživanja pokazuju da se umorom može upravljati, ali da je još uvek nedovoljno razvijena svest o tome u transportnim kompanijama.*

Ključne reči: *umor, bezbednost saobraćaja, upravljanje bezbednošću saobraćaja*

1. UVOD

U Republici Srbiji je u periodu od 1.1.2018. do 31.12.2022. godine oko 3% saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima uzrokovano prekomernim umorom kod vozača (http://bazabs.abs.gov.rs/smartPortal/saobNezgode). Međutim, ukoliko se posmatraju saobraćajne nezgode sa učešćem komercijalnih vozila u istom tom periodu utvrđeno je da je u oko 5% saobraćajnih nezgoda uzrok umor kod vozača (http://bazabs.abs.gov.rs/smartPortal/saobNezgode). S obzirom na specifičnost merenja umora, odnosno da ne postoji uređaj kojim se jednostavno meri umor smatra se da je ovaj procenat značajno veći od zvaničnih statistika. Zastupljenost saobraćajnih nezgoda koje nastaju zbog umora vozača je tri puta veća u saobraćajnim nezgodama sa poginulim licima, nego u saobraćajnim nezgodama sa povređenim licima (http://bazabs.abs.gov.rs/smartPortal/saobNezgode). Podaci pokazju da su saobraćajne nezgode koje nastaju usled umora vozača u najvećem broju sa smrtnim ishodom što pokazuje ozbiljnost problema.

Analizom saobraćajnih nezgoda sa komercijalnim vozilima, primećeno je da se nezgode sa teretnim vozilima najčešće dešavaju na određenim državnim putevima, dok se nezgode sa autobusima često dešavaju na ulicama višeg reda.

Većina nezgoda uzrokovanih umorom vozača autobusa pripada grupi tipa "Saobraćajne nezgode s najmanje dva vozila - bez skretanja". Kod nezgoda sa teretnim vozilima, vrsta nezgode varira u zavisnosti od posledica, pri čemu 54% nezgoda sa materijalnom štetom pripada grupi tipa "Saobraćajne nezgode s jednim vozilom", što ukazuje na to da je vozač teretnog vozila zaspao i izašao sa kolovoza.

Analizom vremenske raspodele saobraćajnih nezgoda sa smrtnim ishodom u kojima su učestvovali autobusi, uočeno je da se najviše takvih nezgoda događa ujutro u 8 sati i popodne u 3 sata. Sa druge strane, saobraćajne nezgode sa poginulima u kojima su učestvovala teretna vozila najčešće su se događale u šest sati ujutru i tri sata popodne. Analizom saobraćajnih nezgoda sa materijalnom štetom u kojima su učestvovala teretna vozila utvrđeno je da se najviše nezgoda (18%) dogodilo u periodu od 4 do 6 sati ujutru.

Na osnovu podataka o saobraćajnim nezgodama i posledicama, evidentno je da je umor kod vozača element faktora čovek kojem je potrebno posvetiti posebnu pažnju prilikom upravljanja bezbednošću saobraćaja. U korist tome svedoče i brojna istraživanja koja su sprovedena u prethodnom periodu koja pokazuju da umor utiče na bezbednost saobraćaja kod vozača (Davidović i Dimitrijević, 2023; Antić i dr., 2022; Davidović i dr., 2020; Davidović i dr., 2020a; Davidović i dr., 2019; Antić i dr., 2019; Davidović i Dimitrijević, 2019; Davidović 2019; Davidović i Davidović, 2019; Davidović i dr. 2018; Davidović i Antić, 2018; Pešić i dr., 2015; Diependaele, 2015; Watling et al., 2015; Charlton et al., 2003;).

Davidović i dr. (2023) su sproveli komparativnu analizu umora vozača u tri transportne kompanije koje se bave različitim delatnostima i utvrdili su da su najrizičnija grupa vozači autobusa. Istakli su da nedeljno vreme vožnje, problem da zaspe i količina sna značajno utiču na kvalitet sna kod vozača autobusa. Vozači autobusa, na prostoru istraživanja, su deficitarni, što dovovdi do zapošljavanja starijih vozača ili dodatnog anagažovanja vozača.

Sa povećanjem vremena vožnje dolazi do povećanja rizika za nastanak saobraćajnih nezgoda usled umora vozača. Takođe, sa povećanjem vremena vožnje dolazi do smanjenja vremena za odmor, što može da utiče na količinu sna.

Imajući u vidu prethodna iskustva u ovom radu prikazan je značaj upravljanja umorom kod vozača u transportnimm kompanijama na studiji slučaja koja je implementirana u odabranim transportnim kompanijama, koje se bave prevozom putnika.

2. METODE

Sprovedeno je istraživanje indikatora umora značajnih za bezbednost saobraćaja kao što su količina sna u prethodnoj noći, kvalitet sna u prethodnih nedelju dana, nedeljno vreme vožnje. Istraživanje indikatora je sprovedeno u Republici Srbiji primenom subjektivnog metoda, a prema metodologiji koju je definisala Davidović (2019). U istraživanju je dobrovoljno učestvovalo 453 vozača autobusa. Vozači su zamoljeni da odgovore na sledeća pitanja:

- Koliko sati ste spavali prethodne noći?
- Kakav Vam je kvalitet sna u prethodnih nedelju dana?
- Koliko je prosečno nedeljno vreme vožnje?

Pored podataka za utvrđivanje definisanih indikatora vozači su zamoljeni da odgovore na još par pitanja kako bi se utvrdili njihovi stavovi o umoru i sistemima za detekciju umora:

- Da li umor utiče na nastanak saobraćajnih nezgoda?
- Da li ste upoznati sa sistemima za detekciju umora?
- Da li biste prihvatili postavljanje sistema za detekciju umora u Vaše vozilo?

Treću grupu pitanja popunjavali su vozači koji su učestvovali u saobraćajnim nezgodama u poslednjih godinu dana:

- Koliko sati ste spavali u noći pre nezgode?
- Koliko sati ste aktivno vozili pre nezgode?
- Koliko sati je proteklo od kad ste ustali do nezgode?

Indikatori su utvrđeni prema Davidović (2019): indikator „% profesionalnih vozača koji imaju kvalitetan san“ izračunava se na osnovu samoprijavljenog osećaja kvaliteta sna svih vozača na nivou transportne kompanije. Vozači mogu da ocene svoj kvalitet sna kao dobar ili loš. Indikator „% profesionalnih vozača koji imaju kvalitetan san“ se može izračunati primenom formule:

$$Ks = \frac{Ds}{V} \cdot 100\%$$

Ks - % profesionalnih vozača koji imaju kvalitetan san

Ds – broj vozača koji smatraju da imaju dobar kvalitet sna

V – ukupan broj posmatranih vozača

Slično se utvrđuje i „% profesionalnih vozača koji imaju dovoljnu količinu sna“, pri čemu se dovoljnom količinom sna smatra najmmanje 6 sati sna u kontinuitetu.

Indikator se može posmatrati za bilo koji vremenski presek (npr. prethodna noć, prethodnih 7 dana, prethodnih mesec dana ili prethodnih 6 meseci) u zavisnosti od željenog ishoda. Predlaže se što duži vremenski period u cilju dobijanja što kvalitetnijih podataka. Ulazni podaci za ovaj indikator se dobijaju na osnovu samoprijavljenog osećaja količine sna i kao takav ima nedostatak u vidu iskrenosti ispitanika.

Indikator se izračunava na sledeći način:

$$DKS = \frac{KS_{\geq 6}}{N} \cdot 100\%$$

DKS - % noći sa dovoljnom količinom sna (za posmatrani period)

$KS_{\geq 6}$ broj noći koje je vozač spavao najmanje 6 sati (u posmatranom periodu)

N – ukupan broj noći u posmatranom periodu

Vozačima autobusa ograničeno je nedeljno vreme vožnje na 56 sati (Zakon o radnom vremenu posade vozila u drumskom prevozu i tahografima, 2015). Nedeljno vreme vožnje vozača je indikator koji se može pouzdano utvrditi očitavanjem broja sati sa tahografa. Vreme vožnje 56 i manje sati smatrano je u skladu sa Zakonom.

Vrednost indikatora “% vozača koji su učestvovali u nezgodi sa dovoljnom (najmanje 6 sati) količinom sna u noći pre nezgode” izračunata je analogno indikatoru “% vozača sa dovoljnom (najmanje 6 sati) količinom sna”, pri čemu su uzorak činili samo vozači koji su učestvovali u saobraćajnoj nezgodi.

3. REZULTATI

Istraživanjem je obuhvaćeno 453 vozača autobusa muškog pola. Na osnovu odgovora prikupljenih od vozača izračunate su vrednosti indikatora: % vozača sa dovoljnom količinom sna, % vozača sa dobrim kvalitetom sna, % vozača čije je nedeljno vreme vožnje u skladu sa Zakonom o radnom vremenu posade vozila u drumskom prevozu i tahografima i % vozača koji su učestvovali u nezgodi sa dovoljnom (najmanje 6 sati) količinom sna u noći pre nezgode (Table 1).

Table 1. Vrednosti indikatora koji se odnose na umor kod vozača autobusa

Indikator	Vrednost
% vozača sa dovoljnom (najmanje 6 sati) količinom sna	84%
% vozača sa dobrim kvalitetom sna	39%
% vozača čije je nedeljno vreme vožnje u skladu sa Zakonom	92%
% vozača koji su učestvovali u nezgodi sa dovoljnom (najmanje 6 sati) količinom sna u noći pre nezgode	29%

Utvrđene vrednosti indikatora koji se odnose na kvalitet i količinu sna su loše. Samo 39% vozača je imalo kvalitetan san, a 84% vozača autobusa je dovoljno spavalo.

Kvalitet sna pored toga što ukazuje na stanje bezbednosti saobraćaja transportne kompanije, ukazuje i na mogućnost postojanja zdravstvenih problema vozača (kao što su opstruktivna noćna apneja, poremećaji disanja i slično) koji se smatraju osnovnim uzročnicima lošeg kvaliteta sna.

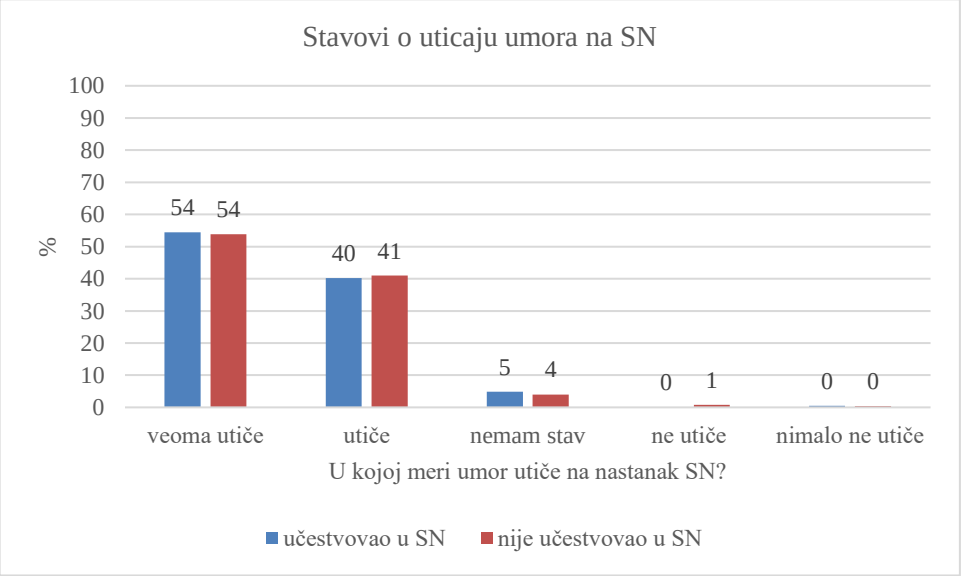
Mnogi autori su pokazali zavisnost između količine i kvaliteta sna, tako da je vrednost indikatora % vozača sa dovoljnom (najmanje 6 sati) količinom sna od izuzetnog značaja, posebno ako se analizira za duži period jer može da ukaže na hroničnu pojavu umora.

Istraživanjem je utvrđeno da preko 90% vozača vozi u skladu sa nedeljnim vremenom vožnje. Potrebno je detaljnije ispitati zašto 8% vozača vozi preko ograničenja, šta je razlog tome i preduzeti mere da se eliminiše taj problem.

Iako se analizira reaktivno, a ne preventivno vrednost pokazatelja % vozača koji su učestvovali u nezgodi sa dovoljnom (najmanje 6 sati) količinom sna u noći pre nezgode je izuzetno važna jer nam ukazuje na vezu između količine sna i posledica, odnosno saobraćajnih nezgoda. Više od dve trećine vozača autobusa koji su učestvovali u saobraćajnim nezgodama je u noći pre nezgode spavalo manje od 6 sati. Prosečno vreme vožnje pre nezgode je 5,6 sati, a prosečno vreme od buđenja do nezgode 11 sati.

Nakon što su utvrđene vrednosti indikatora analizirani su stavovi vozača autobusa o uticaju umora na nastanak saobraćajnih nezgoda, kao i o značaju i upotrebi sistema za detekciju umora.

Među anketiranim vozačima autobusa 44% je u poslednjih godinu dana učestvovalo u saobraćajnim nezgodama. Uporednom analizom stavova vozača autobusa koji su učestvovali u nezgodi i koji nisu učestvovali u nezgodi o uticaju umora na nastanak saobraćajnih nezgoda uočeno je da ne postoji razlika, preko 90% vozača autobusa deli stav da umor utiče na nastanak saobraćajnih nezgoda (Slika 1), bez obzira da li su učestvovali u nezgodi ili ne. 84% vozača autobusa bi prihvatilo u svom vozilu sistem za detekciju umora.



Slika 1. Stavovi vozača autobusa o uticaju umora na nastanak saobraćajnih nezgoda

Na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti da vozači autobusa razumeju problem umora i njegov uticaj na bezbednost saobraćaja, ali imaju lose vrednosti indikatora umora. Dakle, vozači autobusa razumeju uticaj umora na vožnju, prihvataju sisteme za detekciju umora, ali ne znaju koji su to faktori koji doprinose umoru.

4. DISKUSIJA

U ovom radu prikazano je istraživanje indikatora koji se odnose na umor kod vozača, ali i stavova vozača o uticaju umora na bezbednost saobraćaja. Vrednost indikatora merena je prema metodologiji Davidović (2019).

Rezultati pokazuju da je 84% vozača autobusa imalo dovoljno sna, što je u saglasnosti sa rezultatima do kojih su došli Davidović i Dimitrijević (2023) i Davidović i dr. (2023). Međutim, za razliku od Davidović i Dimitrijević (2023) koje su utvrdile da je 97% vozača komercijalnih vozila imalo kvalitetan san, u ovom istraživanju je utvrđeno da je samo 39% vozača autobusa imalo kvalitetan san. Rezultati ovog istraživanja su u skladu sa rezultatima Davidović i dr. (2023) koji su utvrdili da je 39,4% vozača autobusa imalo loš kvalitet sna. Davidović i dr. (2023) su poređenjem vrednosti utvrđenih vrednosti indikatora bezbednosti saobraćaja u tri kompanije pokazali da je u sve tri kompanije izražen problem sa kvalitetom sna kod vozača, a da je problem najizraženiji kod vozača autobusa.

U istraživanju sprovedenom za potrebe ovog rada je utvrđeno da je 29% vozača koji su učestvovali u nezgodi imalo dovoljnu količinu sna u noći pre nezgode. Analizom prethodne literature nisu pronađena slična istraživanja, te se može zaključiti da nisu sprovedena ili nisu javno dostupna.

Indikatori koji se odnose na količinu i kvalitet sna su veoma značajni, brojna prethodna iskustva su pokazala da je uticaj kvaliteta sna na nastanak saobraćajnih nezgoda veliki. Davidović et al. (2018) su utvridili da kada vozač spava manje od 6 h u 24 h verovatnoća da će imati loš kvalitet sna je 8 puta veća. Phillips ans Sagberg (2013) su ukazali da muškarci, posebno mladi, koji imaju poremećaj spavanja imaju veću šansu da učestvuju u nezgodi.

Količina sna pored toga što je u vezi sa kvalitetom sna (Davidović et al., 2018) utiče i na nastanak saobraćajnih nezgoda. Diependaele (2015) ukazao je da rizik za nastanak saobraćajnih nezgoda zbog umora vozača raste ukoliko vozač spava manje od 8 sati. Ističe da raste za 11% ako spava 4-8 sati i za 25% ako spava do 4 sata.

Istraživanjem sprovedenim u ovom radu utvrđeno je da je 92% vozača imalo nedeljno vreme vožnje u skladu sa Zakonom, što je dosta bolja vrednost od one koju su utvrdili Antić i dr. (2022) koja iznosi oko 60%.

Davidović i dr. (2023) su utvrdili da bi sistem za detekciju umora prihvatilo 85,5% vozača autobusa u svom vozilu, dok su vrednosti ovog pokazatelja niže kod vozača putničkih automobila (78,2%) i kamiona (72%) što ukazuje da vozači autobusa najbolje razumeju problem umora koji nastaje u toku vožnje. Slično je utvrđeno i u istraživanju koje je sprovedeno za potrebe ovog rada, 84% vozača autobusa bi prihvatilo u svom vozilu sistem za detekciju umora.

Rezultati su pokazali da preko 90% vozača autobusa razume uticaj umora na bezbednost saobraćaja i da stavovi ne zavise od toga da li su učestvovali u saobraćajnoj nezgodi.

Sveobuhvatnom analizom rezultata istraživanja može se zaključiti da vozači autobusa razumeju obim problema umora kod vozača, ali ne razumeju koji su to faktori koji utiču na razvoj umora, kao što je količina sna, pa veliki procenat nema dovoljno sna u toku noći. Takođe, mnogo vozača je izjavilo da ima loš kvalitet sna. Ukoliko je kvalitet sna loš u dužem period može doći do razvoja bolesti koje mogu da unaprede pojavu umora u toku vožnje.

Upravljanje umorom u transportnim kompanijama, može biti veoma jednostavno, a ostvaruju se višestruki benefiti. Praćenjem umora kod vozača može se podići ugled kompanije i povećati osećaj bezbednosti među korisnicima usluga što će uticati na profit kompanije.

Zatim, svakodnevnim praćenjem stanja vozača sa aspekta umora mogu se identifikovati njihovi zdravstveni problem i preduzeti mere za otklanjanje. Takođe, smanjuju se broj i težina saobraćajnih nezgoda i posledica saobraćajnih nezgoda, što utiče na profit kompanije.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Prednosti ovog istraživanja su što je na jednostavan i brz način identifikovan niz indikatora umora kod vozača, dok je nedostatak pouzdanost, odnosno podaci o količini i kvalitetu sna su prikupljeni subjektivnom metodom.

Rezultati pokazuju loše vrednosti indikatora koji se odnose na količinu i kvalitet sna, kao i da vozači autobusa razumeju uticaj umora na bezbednost saobraćaja i da su spremni da prihvate sisteme za detekciju umora u svom vozilu.

Mere koje mogu doprineti unapređenju bezbednosti saobraćaja mogu se podeliti na mere koje su usmerene na rukovodioce transportnih kompanija i mere koje su usmerene na vozače.

Od izuzetnog značaja je kontinuirano praćenje vrednosti indikatora umora kod vozača i primena alata za identifikaciju umora kod vozača pre početka smene, ali i u toku vožnje. Kako bi se obezbedio monitoring indikatora umora kod vozača najpre mora da se razvije svest kod menadžmenta u transportnim kompanijama o uticaju umora na bezbednost saobraćaja i modelu za identifikaciju umora pre početka smene.

Istraživanjem je utvrđeno da vozači autobusa razumeju svest o uticaju umora na bezbednost saobraćaja, prihvataju sisteme za detekciju umora, ali ne znaju koji su to faktori koji doprinose umoru. Iz tog razloga potrebno je sprovesti preventivne mere u vidu edukacija i kampanja o faktorima koji utiču na pojavu umora kod vozača, kao i načinima za rešavanje problema.

Pravce budućih istraživanja usmeriti ka utvrđivanju znanja i stavova menadžmenta transportnih kompanija i njihovoj spremnosti za implementaciju savremenih preventivnih alata za identifikaciju rizika za pojavu umora kod vozača na početku i u toku smene.

6. LITERATURA

Agencija za bezbednost saobraćaja, http://bazabs.abs.gov.rs/smartPortal/saobNezgode (Posećeno 04.02.2023.)

Antić, B., Pešić, D., Davidović, J., Božović, M. (2022). Vreme vožnje kao indikator bezbednosti saobraćaja u transportnim kompanijama. 17. Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“, ISBN 978-86-81230-02-2, Zbornik radova, str. 13-22. Srbija, Vrnjačka Banja.

Charlton, S.., Baas, P.., Alley, B.., Luther, R. (2003). Analysis of fatigue levels in New Zealand taxi and local-route truck drivers.

Davidović, J. (2019). Razvoj novog modela za procenu rizika u saobraćaju usled umora kod vozača komercijalnih vozila. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet.

Davidović, J., Antić, B. (2018). Najvažniji pokazatelji umora kod vozača komercijalnih vozila. XIII Međunarodna konferencija Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Zbornik radova, knjiga 2, str. 1-10, ISBN 978-86-81230-01-5, Kopaonik.

Davidović, J., Antić, B., Lazarević, M., Dimitrijević, V. (2020a). Istraživanje uticaja umora na stres vozača u toku vožnje, XV Međunarodna konferencija "Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici", ISBN 978-86-7020-444-7, Zbornik radova, str. 109-118, Vrnjačka Banja 2020.

Davidović, J., Davidović, V. (2019). Uticaj prekomerne dnevne pospanosti na bezbednost saobraćaja. XIV Međunarodna konferencija Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Zbornik radova, knjiga 2, str. 119-125, ISBN 978-86-7020-419-5, Kopaonik.

Davidović, J., Dimitrijević, V. (2019). Kako telo upozorava vozača da je umoran i kakav je uticaj na bezbednost saobraćaja. VIII Međunarodna konferencija Bezbjednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Zbornik radova, str. 27-36, ISBN 978-99976-727-6-6, Banja Luka, Republika Srpska.

Davidović, J., Dimitrijević, V. (2023). Uticaj bolesti spavanja na umor kod vozača komercijalnih vozila. XVIII Međunarodna konferencija Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Zbornik radova, Kopaonik.

Davidović, J., Pešić, D., Antić, B. (2018). Professional drivers' fatigue as a problem of the modern era, Transportation Research Part F 55, 199–209, https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.03.010.

Davidović, J., Pešić, D., Antić, B. (2019). Mesto umora vozača u strukturi čovek – vozilo – put i okruženje. VI Naučno-stručni skup Put i životna sredina, Zbornik apstrakata, str. 43, ISBN 978-86-88541-11-4, Vrnjačka Banja.

Davidović, J., Pešić, D., Antić, B., Božović, M. (2023). Comparative Analysis of Driver Fatigue in Three Companies from Different Industries. Transportation Research Procedia 69 (2023) 233–240.

Davidović, J., Pešić, D., Lipovac K., Antić B. (2020). The Significance of the Development of Road Safety Performance Indicators Related to Driver Fatigue, Transportation Research Procedia, Volume 45,pp. 333-342, ISSN 2352-1465, https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.024.

Davidović, V., Davidović, J. (2017). Uticaj opstruktivne noćne apneje na bezbednost saobraćaja. XII Međunarodna konferencija Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Zbornik radova, knjiga 1, str. 283-289, ISBN 978-86-7892-924-3, Tara.

Diependaele, K. (2015). Sleepy at the wheel: Analysis of the extent and characteristics of sleepiness among Belgian car drivers. doi:10.13140/RG.2.1.1696.7521

Pešić, D., Antić, B., Brčić, D., Davidović, J. (2015). Driver's attitudes about the impact of caffeine and energy drinks on road traffic safety, Promet, ISSN: 1848-4069, UDC https://doi.org/10.7307/ptt.v27i3.1503.

Phillips, R.O., Sagberg, F. (2013). Road accidents caused by sleepy drivers: Update of a Norwegian survey. Accid. Anal. Prev. 50, 138–146. doi:10.1016/j.aap.2012.04.003

Watling, C.N., Armstrong, K.A., Radun, I. (2015). Examining signs of driver sleepiness, usage of sleepiness countermeasures and the associations with sleepy driving behaviours and individual factors. Accid. Anal. Prev. 85, 22–29. doi:10.1016/j.aap.2015.08.022

Zakon o radnom vremenu posade vozila u drumskom prevozu i tahografima, 2015. Službeni Glasnik Republike Srbije, 96/2015.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF PASSENGER VEHICLE TIRES ON BRAKING EFFICIENCY

Darius Astrauskas

Šiauliai State University of Applied Sciences, Faculty of Business and Technologies, Lecturer of Transport Engineering Department, Aušros ave. 40, LT-76241 Šiauliai, Lithuania, d.astrauskas@svako.lt

Abstract: *Traffic safety has long been considered a major international problem. Road traffic safety depends on activities in various areas: education of drivers and other road users, road quality and technical condition of cars. Tires are one of the most important components of a car.* ***Objectives:*** *Investigate the influence of car tire types on braking efficiency during the summer. The main tasks are formulated to achieve the goal: 1. Determine which tires are used on cars during the summer;2. Determine the braking efficiency of a car with different types of tires in summer road conditions.* ***Approach:*** *In this paper, the characteristics of the adhesion coefficient have been analyzed and experimental studies have been carried out in order to determine: the condition and type of tires in use; influence of tire types on braking efficiency. An analysis of the types of used car tires was carried out by means of observation. The adhesion coefficient of summer and winter car tires was determined by testing.* ***Results*** *The difference in braking acceleration when braking a car moving at a speed of 50 km/h with winter tires corresponds to a 2,89 m longer braking distance than with summer tires.*

Key words: *tire-road interaction, tire types, braking efficiency, deceleration acceleration, adhesion coefficient*

1. INTRODUCTION

Greater road traffic safety depends on activities in various areas: education of drivers and other road users, road quality and technical condition of cars. One of the components of the car is the tire. In more than a hundred years since the creation of the first pneumatic tire, everyone has already had time to appreciate the advantages of this discovery. However, if we delve deeper into the development of the tire, we can notice that there have been no significant external structural changes, only the production technology itself and the properties of the materials used have changed. However, tire performance has changed radically. Vehicles are also changing. Anti-lock braking system and traction control system have already become common in cars. All the mentioned changes in operating conditions also affect the interaction of the car wheel with the road, which encourages the improvement of both car tires and the operational parameters of car roads, as the requirements for the stability of the parameters of the connection between the road and the tire are increasing.

Tires are just one of many factors that influence the degree of risk of car accidents. A wheel with a tire is of decisive importance for a car, because it is an elastic support, provides the car with engine traction force and braking force, gives the car the direction of travel, and prevents the car from sliding. When driving on a wet road, the insufficient depth of the tire tread pattern significantly reduces the adhesion of the car tires to the road surface. Therefore, the purpose of determining the minimum tread depth is to prevent accidents that occur in conditions that reduce road grip. The depth of the tread pattern must be such that it guarantees sufficient grip on the road, even in the worst conditions. Since 1989 June 1 EU approved requirement that minimum tread depth be 1.6mm.

Road parameters also have a significant impact on tire performance. The surface structure of the potash coating determines driving comfort, rolling resistance, braking properties, and the noise produced by car tires. The road is an inseparable second part of the system (tire - road surface), on which all the properties of the system depend, so it must be considered comprehensively.

It is very important that the cars are operated with tires whose grip properties match the weather conditions, i.e. summer tires would be used in summer and winter tires in winter. Therefore, in my work, I conducted research evaluating the adhesion properties of different types of tires to the road surface.

To reveal the relevance of the research **topic**, the main goal is to investigate the influence of car tire types on braking efficiency during the summer. The main tasks are formulated to achieve **the goal:**

1. Determine which tires are used on cars during the summer;
2. Determine the braking efficiency of a car with different types of tires in summer road conditions.

2. METHODS

Deceleration during braking, as well as acceleration during acceleration, determines the handling of the car. It is important to ensure the shortest possible stopping distance (greater deceleration) so that the car does not lose its balance and is steerable. The braking distance depends mostly on the design of the brakes and the grip of the tires on the road surface.

The use of winter tires is mandatory in Northern European countries. In Lithuania, it is mandatory to use winter tires from November 10. until April 1. But some drivers also drive cars with winter tires in the warm season. It is known that a car with winter tires does not brake as effectively as a car with summer tires in the warm season. The task of the work is to investigate how many cars drive on winter tires in the warm season. To implement the task, car tires were inspected and their type was determined, and their tread depth was measured. Tire inspection took place in 2023. in July. The following work task is to determine the car deceleration acceleration values in real traffic conditions, between different types of passenger car tires and road surfaces with different meteorological conditions. The value of the deceleration acceleration of a braked car not only determines the braking efficiency, but also defines the real grip characteristics of the tires. The research was carried out by recording the deceleration acceleration of the passenger car during braking with a special device "MAHA" VZM 100 (decelerometer) from MBH Maschinenbau Haldenwang GmbH.

3. ANALYSIS OF THEORETICAL ASPECTS OF TIRE ADHESION TO THE ROAD SURFACE

A tire is one of the car's elements, on which traffic safety, fuel consumption, and passenger comfort depend. The adhesion coefficient is the main parameter for predicting the car's behavior during braking and other emergency situations and for designing active safety systems. The contact properties of the road surface and tires also determine the driver's behavior in an emergency situation and its consequences (Bachmann at al. 2005).

Longitudinal traction is the ability of a car tire to transmit longitudinal traction or braking force in the area of the contact patch to the rolling stock. When the driving wheel tire transmits a longitudinal force to the contact surface during rolling, a shift occurs between the tire and the road contact, i.e. kinematic distances. The linear speed of the outer part of the driving wheel at the point of contact with the road during traction is higher than the speed of the center of gravity of the car itself. This phenomenon is called relative slip and is denoted by *s*. Slip in the longitudinal direction s_L (%) is calculated (Fach, 2012):

$$s_L = [(V_R - V_o)/ V_o] \cdot 100\ \% \quad (1)$$

here: V_R - speed of the outer part of the driving wheel, m/s; V_o - speed of the car, m/s.

or:

$$s_L = [(S_R / S_o) - 1\ ] \cdot 100\ \% \quad (2)$$

here: S_R – displacement of the wheel periphery, m; S_o - distance traveled, m.

The greater the force exerted by the tire on the road surface, or the lower the sliding friction coefficient of the road surface, the greater the slippage. Although the tire slips relatively, there is friction between it and the road surface, which is characterized by the coefficient of adhesion μk:

$$\mu_k = F_L / F_R \quad (3)$$

here: F_L – longitudinal force, F_R – normal load.

The adhesion coefficient is defined as the ratio of the longitudinal force of wheel traction acting on the road surface and the normal load pressing on the wheel.

Analyzing scientific articles (Dimaitis et al., 1999) (Gnadler, 2006) (Nagurnas and Mitunevičius, 2001), it was found that during research, when determining the internal friction forces in stands, when testing on the road, many assumptions and simplifications have to be accepted, which directly affect the reliability of the final result. Very often, attention is not paid to the duration of tire interaction, although temperature and deformation processes change with sufficiently long and frequent test intervals (Alvarez and Yi 2005). During the experiment, the characteristics of the tire rubber changed. In laboratory conditions, adhesion is determined on stands, while the tested tire rolls on the surface of the drum, the diameter of which is only several times larger than the tire. In such conditions, the contact between the tire and the support does not correspond to real conditions. Laboratory tests on benches or artificial road conditions often produce skewed results. Tests performed under real road conditions provide more reliable results.

The adhesion of a tire to the road surface is one of the main indicators of its efficiency, which affects traffic safety. By improving tire structures, materials that allow improving the main indicators of tire adhesion to the road surface (adhesion and sliding friction coefficients), new tread patterns, special tread rubber compounds have been created. Which significantly improve tire grip on wet and slippery road surfaces, tire elasticity at low ambient temperatures (-8 °C and below) (Jeschor et al., 2005). Improvements in the design of cars (anti-locking and traction control systems, active and semi-active suspension systems, etc.) affect the interaction of the car wheel with the road. The road surface (materials, texture, technical condition, meteorological conditions - water, snow, ice) has a no less influence than the tire on the optimality and stability of the parameters of the connection road - tire.

One of the main indicators of tire adhesion to the road surface is tread slippage. The values of the adhesion coefficient depend on the longitudinal slip. This dependence is shown in the figure (Figure 1) under various road surface meteorological conditions (Reindl, 2009).

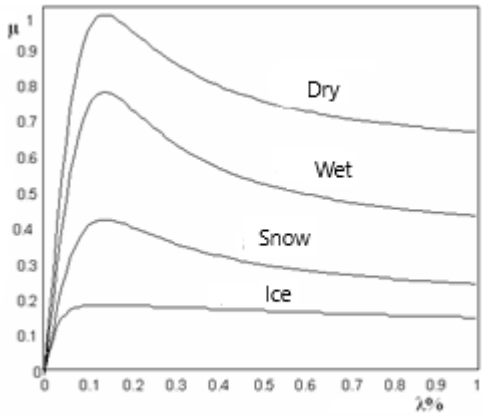


Figure 1 Dependence of adhesion coefficient μ_k on longitudinal slip λ (Reindl, 2009).

From the graph, it can be seen that on a dry road, with a wheel slip of about 14%, the adhesion is the highest and its value is μ_k =0.99.

On a wet road, the value of μk decreases by about 20%, on a snow-covered road - by about 60% ($\mu_k \approx 0.40$) and on an ice-covered road - by about 82% ($\mu_k \approx 0.18$).

As tire slippage increases, the efficiency of its tread grip with the road surface decreases. When the slip reaches the critical limit, that is 100%, the longitudinal contact force acting on the area of contact of the tire with the road will become equal to the frictional force between the tread and the road surface. This happens when braking the car with locked wheels or when moving with spinning wheels. In this case, the adhesion coefficient is immediately reduced by 20...35%. The values of the coefficient of adhesion and the coefficient of sliding friction are equal:

$$\mu_k = \mu_l \quad (4)$$

Under this condition, the car practically becomes out of control (emergency situation).

Data on the change in the coefficient of sliding friction depending on the type and condition of the road surface are presented in table (Steyn and Haw, 2010).

After creating "intelligent" tires, i.e. tires that determine and transmit current information about relevant grip and other physical properties to control devices or the driver would significantly increase the safety of car driving.

This goal has prompted most electronics and automotive industry concerns and experimental centers to conduct intensive research in this direction. One of the programs in this direction is the German concern Siemems Automobiltechnik, Continental, etc. the development program of unique sensors installed in tires is underway. These are the so-called surface wave radio sensors (SAW) (Germany- OFW - Oberflächenwellen Funksensor), which can transmit the relevant values of the adhesion coefficient, air pressure in the tire, temperature and humidity parameters to the central car management and control system (Hosp and Reindli, 2006).

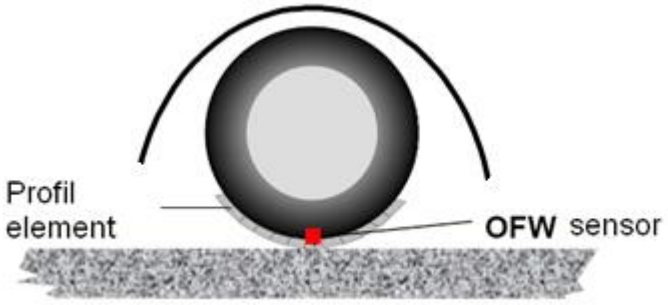


Figure 2 Measuring the deformation of profile elements with an OFW sensor (Hosp and Reindli, 2006).

Determining the adhesion coefficient is based on recording the deformations of the tread elements with OFW sensors in the base rubber layer (Fig. 2). The measurement results show a change in the geometry of the tread elements, which is directly related to the relative slippage process of the wheel and the current value of the friction coefficient. The current level of development of the sensor methodology already allows to capture microdeformations of the tread element and transmit them via radio waves to the car's electronic control system, which recognizes digital impulses and converts them into the necessary control signals. The main idea of the system model is based on simple physical laws: when the tire is rolling on the road surface, the tread elements are deformed according to the characteristic type of road surface and the amount of slippage; the shearing of the profile elements deforms the rubber layer of the tire, in which the OFW sensors are installed. Deformation values are measured by OFW sensors that transmit information via radio waves. The energy supply of the sensors installed in the tire, as well as the reading and transmission of data, is ensured only by the excitation of radio waves.

Theoretical analysis of the characteristics of the types of tires used on winter roads. A tire is one of the car's elements, on which traffic safety, fuel consumption, and passenger comfort depend. The adhesion coefficient is the main parameter for predicting the car's behaviour during braking and other emergency situations and for designing active safety systems. The contact properties of the road surface and tires determine the driver's behaviour in an emergency situation and the consequences (Jeschor at al., 2005). The adhesion coefficient is defined as the ratio of the longitudinal force of wheel traction acting on the road surface and the normal load pressing on the wheel. The adhesion of a tire to the road surface is one of the main indicators of its efficiency, which affects traffic safety. By improving tire designs, materials that allow improving the main indicators of tire adhesion to the road surface (adhesion and sliding friction coefficients), new tread patterns, special tread rubber compounds have been created. Which significantly improve tire grip on wet and slippery road surfaces, tire elasticity at low ambient temperatures (-8 °C and below) (Jeschor at al., 2005). One of the main indicators of tire adhesion to the road surface is tread slippage. The values of the adhesion coefficient depend on the longitudinal slip. On a dry road, with a wheel slip of about 14 %, the grip is the highest and its value reaches $\mu_k = 0,99$. On a wet road, the μk value decreases by about 20 %, on a snow-covered road - by about 60 % ($\mu_k \approx 0,40$) and on an ice-covered road - by about 82 % ($\mu_k \approx 0,18$). As tire slippage increases, the efficiency of its tread grip with the road surface decreases. When the slip reaches the critical limit, that is 100 %, the longitudinal contact force acting on the area of contact of the tire with the road will become equal to the frictional force between the tread and the road surface. This happens when braking the car with locked wheels or when moving with spinning wheels. In this case, the adhesion coefficient is immediately reduced by 20...35 %. The values of the coefficient of adhesion and the coefficient of sliding friction are equal: $\mu_k = \mu_l$ (Pakalnis, 2000). Under this condition, the car practically becomes out of control (emergency situation). The European Commission classifies vehicles as part of emission standards and other vehicle regulations. Passenger cars receive an “M” categorization, while commercial vehicles receive an “N” categorization. Two directives of the European Parliament and of the Council serve as sources for these definitions and classifications: 2002/24/EC of 18 March 2002 and 2007/46/EC of 5 September 2007. In addition, the EU legislation on driving licenses (Directive 2006/126/EC of 20 December 2006) provides for a splitting of some categories of vehicles (Directive 2007/46/EC of the european parliament and of the council, 2007). Category M – Motor vehicles having at least four wheels and for the carriage of passengers. Category M1 – Vehicles designed and constructed for the carriage of passengers and comprising no

more than eight seats in addition to the driver's seat, and having a maximum mass ("technically permissible maximum laden mass") not exceeding 3,5 tons. Category N – Power-driven vehicles having at least four wheels and for the carriage of goods. Category N1 – Vehicles designed and constructed for the carriage of passengers and comprising no more than eight seats in addition to the driver's seat, and having a maximum mass ("technically permissible maximum laden mass") not exceeding 3,5 tons. (Directive 2007/46/EC of the european parliament and of the council, 2007). Tires are the only part of the car that is in direct contact with the road, therefore, they must be suitable and of good quality. They provide adequate grip with the road surface, thanks to which the car is easy to control, accelerate or brake when necessary. Tires can be of different types, intended for different seasons, with different tread depth and pattern.

4. RESULTS

During the research, car tires were inspected and their type was determined, and their tread depth was measured. Tire inspection took place in 2023. in July in Lithuania. During the entire investigation, 1211 cars were checked. During the research, 708 cars were found operating with the best tires for this season, which is 58 % of all cars checked. The rest (42 %) of cars in use are not properly adapted to the operating conditions of the season. Of these, 363 cars were found with winter tires, which is 30 % of all cars checked. The drivers of 83 tested cars chose to use universal, that is, tires adapted to all seasons. Cars operated with universal tires accounted for 7 % of all inspected vehicles. During the research, a small part (4.6 %) of such cars were also found, which were also operated with different types of tires (Figure 3).

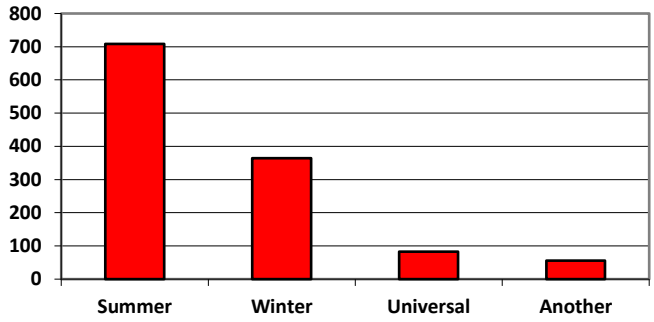


Figure 3. Results of inspection of the types of tires of cars in use in Lithuania

During the research, it was found that 8.9% of cars with summer tires have a tire tread depth of less than 1.6 mm (Figure 4).

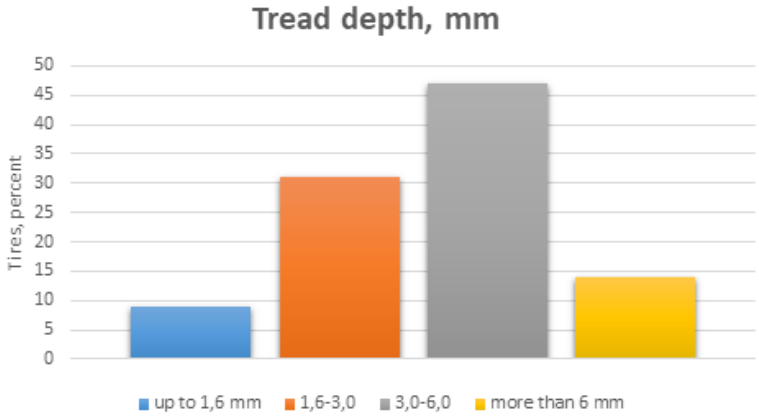


Figure 4 The results of the summer tire tread depth test.

2% of cars driving on winter tires with a tread depth of less than 1.6 mm were found (Figure 5). We know from the traffic rules that it is forbidden to operate cars with a tire tread depth of less than 1.6 mm.

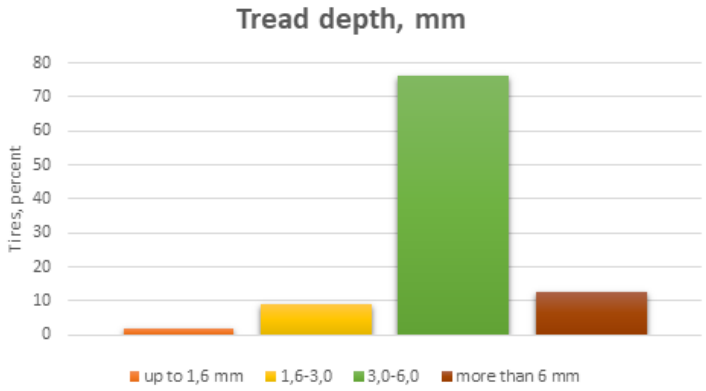


Figure 5 Winter tire tread depth test results

In total, 8,4 % of cars drive with unsuitable tires. 13,5 % of cars with summer tires and 12,4 % with winter tires use very good tires with tread depth greater than 6 mm.

The braking efficiency test was performed by recording the deceleration acceleration of the passenger car during braking, with a special device "MAHA" VZM 300 (decelerometer). The sensor elements of the device, the calculation unit and the printer are integrated in a compact body (Figure 6).

The VZM 300 is a versatile, self-powered, portable device that could be conveniently used in this study. The possibilities of using the device are expanded by the software package PROM V.3.20., which is controlled by function keys, and the results are presented on the liquid crystal display, which can be printed on the printing tape. The principle of operation of the deceleration acceleration measuring device is based on fixing the position of a sliding lever with a magnetic sensor by an induction coil, i.e. electromechanical principle.

Figure 6. Deceleration acceleration measuring device

The deceleration acceleration of the car during braking on dry and wet asphalt concrete surfaces was studied. Summer and winter tires were used for the tests. Summer and winter tire tests were performed with slightly different tread depths. Summer tires with a tread depth of 7.2 mm and winter tires with a tread depth of 6.9 mm were tested. During the tests, the car was braked on all wheels and the decelerometer VZM 300 measured the car's deceleration acceleration. The test results are shown in Figure 7.

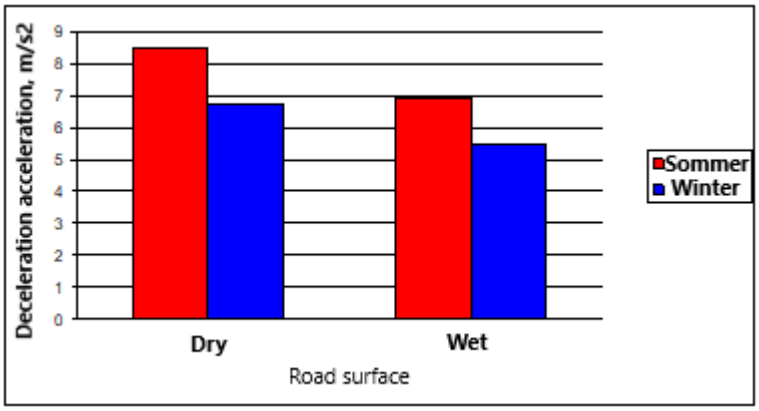


Figure 7. Deceleration acceleration test results

The test results show that braking acceleration on dry road surfaces with winter tires is 20.3% lower than with summer tires. Such a difference in braking acceleration when braking a car traveling at a speed of 50 km/h with winter tires corresponds to a longer stopping distance of 2.89 m. When braking the car on a wet road surface, this difference is 19.2%. From this it can be seen that the grip performance on wet road surface depends less on the type of tires than on dry road surface. Which proves that the grip of winter tires is lower than that of summer tires on dry and wet road surfaces in good traffic conditions (25° C).

5. CONCLUSION

The technical condition of car tires operated in Lithuania is poor. A large part of passenger cars (32.4 percent) use tires with a tread depth of less than 3 millimeters. This level of tire tread wear is still allowed by law, but not recommended from a traffic safety point of view. Of the inspected vehicles, as many as 8.4% of cars drive with unsuitable tires (tread depth less than 1.6 millimeters). This does not comply with safe traffic standards, especially on wet roads. In the warm season, even 20.9 percent drive with winter tires that are not adapted to such road conditions.

Braking efficiency depends on the type of tire tread, especially when braking on dry road surfaces. The difference in braking acceleration when braking a car moving at a speed of 50 km/h with winter tires corresponds to a 2.89 m longer braking distance than with summer tires. Such a difference in braking distance can significantly affect traffic safety. So, shouldn't it be worth limiting the use of winter tires in the summer period.

6. REFERENCES

Alvarez L., Yi J. (2005). Dynamic friction model-based tire-roud friction estimation and emergency braking control. Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de Mexico. 11 p

Bachmann T. und andere. (2005). Der Reibwert zwischen Reifen und Fahrbahn und dessen Inanspruchnahme durch den Fahrer // ATZ Automobiltechnische Zeitschrift., N 10, 658-667 p.

Dimaitis M., Pakalnis A., Šiaudinis G. (1999). Automobilių ratų sukibimo su kelio danga rezultatų analizė, naudojant SRT – 3. Lietuvos keliai. Vilnius: Ex Arte, , Nr. 2, 52 – 57 p.

Dimaitis M. ir kt. (1999). Automobilių ratų ir kelio sąveika.. Transbaltika-99. Vilnius, 208 p.

Fach M. (2012). Lokale Efekte der Reibung zwischen Phw-Reifen und Fahrbahn: Dissertation TU Darmstadt, Fortschritt-Berichte VDI Reihe 23 NR. 411, 136 p.

Gnadler R. (2006). Umtangskraftverhalten von Pkw-Reifen bei untershiedlichen Fahrbahnzuständen // ATZ Automobiltechnische Zeitschrift., N. 9. 458- 466 p.

Hosp W., Reindli L., Preninnger M. (2006). Passive OFW funksensorik für „inteligenten“ Reifen: VDI Fachtagung Reifen, Fehrwerk, Fahrbahn. Hanover 21.-22,10,p

Jeschor M.und ander., (2005). „Ein neues verfahren zur Bewertung von Pkw-Reifen ein Beitrag auf dem unterschiedlich Weg. Dresden

Nagurnas S., Mitunevičius V. (2001). Lengvųjų automobilių stabdymo charakteristikų tyrimas. Transbaltika-01. Vilnius, p. 195-200.

Pakalnis A. (2000). Automobilio rato darbo modeliavimas. Daktaro disertacijos santrauka. Kaunas: Technologija, 30 p.

Reindl L. (2009).Über Funk auslesbare passive Sensoren. Institut für Elektrische informationstachnik, Tachnische Universität Clausthal. // ITZ Berichte.

Steyn W.and Haw M. (2010). The effect of road surfacing condition on tyre life. CSIR Transportek. 12 p.

DIRECTIVE 2007/46/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 September 2007 establishing a framework for the approval of motor vehicles and their trailers, and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

IMPORTANCE OF ECO-DRIVING AND DIFFERENCE IT MAKES IN FUEL CONSUMPTION

Manvydas Bagavičius

Šiauliai State University of Applied Sciences, Faculty of Business and Technologies, Lecturer of Transport Engineering Department, Aušros ave. 40, Šiauliai, LT-76241, Lithuania, m.bagavicius@svako.lt

Abstract: *Research examines the fuel consumption of a gasoline engine. Eco-driving is described in theoretical terms. The making of an additional fuel tank system is described which is used to accurately determine fuel consumption. Routes A-E have been developed and tested by driving the car conventionally and in accordance with the principles of eco-driving. Fuel consumption for all routes was obtained and fuel savings were calculated. The application of eco-driving principles on routes A – E has reduced fuel consumption by 42.39%. The ecological and financial benefits of eco-driving have been calculated and it shows that by using eco-driving rules everyone can contribute to the reduction of air pollution and also save money in the process.*

Key words: *eco-driving, ecology, fuel consumption, petrol engine, fuel system*

1. INTRODUCTION

Aim of the research. To show the importance of eco-driving and the impact it makes to the fuel consumption and air pollution.

Transport is an integral part of the modern world. The better developed the transport system, the faster the cargo will be delivered and the passengers will reach their destination. All of this comes at a cost, as vehicles are one of the main sources of air pollution and a major contributor to climate change. To avoid the consequences of climate change, various strategies are being developed to reduce air pollution, one of which is eco-driving.

Eco-driving (efficient driving) is a modern responsible and rational driving style, where the driver pays attention to the traffic flow and is safe; the car can be operated without repairs for a longer time and uses less fuel (https://ecodriving.lt/ekovairavimas/, 14.11.2020).

There are many different steps you need to take to adapt your eco-driving style to driving, both before and after driving, as each will reduce your overall fuel consumption.

Benefits of eco-driving:

- Security
  - Increasing road safety;
  - Improving drivers driving skills.
- Environmental
  - Reducing greenhouse gas (CO2) emissions;
  - Reduces local air pollution;
  - Noise level is reduced.
- Financial
  - Fuel / money savings (long-term savings of 5-15%);
  - Lower vehicle operating costs;
  - Lower accident costs.
- Social
  - More responsible driving;
  - Less stress while driving. (https://ecodriving.lt/ekovairavimas/, 14.11.2020).

The concept of eco-driving is different from definition to definition but the common goal is to reduce the negative impact from driving (Magana and M. Munoz-Organero, 2015).

The driving should be done smoothly and without stress to help reduce sudden changes in velocity which often means that energy was wasted in order to get the vehicle moving in a short burst (Barkenbus, 2010).

To achieve the benefits of eco-driving, certain rules and principles need to be applied. They can be:

- Proper gear shifting. Each car will have a different engine speed limit, but the limit should not exceed 2000 rpm when driving. While driving at 50 km/h fourth or fifth gear should be engaged.
- Maintaining a constant speed while driving. The speed of the car must be as constant as possible while driving. Fuel consumption will be lower if the accelerator and brake pedals are pressed as infrequently as possible. The highest fuel consumption is when the car accelerates.
- Environmental monitoring. When driving, you should observe what is happening in front of and around the car. If an obstacle is visible, it will be possible to bypass it and there will be no need to stop, which would increase fuel consumption.
- Stopping the car without the brake pedal. If the driver can see an obstacle in front that will force the car to stop, such as a red traffic light, the driver should release the accelerator pedal and roll with gear engaged until he rolls to the obstacle. There is a chance that when the green traffic light comes on, the car will not have stopped yet, so the car will need less fuel to accelerate again.
- If the engine is on, car should drive and not stand still. If the car has stopped and will be there for 1-2 minutes or more the engine should be switched off.
- Electrical devices in the car. Electricity, for devices such as: car radio, air conditioner, electric windows, heated seats and others is obtained by burning additional fuel. The fewer appliances switched on, the lower the fuel consumption.
- Car maintenance. The car should be serviced regularly. Regular replacement of engine fluids, spark plugs, belts, filters and other components will help the engine to operate optimally.
- Tire pressure. It is very important to constantly check the tire pressure. Tire pressures can significantly increase fuel consumption.
- Car smoothness. The sleeker the car, the lower the air resistance with the air, thus reducing fuel consumption. The car may become less sleek due to the bike racks, trunks, cargo, etc. attached to the car. Even a car that is washed regularly will be smoother than a dirty car.
- Car weight. The heavier the car, the more fuel it will consume. The car should be inspected and cleaned of unnecessary items / loads.
- Route planning. An optimal route should be established before departure. Using modern technology, it is possible to create a route without road repairs or additional unwanted stops. It should be remembered that the shortest route will not always be the fastest or most environmentally friendly.

2. METHODS

While searching for the information on the topic of eco-driving, several types of studies have been found that attempt to compare the fuel consumption of conventional driving and eco-driving. The method of determining the change in fuel in those articles often raises many questions. There are two main ways in which the change in fuel was calculated. They can be named as follows:

1. Full fuel tank test;
2. Investigation of on-board computer readings.

The car selected during the full fuel tank test is filled with a full tank of fuel. After the car makes a certain route it goes to the gas station and refills the full tank. The amount of fuel required to refill the fuel tank a second time is counted as the fuel consumption for this route.

During the investigation of on-board computer readings, the car needs to be equipped with on-board computer. Current fuel consumption readings must be recorded and from this data the fuel consumption of the certain route can be calculated.

Both methods are quite inaccurate. In the first case it is impossible to fill the fuel tank with the same amount of fuel two times in the row. The amount of fuel in full fuel tank can vary from a few tens to several hundred milliliters or even a liter, so it is not clear how much fuel was burned during the certain route.

In the second case, using on-board computer readings, the results are also inaccurate because fuel consumption is a constantly changing dimension. Each press of the speed or brake pedal increases or decreases the consumption and that data changes every second and taking the average consumption of one route will result in very inaccurate results.

In order to carry out the study as accurately as possible and to determine the difference between the fuel consumption of conventional driving and eco-driving the idea was to produce a fuel system that would allow getting accurate results of fuel consumption. A separate fuel tank was used for this purpose which could be weighed before and after the test to find out exactly how much fuel was burned during the route. The study was conducted on five different routes. Each route consisted of two journeys, one conventional, the other applying the principles and rules of eco-driving.

3. RESULTS

To carry out this research a car was purchased and an additional fuel tank was installed in it. More technical data of the purchased Peugeot 206 is given in Table 1.

Table 1. Peugeot 206 technical specifications (https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Peugeot/2105/Peugeot-206-11-XR---XT.html, 20.11.2020)

Year of manufacture	2000
Engine displacement, cm3	1124
Fuel type	Petrol
Engine power, kW (HP)	44 (59)
Maximum speed, km/h	158
Acceleration 0-100 km/h, sec	15,4
Drive wheels	Front
Gearbox type	Mechanic
Number of gears	5
Weight, kg	885
Fuel consumption in the city 100km, l	8,3
Fuel consumption on the highway 100km, l	5,2
Average fuel consumption 100km, l	6,2
Fuel tank capacity, l	50
CO2 emissions, g/km	148

The data in the Table 1 show that the car has a 59-horsepower engine and weighs only 885 kg. The average fuel consumption per 100 kilometers is 6.2 liters. CO2 emissions were 148 g / km so the pollution tax for registering this car in Lithuania was €30,06.

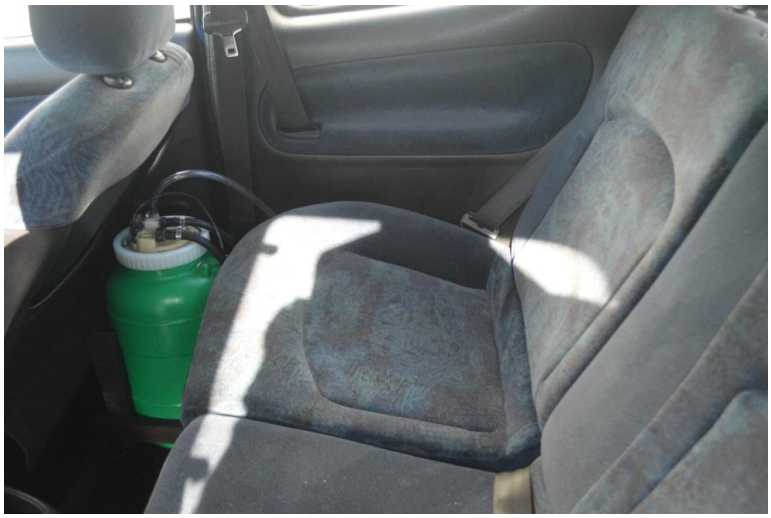


Figure 1. A 12-liter tank for fuel

When choosing a new fuel tank, its external and internal dimensions were taken into account. The inside of the tank had to be large enough to accommodate the fuel pump and from the outside the tank had to be as compact as possible so that it could be conveniently connected, disconnected, secured and lifted out of the car to be weighed. A 12-liter tank was purchased. In order to install a fuel pump in it, it was necessary to modify its cover by cutting a hole in it. The tank is shown in Figure 1.

A used fuel pump was found and bought, which was removed from the same car Peugeot 206 with a 1.1-liter engine. This pump was used in the new fuel tank. Fuel pump mounted in the lid of the tank is shown in Figure 2.

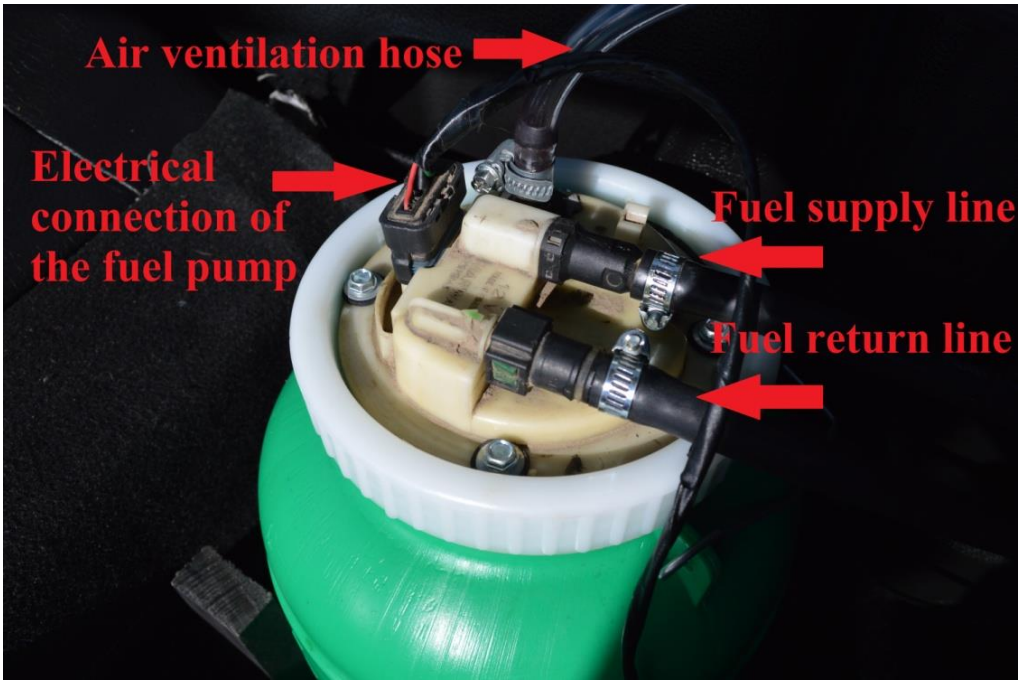


Figure 2. Fuel pump mounted in the lid of the tank

A separate fuel tank was mounted in the rear of the cabin on the right side under the "passenger's feet". This location was chosen because it was the closest location to the location where the original fuel pump was installed. The only thing that was modified on the car is a second electrical connection soldered to the original fuel pump power cord. This was chosen to do because the original cable was too short to connect to a new fuel tank. It was extended by about 50 centimeters. The fuel supply and return lines were also too short so 50 centimeters extensions were made. New fuel system is shown in Figure 3.

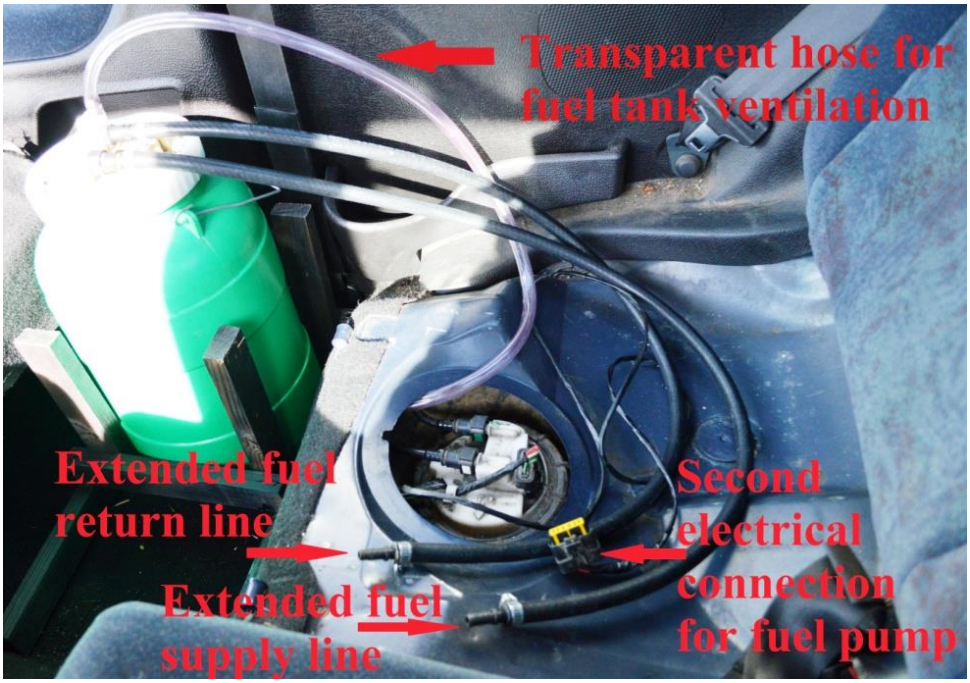


Figure 3. New fuel system

Fuel tank ventilation was also installed. A transparent hose was used for ventilation, one side of which was connected to the tank and the other end led out through a hole in the body to the outside of the car. In order to connect the new fuel tank, it was necessary to disconnect the original fuel supply connections and the electrical connection, then to connect the extensions to the car's fuel supply lines and to connect the extended electrical connection to the new pump. A frame was made of wooden beams in which the new fuel tank was placed to keep it stable.

Routes were made in the city, on the country roads, as well as on paved asphalt concrete roads and gravel roads and on roads with different speed limits from 30 to 90km/h. The aim was to obtain different fuel consumption figures as some routes had more traffic lights and others had fewer. There were also gravel sections on some routes while on other roads there were country roads with 90km/h speed restrictions.

Each route were driven two times, one time conventionally and second time using eco-driving rules. Total distance of routes A-E is 64.7 kilometers. This distance was covered twice: by driving conventionally and by applying eco-driving rules. Map of routes A-E is made by the Google Maps application and is shown in Figure 4.

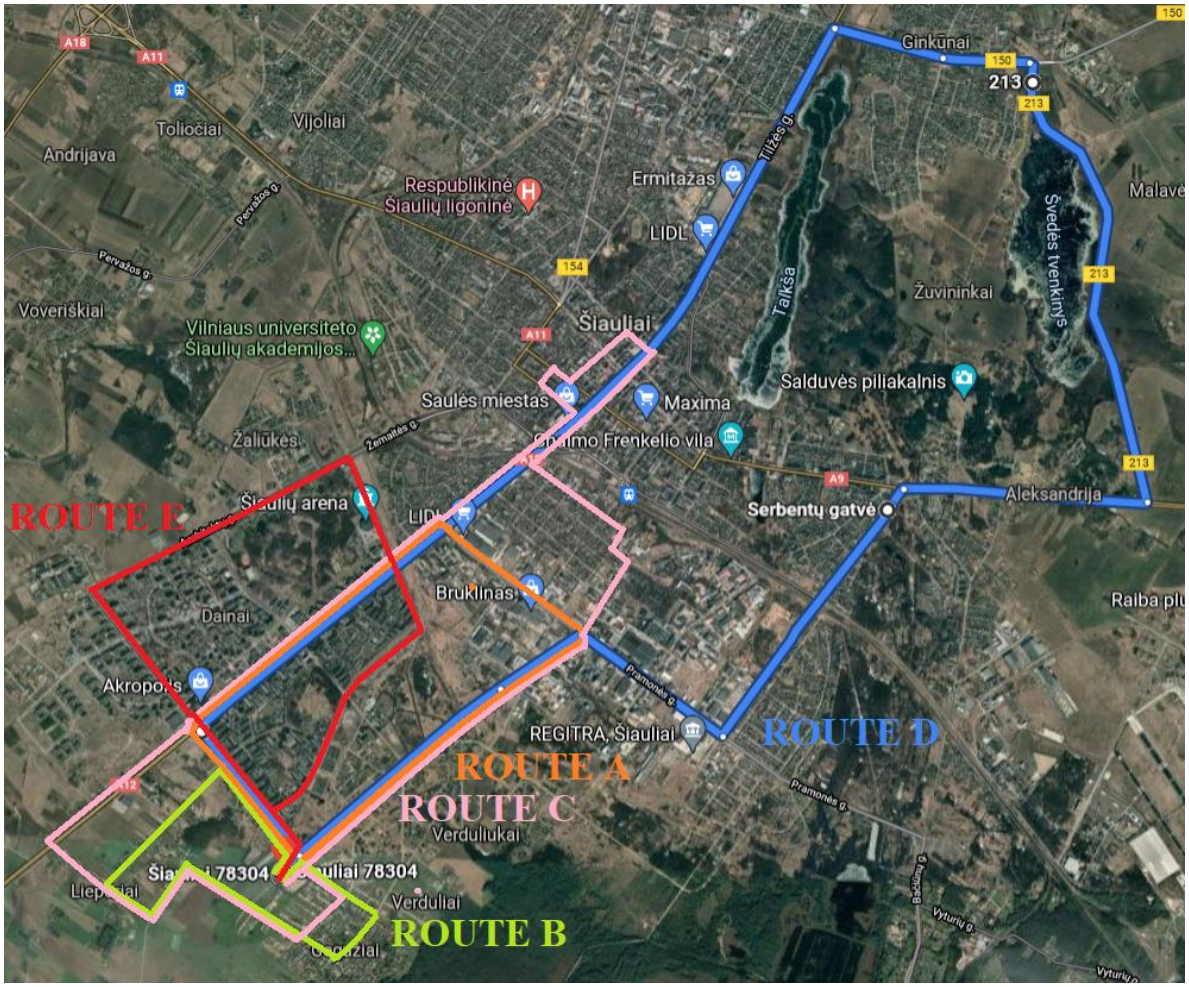


Figure 4. Map of routes A-E

Main focus in this research is to see how driving style can change the fuel consumption while driving. Main differences of driving routes A-E conventionally and in eco-driving style in this research are given in Table 2.

Table 2. Differences of driving conventionally and in eco-driving style

Eco-driving	*Conventional driving*
Car was driven at around 2000rpm. For example: driving with this car in fourth gear at 50km/h is about 2000rpm.	*Car was driven at around 2500-3000rpm mark. For example: driving with this car in third gear at 50km/h is about 2500rpm.*
Trying to stop the car without the brake pedal.	*Stopping the car with the brake pedal.*
Trying to monitor the environment and attempt to maintain constant speed while driving.	*Not monitoring the environment and not maintaining constant speed.*
All the electrical devices are off (unless the windows fog up).	*Electrical devices like car radio, air conditioner, rear window heater were turned on the whole time.*
All windows were closed.	*All the windows were opened about 50 percent to increase air resistance.*
No cargo.	*Additional cargo weighing about 30kg is carried in the trunk.*

All the results of differences in conventional and eco-driving styles get in this research will be because of these differences written in Table 2.

To measure fuel consumption, scales were purchased that could withstand a certain weight and measure to the nearest thousandth of a kilogram, that is, to the nearest 1 gram. Scales that can weigh up to 20 kilograms have also been selected, as the new fuel tank holds 12 liters of liquid and the weight of the fuel pump, fasteners, fuel and ventilation hoses and the new fuel tank must also be added. The study was conducted in October-November 2020, when the average outdoor temperature was 5°C. At this temperature a 1 liter bottle filled with petrol weighs 0.743 kilograms. This figure will be used as a factor in converting the test results from kilograms to liters. Fuel consumption in conventional driving and eco-driving routes in liters is shown in Figure 5.

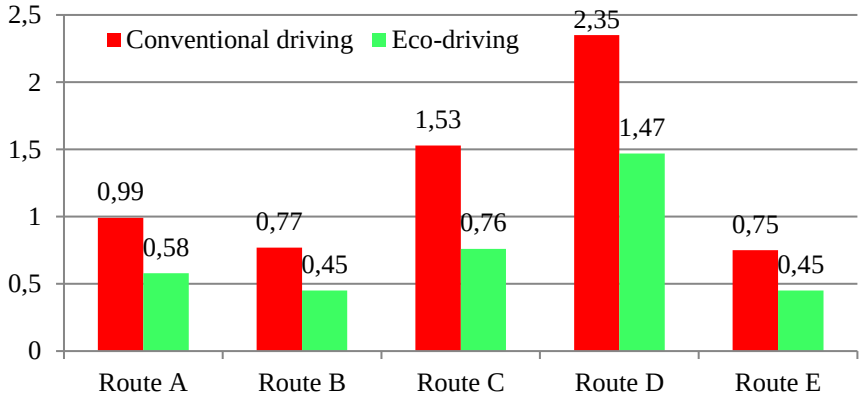


Figure 5. Fuel consumption in liters for conventional driving and eco-driving routes

Figure 5 shows that on all routes A to E, fuel consumption was reduced if eco-driving principles were applied. Fuel consumption in liters per 100 kilometers was calculated and is shown in Figure 6.

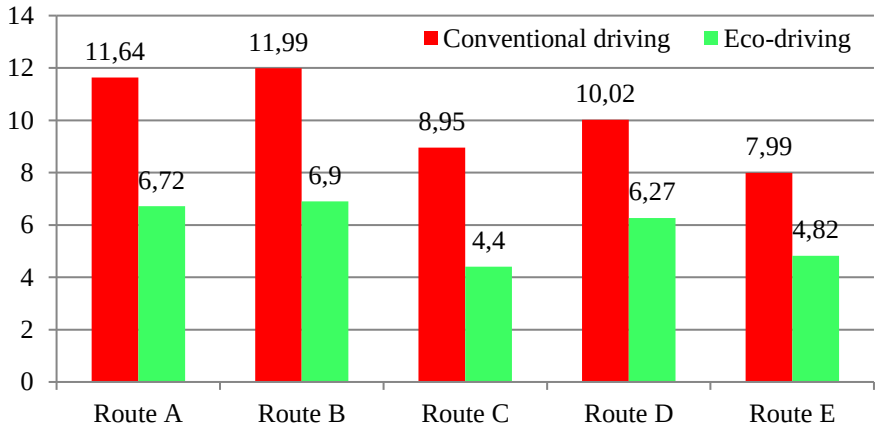


Figure 6. Fuel consumption of conventional driving and eco-driving routes in liters per 100 kilometers

During the study, the highest consumption per 100 kilometers was 11.99 liters and the lowest 4.4 liters. Eco-driving fuel consumption has never exceeded conventional driving fuel consumption.

The smallest difference between normal and eco-driving costs for a distance of 100 kilometers is obtained on route D. Fuel consumption of route D is 10.02 and 6.27 liters with a difference of 37.49%. Even the smallest savings would save more than a third on fuel costs.

The largest difference between conventional and eco-driving consumption for a distance of 100 kilometers is obtained on route C. Fuel consumption of route C is 8.95 and 4.4 liters and the difference is 50.89%, which is more than half.

This shows how a car's fuel consumption can vary and how it changes not just because of characteristics of the route but also because of the driver's driving style. The averages of the results of the study of routes A – E are presented in Table 3.

Table 3. Comparison of conventional and eco-driving fuel consumption of routes A-E

Routes A–E	Conventional driving, l	Eco-driving, l	Difference, l	Difference, %
Fuel consumption of routes A–E	6,37	3,67	2,7	42,39
Average fuel consumption per 100 kilometers	10,11	5,81	4,3	42,39

The application of eco-driving principles on routes A – E has reduced fuel consumption by 2.7 liters or 42.39%. Average fuel consumption per hundred kilometers decreased by 4.3 liters or 42.39%.

4. DISCUSSION

Eco-driving helps to save fuel and protect the environment by emitting fewer pollutants into the air. This research found that the application of eco-driving principles reduced fuel consumption by 42.39%. Using the order of the Ministry of Environment of the Republic of Lithuania: "Methodology for the assessment of pollutants emitted into the atmosphere from machines with internal combustion engines" (https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.60273/CbltngxLOi, 24.11.2020), it is possible to calculate how much pollutants were emitted into the air during the study. A comparison of emissions from normal driving and eco-driving is given in Table 4.

Table 4. Comparison of conventional and eco-driving pollutant emissions of routes A-E

Type of pollutant	Conventional driving pollutants, kg	Eco-driving pollutants, kg	Difference, kg
Carbon monoxide (CO)	2,96	1,708	1,252
Hydrocarbons (CH)	0,613	0,354	0,259
Nitrogen oxides (NOX)	0,126	0,073	0,053
Sulfur dioxide (SO2)	0,009	0,005	0,004

Table 4 shows that eco-driving has reduced emissions of all pollutants. Calculations shows that by using eco-driving rules everyone can contribute to the reduction of air pollution.

Table 3 shows that the fuel consumption of eco-driving routes is about 2.7 liters lower than in conventional driving. The price of A98 petrol on October 16, 2020 when the fuel was purchased was €1,03 per liter. The application of eco-driving principles is estimated to save €4,32 per hundred kilometers.

Lrt.lt conducted a survey on how many kilometers Lithuanians travel per year. The respondents of the survey mostly chose the answer variant, which marked 10–20 thousand annual mileage. This answer was chosen by 39 percent of drivers who answered questions in this survey (https://www.lrt.lt/naujienos/eismas/7/212899/kokia-lietuvoje-vazinejanciu-automobiliu-metine-rida, 26.11.2020).

If average Lithuanian travels about 15 thousand kilometers per year with a car, it is estimated that using the principles of eco-driving can save €648 per year. That amount of money would be saved just by changing driving habits and starting to use eco-driving rules.

5. CONCLUSION

- An additional fuel tank system has been developed to measure the exact amount of fuel consumed and to accurately calculate the difference in fuel consumption.
- Eco-driving routes A-E had lower fuel consumption than conventional driving. After all five routes the average consumption per hundred kilometers was reduced by about 4.3 liters or 42.39%.
- Calculations show that eco-driving has reduced emissions of carbon monoxide (CO), hydrocarbons (CH), nitrogen oxides (NOX) and sulfur dioxide (SO2).
- If average Lithuanian would travel about 15 thousand kilometers per year with this car, it is estimated that using the principles of eco-driving would save about €648.

6. REFERENCES

Ekovairavimas, kas tai? Retrieved from: https://ecodriving.lt/ekovairavimas/.

Kokia Lietuvoje važinėjančių automobilių metinė rida? Retrieved from: https://www.lrt.lt/naujienos/eismas/7/212899/kokia-lietuvoje-vazinejanciu-automobiliu-metine-rida.

Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerijos įsakymas Dėl teršiančių medžiagų, išmetamų į atmosferą iš mašinų su vidaus degimo varikliais, vertinimo metodikos patvirtinimo. Vilnius, 1998. Retrieved from: https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.60273/CbltngxLOi.

Peugeot 206 1.1 XR – XT specs. Retrieved from: https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Peugeot/2105/Peugeot-206-11-XR---XT.html.

J. Barkenbus (2010). Eco-driving: An overlooked climate change initiative.

V. C. Magana and M. Munoz-Organero (2015). Gafu: Using a gamification tool to save fuel.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

IMPROPER AND INSUFFICIENT COMPLIANCE WITH THE REGULATIONS AND RULES IN ROAD TRAFFIC AND THE IMPACT OF THAT FAILURE ON THE SAFETY OF TRAFFIC PARTICIPANTS

NEPRAVILNO I NEDOVOLJNO POŠTIVANJE PROPISA I PRAVILA U CESTOVNOM SAOBRAĆAJU I UTICAJ TOG NEPOŠTIVANJA NA BEZBJEDNOST UČESNIKA U SAOBRAĆAJU

Dragana Agić[a], Muhamed Barut[a], Fuad Klisura[a], Mustafić Ibrahim[a]

[a] Institute for Economic Engineering LLC, Vatrogasni put 3, 72000 Zenica, Bosnia and Herzegovina, dragana.a@ipi.ba, muhamed.b@ipi.ba, fuad.k@ipi.ba, edukacija@ipi.ba

Abstract: *Non-compliance with traffic regulations and rules by all road traffic participants is a daily occurrence, and a large number of them are not even aware of the degree of value of this non-compliance, as well as the consequences that may arise as a result. Some non-compliances are ignored even by the officials who are authorized to register and sanction them. This paper will give some basic examples of non-compliance and the possible consequences of that non-compliance, with the aspiration to find ways to solve this problem by pointing it out.*

Key words: *traffic, non-compliance, solution*

Apstrakt*: Svakodnevna su nepoštivanja saobraćajnih propisa i pravila od strane svih učesnika u cestovnom saobraćaju, a veliki broj njih nije ni svjestan stepena vrijednosti tog nepoštivanja, kao ni posljedica koje mogu nastati kao rezultat toga. Neka nepoštivanja su zanemarena i od samih službenih lica koja su ovlaštena da ih registruju i sankcionišu. Ovaj rad će dati neke osnovne primjere nepoštivanja i mogućih posljedica tog nepoštivanja, s težnjom da se ukazivanjem na ovaj problem nađu načini za njegovo rješenje.*

Ključne riječi*: saobraćaj, nepoštivanje, rješenje*

1. UVOD

Da li je bitna suština ili je cilj samo da se zadovolji forma. Je li na primjer bitna samo brzina kretanja vozila (što se najčešće kontroliše) ili je bitan i način kretanja tih vozila, odnosno da li je kretanje vozilom vršeno na odgovarajući i zakonom dopušteni način. Prevelika pažnja od strane nadzornih organa se posvećuje samo jednoj vrsti prekršaja, kao što je vezanje pojasa, dok se drugi u potpunosti zanemaruju ili samo ponekad primjećuju (a u gradskim prilikama su puno važniji od samog vezanja pojasa). Neki od tih slučajeva biti će pomenuti u narednom tekstu.

2. VRSTE PREKRŠAJA, KAZNE

Pješaci, bilo djeca ili odrasli, često prelaze kolovoz *sa slušalicama na ušima*[/u ušima1], čak i ne gledajući da li im motorno vozilo dolazi u susret, jer im je rečeno da kolovoz prelaze na pješačkom prijelazu i da im vozilo mora stati. Ista je situacija i sa *korištenjem mobitela* prilikom prelaženja kolovoza. Obilježeni pješački prijelaz jeste

[1] Zakon o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini – skraćeno ZOOSSBIH, (Službeni glasnik Bosne i Hercegovine broj 6/06, 75/06, 44/07, 84/09, 48/10, 18/13, 8/17, 89/17 i 9/18) – član 108., stav (2): Za vrijeme kretanja kolovozom pješak ne smije koristiti mobilni telefon niti imati slušalice u oba uha. (Kazna: 40,00 KM, član 238. stav (1), tačka 28a)).

dio površine kolovoza namijenjen za prelaženje pješaka[2] preko kolovoza, obilježen oznakama na kolovozu i odgovarajućim saobraćajnim znakom[3]. Međutim, kolovoz je dio površine puta namijenjen **prvenstveno** za saobraćaj vozila[4]. Znači, pješak prilikom prelaženja ulice ulazi u prostor namijenjen za kretanje vozila i to treba da poštuje, čekajući svoj red i uvijek imajući na umu da vozilo, iako njime upravlja čovjek, nije uvijek moguće u potpunosti kontrolisati. Sve to iz razloga jer nisu svi vozači isti (godine, iskustvo, odnos prema vožnji - odgovornost, refleksi) a ni sva vozila nisu u istom stanju (neka su 100% ispravna, a neka nisu). To znači da neće i neće moći uvijek i na isti način svako reagovati na istu situaciju. Zbog toga je važno da pješaci shvate da je puno lakše njima stati, čak se i izmaknuti i pustiti vozilo da prođe, nego se utrkivati sa vozilima i „tjerati" prava i pravdu. I najmlađi i najstariji treba da znaju da treba stati, dobro osmotriti kolovoz, lijevo – desno – lijevo, pa tek kada se uvjere da nema vozila ili da im je vozilo stalo i pušta ih da prođu, prijeći ulicu.[5] Rijetko se djeci, ali i odraslima, skreće pažnja na ove situacije, smatrajući ih banalnim i opštepoznatim, međutim, jedan trenutak nepažnje je dovoljan za negativne posljedice.

Slična je situacija i sa biciklima. Ne može se biciklom preko pješačkog prijelaza6!!! Ukoliko osoba vozi bicikl, prije pješačkog prijelaza treba da siđe, prijeđe pješački prijelaz gurajući bicikl pored sebe, a onda da se opet „popne" na bicikl i nastavi!7 Ovo je zakonodavac s razlogom predvidio jer kada se osoba kreće biciklom njeno kretanje je znatno brže nego kada hoda i samim tim je vozaču mnogo teže da reaguje na biciklistu koji mu se jednostavno „stvori" ispred točkova vozila.

Bicikl se, nažalost, ne može voziti ni po trotoaru (izuzev ako je na trotoaru, iscrtana biciklistička traka). I tada se mora gurati, izuzev ako njime upravlja dijete koje ima manje od 12 godina. Jer, trotoar je posebno uređena saobraćajna površina namijenjena za kretanje pješaka, koja nije u istom nivou s kolovozom puta, ili je od kolovoza odvojena na drugi način 8.

Naravno, ukoliko postoji biciklistička staza, kao dio pješačkog prijelaza, tada se i kolovoz može prijeći na biciklu, ali i tada treba biti jako oprezan, usporiti i dobro razgledati ima li vozila na kolovozu!

Problem sa pješačkim prijelazima je i taj što često pješaci prelaze na mjestima koja su u blizini pješačkih prijelaza.9 Ovaj problem bi se više mogao posmatrati sa urbanističko-saobraćajnog stajališta jer bi o iscrtavanju i određivanju mjesta za pješačke prijelaze trebalo voditi računa i o najčešćim rutama kretanja pješaka, u narodu poznatim kao „staze slonova". Na pojedinim mjestima pješački prijelazi su označeni upravo na mjestima koja pješacima nimalo ne odgovaraju i usmjeravaju ih kontra njihovih svakodnevnih ruta kretanja.

Kada je riječ o pješačkim prijelazima potrebno je napomenuti i slučaj kada vozači „narušavaju" taj dio koji je namijenjen za pješake, odnosno zaustavljaju se tačno na pješačkom prijelazu kako bi nešto istovarili, nešto na brzinu kupili i slično. Prema članu 73. stav (1), tačka 1) ZOOSSBIH-a: Vozač ne smije zaustaviti ili parkirati vozilo na obilježenom pješačkom prijelazu i na udaljenosti manjoj od 5 m od tog prijelaza, kao i na prijelazu biciklističke staze preko kolovoza.10

---

[2] ZOOSSBIH, član 9. stav (1), tačka 42): Pješak je lice koje učestvuje u saobraćaju, a ne upravlja vozilom, niti se prevozi u vozilu, lice koje vlastitom snagom gura ili vuče vozilo, ručna kolica, dječije prijevozno sredstvo, bicikl, moped ili pokretna kolica za nemoćna lica, lica u pokretnoj stolici za nemoćna lica koju pokreće vlastitom snagom ili snagom motora, ako se pri tome kreće brzinom čovječijeg hoda, kao i lice koje klizi klizaljkama, skijama, sankama ili se vozi na koturaljkama.

[3] ZOOSSBIH, član 9., stav (1), tačka 36): Obilježeni pješački prijelaz je dio površine kolovoza namijenjen za prelaženje pješaka preko kolovoza, obilježen oznakama na kolovozu i odgovarajućim saobraćajnim znakom.

[4] ZOOSSBIH, član 9., stav (1), tačka 15): Kolovoz je dio površine puta namijenjen **prvenstven**o za saobraćaj vozila.

[5] ZOOSSBIH, član 109., stav (3): Na obilježenom pješačkom prijelazu na kome saobraćaj nije regulisan svjetlosnim saobraćajnim znakovima, ni znakovima koje daje ovlašteno lice, prije stupanja na pješački prijelaz pješak je dužan obratiti pažnju na udaljenost i brzinu vozila koja mu se približavaju. (U suprotnom, prema članu 238. stav (1), tačka 29) – pješak će se za prekršaj kazniti kaznom od 40,00 KM.).

[6] ZOOSSBIH, član 9. stav (1), tačka 36): Obilježeni pješački prijelaz je dio površine kolovoza namijenjen za prelaženje pješaka preko kolovoza, obilježen oznakama na kolovozu i odgovarajućim saobraćajnim znakom.

[7] Za vožnju bicikla Zakonodavac je predvidio biciklističku stazu (ZOOSSBIH, član 9. stav (1), tačka 6)) i biciklističku traku (član 9. stav (1), tačka 7)).

[8] ZOOSSBIH, član 9., stav (1), tačka 74).

[9] ZOOSSBIH, član 108. stav (3): Na putu koji ima obilježene pješačke prijelaze ili posebno izgrađene prijelaze, odnosno prolaze za pješake, pri prelaženju puta pješak je dužan kretati se tim prijelazima, odnosno prolazima, ako oni nisu udaljeni od njega više od 100 metara.

[10] ZOOSSBIH, član 238. stav (1), tačka 14) – predviđa kaznu od 40,00 KM za vozača koji zaustavi ili parkira svoje vozilo protivno odredbama člana 73. i člana 74.

Ugrožavanje pješaka/građana od strane vozača motornih vozila vrši se i na druge načine. Međutim, jedan od najčešćih u zadnje vrijeme, kako se povećao broj vozila a mjesta za parking nema dovoljno, je parkiranje ispred samih ulaza zgrada, škola, preduzeća i slično. Vozači često nisu svjesni koliko je to opasno jer oni na ovaj način, osim što otežavaju svakodnevno „normalno“ kretanje korisnika tih prostora, ujedno i onemogućavaju pristup svim službama koje u datom momentu trebaju pristupiti datom objektu kako bi pomogle i spasile živote i imovinu (policija, hitna pomoć, vatrogasci i slično). Prema članu 74. stav (1) tačka 3) ZOOSSBIH-a: „Osim u slučajevima iz člana 73. ovog Zakona, vozač ne smije parkirati vozilo naročito na: prilazima i ulazima škola, ustanova, preduzeća, stambenih zgrada i drugih objekata i iznad priključka na vodovodnu mrežu i ulaza u kanalizacionu ili drugu mrežu komunalnih organizacija.“11

Često se dešava da se prava i sigurnost pješaka ugrožavaju parkiranjem vozila i na trotoarima, što je u suprotnosti sa članom 69. ZOOSSBIH-a: „Vozač ne smije zaustaviti ili parkirati vozilo na mjestu na kome bi ono ugrožavalo sigurnost drugih učesnika u saobraćaju ili predstavljalo smetnju za normalno odvijanje saobraćaja ili kretanje pješaka.“12 Parkirajući vozilo na trotoaru vozač prisiljava pješaka da i sam napravi prekršaj, jer će, iako postoji trotoar, pješak morati sići na kolovoz i po istom se kretati.13 Ovakve situacije naročito su opasne za djecu.

Problematično parkiranje i ometanje vršenja saobraćaja bez problema je i parkiranje suprotno odredbi člana 73. ZOOSSBIH-a stav 1. tačka 10), odnosno parkiranje na dijelu kolovoza koji je kao stajalište za vozila javnog saobraćaja obilježen saobraćajnim znakom i oznakama na kolovozu. Kada se u obzir uzme da je kazna za ovu vrstu prekršaja 40,00 KM (a u roku 8 dana pola od tog iznosa), onda se većina i ne sekira što će dobiti kaznu za taj prekršaj.

Jako česta greška, a koje većina vozača nije ni svjesna, i koja je zanemarena, je i korištenje farova za maglu „u svakoj prilici“. Znači vozači koriste farove za maglu kao neki trend, modni dodatak, da bi njihovo vozilo izgledalo ljepše, modernije ili „moćnije“. Zakonodavac je predvidio da se u toku dana koriste kratka ili dnevna svjetla.14 Ista je situacija i sa noćnom vožnjom 15. Vozač, u pravilu, za osvjetljenje puta upotrebljava duga svjetla16, osim u slučajevima nabrojanim u članu 93. stav (2) ZOOSSBIH-a.

Članom 95. stav (1) ZOOSSBIH-a tačno je rečeno: „Po magli vozač motornog vozila na vozilu treba imati upaljena kratka svjetla za osvjetljavanje puta ili svjetla za maglu ili oba svjetla istovremeno“. Stav (2) istog člana glasi: „Svjetla za maglu koja se nalaze na prednjoj strani vozila moraju biti bijele ili žute boje, a na zadnjoj strani crvene boje“.

Svjedoci smo čestih prepravki od samougradnje farova za maglu u vozila kojima ih proizvođač nije ugradio do ugradnje raznih boja sijalica u postojeće farove za maglu.17

Takođe, česti su slučajevi gdje vozači u toku dana uopšte ne pale ni kratka ni dnevna svjetla, iako član 90. stav (1) glasi: „Za vrijeme upravljanja motornim vozilom danju na vozilu moraju biti upaljena kratka ili dnevna svjetla“. Za ovaj prekršaj član 239. stav 1. tačka 21) ZOOSSBIH-a predvidio je kaznu od 30,00 KM.

Još jedno često nepoštivanje saobraćajnih pravila je i to što vozači pravovremeno ne obavještavaju ostale učesnike u saobraćaju o svojoj namjeri obavljanja neke radnje vozilom (ZOOSSBIH, član 37. stav (1): Prije obavljanja radnji vozilom iz člana 36. ovog Zakona (pomijeranje vozila udesno, ulijevo, mijenjanje saobraćajne trake, preticanje, obilaženje, zaustavljanje, skretanje udesno ili ulijevo, polukružno okretanje, vožnja unazad i slično) vozač je dužan jasno i pravovremeno obavijestiti o svojoj namjeri druge učesnike u saobraćaju, dajući

[11] ZOOSSBIH, član 238. stav (1), tačka 14) – predviđa kaznu od 40,00 KM za vozača koji zaustavi ili parkira svoje vozilo protivno odredbama člana 73. i člana 74.

[12] ZOOSSBIH, član 236. stav (1), tačka 10a) – predviđa kaznu od 50,00 do 250,00 KM za lice koje postupa suprotno odredbama člana 79. stav (2).

[13] ZOOSSBIH, član 105. stav (1): „Pješak se ne smije, po pravilu, kretati i zadržavati na kolovozu.“ i član 106. stav (1): „Na putu koji ima trotoar ili drugu površinu određenu za kretanje pješaka, odnosno površinu pored kolovoza pogodnu za kretanje pješaka, pješak je dužan kretati se tim površinama.“ (Član 238., stav (1), tačka 26) za pješaka koji se nepotrebno zadržava na kolovozu ili se kreće po kolovozu na način da ometa ili sprječava saobraćaj vozila kaznit će se kaznom u iznosu od 40,00 KM).

[14] ZOOSSBIH, član 90. stav (1): Za vrijeme upravljanja motornim vozilom danju na vozilu moraju biti upaljena kratka ili dnevna svjetla.

[15] ZOOSSBIH, član 93. stav (3): Noću, kao i danju u slučaju smanjene vidljivosti, vozač motornog vozila za vrijeme vožnje mora imati na vozilu upaljena najmanje kratka svjetla za osvjetljavanje puta.

[16] ZOOSSBIH, član 93. stav (1): Za osvjetljavanje puta vozač motornog vozila, u pravilu, upotrebljava duga svjetla.

[17] ZOOSSBIH u članu 237. stav (1) tačka 12) kaže da će se vozač vozila na motorni pogon koji po magli ne upotrebljava propisana svjetla, ili ako ta svjetla upotrebljava na način suprotan odredbama člana 95., kazniti za prekršaj, novčanom kaznom od 50 KM.

znak pomoću pokazivača smjera ili, ako oni ne postoje, odgovarajućim znakom rukom. Ukoliko ne ispoštuju ovo pravilo predviđena je kazna od 30,00 KM. Svjedoci smo svakodnevnog „slaloma“ vozila, kao i isključivanja istih, naročito u kružnim tokovima, bez da se da ikakav znak. Većina vozača nije ni svjesna koliki je značaj tog pokazivača, kako sa aspekta sigurnosti tako i sa aspekta brzine odvijanja saobraćaja, naročito kada je riječ o kružnim tokovima.

E-romobili (električni trotineti i slični električni uređaji) nisu Zakonom definisani, na nivou Bosne i Hercegovine. Republika Srpska ovaj dio je uredila na nivou entiteta u Zakonu o izmjenama i dopunama zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske broj 111 od 09.12.2021. godine, te je definisala saobraćaj lakih ličnih električnih vozila, te da takva vozila moraju imati identifikacionu potvrdu i identifikacionu naljepnicu.

Međutim, ako se u obzir uzme definicija vozila, kao i brzina kojim se e-romobili kreću, definitivno bi se trebalo razmisliti o zakonskom definisanju korištenja ovih prijevoznih sredstava. Uzimajući u obzir i ogromno aerozagađenje, naročito u većim gradovima, za svaku je pohvalu korištenje ovih sredstava, ali ako se uzme u obzir način korištenja ovih sredstava, ko ih koristi, gdje i kojom brzinom, kao i kakve su posljedice nepravilnog korištenja, onda bi se definitivno trebalo naći neko legislativno rješenje. Naravno, u okviru tog rješenja trebale bi se odrediti kategorije e-romobila (prema svojoj veličini, brzini kretanja i slično), kao i zaštitna oprema koja bi bila obavezna prilikom korištenja ovih prijevoznih sredstava, te da se odrede tačna mjesta na kojima se ova sredstva mogu voziti i kojom brzinom.[18]

Jedan od posebnih problema je i nepoštivanje obaveznog smjera kretanja i punih linija.

Česte su situacije kada se presijecju čak i dvije pune linije.

Veliku neozbiljnost i problem predstavljaju i situacije kada se vozači kolovozom kreću suprotno članu 40. stav (4), odnosno na kolovozu za saobraćaj u jednom smjeru kreću se u zabranjenom smjeru.[19] Ovakvi slučajevi mogu imati jako ozbiljne posljedice i trebalo bi ih strožije i češće kažnjavati (Član 235. ZOOSSBIH-a u stavu (1), tačka 2) predviđa novčanu kaznu od 100,00 do 300,00 KM za vozača koji postupa protivno odredbama člana 40.).

Ineresantan je podatak da ZOOSSBIH, za naše uslove, predviđa relativno veliku kaznu za vozača koji postupi suprotno članu 34. stav (3), te na mjestu suvozača prevozi dijete mlađe od 12 godina, što je za svaku pohvalu. Predviđena kazna je u iznosu od 400,00 do 1.000,00 KM (član 234a, stav (1), tačka 3a)). Da li iz razloga visokoh kazni ili iz razloga sigurnosti vlastite djece, jako rijetko se može vidjeti situacija da je dijete mlađe od 12 godina na prednjem sjedištu, odnosno na sjedištu suvozača.

Suprotno tome za svaku osudu je nepoštivanje pravila od strane motociklista koji u sve većem broju upravljaju motociklima uz prikrivanje tablice sa registarskom oznakom. Za ove situacije se razlog može tražiti u pojedinačnim slučajevima koji su prolazili nekažnjeno i neprimjećeno od strane nadležnih organa, te se ovaj trend nastavio i sve se više povećava. U posljednje vrijeme mogu se vidjeti čitave kolone motociklista (najčešće kada su neke motorijade i slični skupovi) koji imaju ili prekrivenu ili savijenu tablicu sa registarskom oznakom.[20] Uzevši u obzir visinu kazne za ovaj prekršaj (30,00 KM, odnosno 15,00 u roku od 7 dana) čak i ako budu

[18] Na nižim nivoima vlasti postoje pokušaji rješavanja problema sa upotrebom električnih romobila. Kanton Sarajevo je u izmjeni Zakona o uređenju saobraćaja uveo kaznu za vozače bicikala, mopeda i električnih balansirajućih skutera koji se kreću površinama namijenjenim kretanju pješaka. U FBiH trenutno ne postoji zakon na entitetskom nivou koji reguliše upotrebu ovih vozila, dok je u Republici Srpskoj izmjenama zakona u 2021. godini definisano lako električno vozilo. Lako lično električno vozilo kao što je električni romobil, električni skateboard, hoverboard, segway i slično je vozilo na točkovima koje se djelimično ili potpuno koristi kao motorno vozilo za prijevoz jednog lica na javnoj, odnosno privatnoj površini i koje:
• se potpuno ili djelimično napaja iz samostalnog izvora energije sa ili bez sistema samobalansiranja,
• ima napon baterije do 100 VDC, odnosno integrisani punjač sa ulazom za baterije do 240 VAC. (Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske, 111/21).

[19] ZOOSSBIH, član 40. stav (4): Na putu s kolovozom za saobraćaj u jednom smjeru, vozač se ne smije vozilom kretati u zabranjenom smjeru.

[20] ZOOSSBIH, član 210. stav (1): Motorna vozila, osim motocikala, u saobraćaju na putu **moraju imati** po dvije registarske tablice, a motocikli, laki motocikli i priključna vozila po jednu registarsku tablicu. Stav (2) registarske tablice na vozilu **moraju biti postavljene tako da su dobro vidljive i čitke**, od kojih je jedna na prednjoj, a druga na zadnjoj strani, a **kod motocikla, lakih motocikala i priključnih vozila na zadnjoj strani.**
Član 239. stav (1): Novčanom kaznom u iznosu od **30,00 KM** kaznit će se za prekršaj: tačka 31) vozač motornog vozila koje nema propisan broj registarskih tablica ili na kome su te tablice postavljene tako da se dobro ne vide ili nisu čitke (član 210.);

kažnjeni prekršioci se neće libiti da isti prekršaj ponove. Ako je za utjehu, ovakve situacije se ne dešavaju samo u Bosni i Hercegovini već i u zemljama regiona.

Još jedna, ali veoma opasna situacija nepoštivanja saobraćajnih propisa je i preticanje na punoj liniji, odnosno prelazak preko „duple“ (udvojene) pune linije kako bi se skratio put i skrenulo u određenu ulicu, tržni centar i slično. Pravilnik o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlaštena osoba [21] u članu 57. stav (2) kaže: Puna uzdužna linija (razdjelna i ivična) obilježava zabranu prelaska vozila preko te linije ili zabranu kretanja vozila po toj liniji. Analogno tome, prelazak preko duple pune linije je i dvostruko opasniji i trebao bi biti dvostruko teže i više kažnjavan.

Ovdje je situacija još komplikovanija, jer ZOBSBiH predviđa kaznu samo ukoliko ima saobraćajni znak, a puna linija ne spada u kategoriju sobraćajnog znaka nego u oznake na kolovozu. Što znači da se vozač koji pretiče na punoj liniji ne može kazniti ukoliko prije početka pune linije nije postavljen saobraćajni znak koji obavještava/upozorava da uskoro počinje puna linija, odnosno zabrana preticanja. O visini kazne je bespredmetno i govoriti jer je potpuno neozbiljna kada se uzmu u obzir ozbiljnost i posljedice ovakve vrste prekršaja.[22]

3. ZAKLJUČAK

Premalo se obraća pažnja na ove vrste prekršaja. Učesnici u saobraćaju se najčešće kontrolišu postavljanjem radara. Rijetke su situacije kada se daju prekršajni nalozi za gore pomenute situacije. Nema više savjetodavnih radnji od strane policije i starijih. Svako ko zna pravila treba i dužan je opomenuti i dijete i starijeg. Škole bi trebale uvesti više časova i edukacije vezano za saobraćaj u svakodnevnom životu – malo pažnje se posvećuje stvarima, problemima i pravilima koja mogu da spase živote. Za one najmlađe možda je najbolje stavljati razne ilustracije, sa situacijama iz saobraćaja i pravilnim i nepravilnim ponašanjem u saobraćaju, na zidove učionica i školskih hodnika. Velika je vjerovatnoća da bi najmlađi uticali i na svoje roditelje koji načine prekršaj. Vjerovatno ne bi bilo štetno ni da se povremeno podijele leci koji bi stanovništvo podsjetili ili naučili šta je dozvoljeno a šta nije i šta je opasno a šta nije, kao i da se na bilborde postave razne situacije ispravnog i neispravnog ponašanja u saobraćaju. Televizijske emisije, kratki džinglovi ili razne aplikacije za pametne telefone i slično bi bili još i bolji. Potrebno je stalno „bombardovanje“ informacijama edukativnog karaktera, koju bi većina nesvjesno usvojila.

Takođe, potrebno je policiji vratiti autoritet jer smo često svjedoci da se pojedinci bahato ponašaju prema policijskim službenicima, te je razumljivo i njihovo izbjegavanje ulaska u konfliktne situacije. Vjerovatno treba povećati i broj policijskih službenika koji bi više bili na terenu i u datim situacijama. Nemoguće je da postojeći broj policijskih službenika prati sva vozila, odnosno prekršaje. Interesantan podatak je da se u Francuskoj odnedavno građani uključuju u praćenje prekršaja tako što ih bilježe kamerama i prijavljuju, čime se pomaže policiji.

Takođe, pojedine novčane kazne je potrebno i udesetorostručiti, jer kazna od, na primjer 30,00 KM, koja još ako se plati u roku 8 dana, iznosi pola od toga, je toliko niska da će je mnogi i više puta platiti i samim tim isti prekršaj više puta ponoviti.

[21] Službeni glasnik Bosne i Hercegovine broj 06/06.

[22] ZOOSSBIH - Član 130. stav (1) Javni putevi moraju se obilježiti propisanom saobraćajnom signalizacijom, kojom se učesnici u saobraćaju upozoravaju na opasnost koja im prijeti na određenom javnom putu ili dijelu tog puta, stavljaju do znanja ograničenja, zabrane i obaveze kojih se učesnici u saobraćaju moraju pridržavati i daju potrebna obavještenja za sigurno i nesmetano odvijanje saobraćaja. Stav (2) Saobraćajnom signalizacijom moraju se obilježiti i opasnosti privremenog karaktera, naročito one koje nastanu uslijed iznenadnog oštećenja ili onesposobljavanja puta, kao i privremena ograničenja i privremene zabrane u saobraćaju i ti znakovi moraju se ukloniti čim prestanu razlozi zbog kojih su postavljeni. Stav (3) Saobraćajnu signalizaciju čine saobraćajni znakovi (znakovi opasnosti, znakovi izričitih naredbi, znakovi obavještenja i dopunske table koje su sastavni dio saobraćajnog znaka i koje bliže određuju značenje saobraćajnog znaka ako su postavljene), svjetlosni saobraćajni znakovi, oznake na kolovozu i trotoaru, te svjetlosne i druge oznake na putu. Stav (4) Učesnici u saobraćaju dužni su pridržavati se ograničenja, zabrana i obaveza izraženih saobraćajnom signalizacijom i postupiti u skladu s njihovim značenjem. Da apsurd bude još veći član 238. u stavu (1) ZOOSSBIH predviđa novčanu kaznu u iznosu od samo 40,00 KM za prekršaj pod tačkom 36) učesnik u saobraćaju koji se ne pridržava ograničenja, zabrana ili obaveza izraženih pomoću postavljenih saobraćajnih znakova, osim saobraćajnih znakova ograničenja brzine (član 130. stav (4));

Cilj ovog rada nije da se neko kritikuje nego da se ukaže na postojanje problema i da se ti problemi pokušaju riješiti, ako ne u potpunosti onda barem djelimično. Nije bitno ko je upravu a ko nije, bitno je da svi imaju ista prava i obaveze i da se zaštite ljudski životi.

Treba imati na umu da postoji jako puno problema i neriješenih situacija u saobraćaju, te da bi se našla adekvatna rješenja za postojeće i nadolazeće probleme potrebno je prije svega primijeniti već postojeću zakonsku regulativu, pa tek onda krenuti sa stvaranjem nove, odnosno vršiti izmjene i dopune postojeće. Jer, koja je svrha Zakona i podzakonskih akata ako su oni samo na papiru i niko ih se ne pridržava, odnosno pridržava ih se jednim dijelom a drugi se smatra manje važnim. Opet se potrebno vratiti na vezanje pojasa – za šta se stalno naplaćuju kazne a osoba nevezanjem pojasa ugrožava „samo“ vlastiti život, a većinom nabrojanih prekršaja ugrožava se ili tuđi život ili tuđe pravo.

Treba imati na umu da nepoštivanje zakonske regulative nije tolerancija.

4. LITERATURA

Zakon o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini – skraćeno ZOOSSBIH, (Službeni glasnik Bosne i Hercegovine broj 6/06, 75/06, 44/07, 84/09, 48/10, 18/13, 8/17, 89/17 i 9/18);

Zakon o izmjenama i dopunama zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske (Službeni glasnik Republike Srpske 111/21);

Pravilnik o načinu obilježavanja motornog vozila kojim upravlja osoba koja prvi put stekne vozačku dozvolu (Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, broj 13/07) i Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o načinu obilježavanja motornog vozila kojim upravlja osoba koja prvi put stekne vozačku dozvolu: (Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, broj 12/18).

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 Bosne i Hercegovine broj 06/06).

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS AS A SOLUTION FOR REDUCING FATAL CRASHES

INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI KAO REŠENJE ZA SMANJENJE BROJA POGINULIH U SAOBRAĆAJNIM NEZGODAMA

Dragan Radovanović

Elementary School "Vuk Karadžić", Kosovsko-metohijskih brigada 1, Sočanica 38217, Serbia, draganr29@gmail.com

***Abstract: Objectives**. This paper aims to show the new ideas and approaches of the Intelligence Transportation System (ITS) to reduce the number of fatal crashes on the roads. The second objective is to show the state of this issue in the Republic of Serbia and propose a methodology for predicting this type of traffic crash. **Approach.** We use a literature review to find the latest ideas in the subject area with practical examples applied in the European Union. We also use the SARIMA method for time series forecasting to predict the number of fatal crashes in the Republic of Serbia for the next two years. **Results**. The SARIMA method shows acceptable accuracy in predicting fatal crashes with an error of 7.01. **Contribution**. This paper presents innovative ideas that can lead to further improvements in this very important area of our daily lives. It is also shown that the prediction of traffic crashes could be done as time series forecasting.*

***Key words:** traffic engineering, traffic safety, time serias forecasting*

***Apstrakt**: **Ciljevi**: Ovaj rad ima za cilj da prikaže nove ideje i pristupe iz oblasti Inteligentnih Transportnih Sistema (ITS) za smanjenje broja saobraćajnih nezgoda sa smrtnim ishodom na putnoj mreži. Drugi cilj je da pokaže stanje u Republici Srbiji po ovom pitanju, kao i da predloži metodologiju za predviđanje broja ovog tipa saobraćajnih nezgoda. **Pristup**: Koristili smo pregled relevantne literature da bismo pronašli nove ideje u predmetnoj oblasti sa praktičnim primerima iz prakse Evropske Unije. Takođe, koristi smo SARIMA metodu za prognozu vremenskih serija kako bismo izvršili predikciju saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima u Republici Srbiji za naredne dve godine. **Rezultati**: SARIMA metoda je pokazala zadovoljavajuću tačnost sa greškom od u predikciji predmetnog tipa saobraćajnih nezgoda od 7,01. **Doprinos**: Ovaj rad prikazuje inovativne ideje koje mogu dovesti do daljih poboljšanja u ovoj veoma važnoj oblasti, sa kojom se svakodnevno suočavamo kao učesnici u saobraćaju. Takođe je pokazano da je predikcija saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima moguća ako se podaci posmatraju kao vremenska serija, i ako se na njoj primeni neka od metoda za prognozu iste.*

***Ključne reči*:** *Saobraćajno inženjerstvo, bezbednost saobraćaja, predikcija vremensih serija*

1. UVOD

Svetska zdravstvena organizacija (eng. Worlds Health Organization-WHO) tvrdi da svake godine skoro milion ljudi nastrada u saobraćajnim nezgodama (WHO, 2018). Ljudski faktori, kao što su vožnja u alkoholisanom stanju, zloupotreba psihoaktivnih supstanci i korišćenje telefona tokom vožnje samo su neki od razloga koji uzrokuju nastanak saobraćajnih nezgoda sa najtežim posledicama. Pored nemerljivih nematerijalnih posledica koje sa sobom nose ovakvi događaji, materijalne posledice su merljive. Primera radi, Sjedinjene Američke Države su našle da su ih saobraćajne nezgode sa nastradalima koštale 44 milijarde dolara, samo u 2020. godini („USA National Highway Traffic Safety Administration").

Inteligentni transportni sistemi (ITS) obuhvataju grupu naprednih tehnologija koje uključuju i povezuju upravljanje i kontrolu saobraćaja sa saobraćajnom infrastrukturom. ITS sistemi imaju značajnu ulogu u smanjenju rizika od nastanka saobraćajnih nezgoda sa smrtnim ishodom (Qureshi and Abdullah, 2013). Ukoliko

se u obzir uzmu nekoliko prethodnih decenija, interesovanje istraživača za primenu ITS u oblasti bezbednosti saobraćaja bilo je značajno.

Sistemski pregled radova u oblasti primene ITS u bezbednosti saobraćaja do 2007 godine može se naći u radu autora Vaa i dr., 2007. Ekspertskom analizom primene odgovarajućih ITS koji se primenjuju za rešavanje konkretnih problema iz oblasti bezbednosti saobraćaja bavili su se autori Vaitkus i dr., 2016. Primenom mera koji uključuju ITS sisteme u bezbednosti saobraćaja u Evropskoj Uniji bavio se autor Pauer, 2017. ITS sistemima budućnosti, uključujući i neke od futurističkih ideja, koje se odnose na bezbednost saobraćaja mogu se naći u radu Xu i dr., 2019. U poslednjoj deceniji značajni napori se ulažu kako bi se isključio faktor vozača kao uzročnika saobraćajnih nezgoda. Primenom ITS u sistemima vožnje bez vozača bavili su se autori Lian i dr, 2020. Mogućnostima ITS u cilju poboljšanja bezbednosti saobraćaja u uslovima smanjene vidljivosti bavili su se autori Xu i dr., 2021. Analizom ponašanja vozača, stilova vožnje i reakcijama tokom kritičnih situacija, mogu se izvesti zaključci o obrascima koji dovode do saobraćajnih nezgoda. Baza podataka o ponašanju vozača i primer pristupa za njenu analizu može se naći u radu autora Azadani i Boukerche, 2021.

U ovom radu biće prikazani sistemi koji se odnose na put, vozilo i čoveka kao faktora bezbednosti saobraćaja, a koji su povezani sa primenom ITS i savremenih tehnologija. Dodatno, biće prikazana iskustva Evropske Unije u predmetnoj oblasti. Na kraju, prikazaće se dosadašnji trendovi u broju nastradalih u Republici Srbiji, sa prognozom budućeg stanja pomoću SARIMA (eng. Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) metode.

Rad je organizovan na sledeći način: Posle uvodnog poglavlja, drugo poglavlje se bavi fakrorima bezbednosti saobraćaja i nekim od mogućih primena ITSa. Treće poglavlje je posvećeno evropskim iskustvima u sprečavanju saobraćajnih nezgoda sa najtežim posledicama. Četvrto poglavlje je posvećeno tendencijama u ovoj oblasti u Republici Srbiji. U poslednjem, petom poglavlju, data su zaključna razmatranja i neke od ideja za buduća istraživanja.

2. FAKTORI BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA I ITS

U ovom poglavlju biće prikazani neke od ključnih primena ITSa i savremenih tehnologija koje se odnose na put, vozilo i čoveka kao faktora koji utiču na bezbednost saobraćaja i posledice saobraćajnih nezgoda.

2.1. Put kao faktor i ITS

Poznato je da put kao faktor može uticati na nastanak saobraćajne nezgode na razne načine (Das, 2023). Iz perspektive bezbednosti saobraćaja putevi se mogu generalno svrstati u tri kategorije, koje podrazumevaju brze puteve, ostale ruralne puteve i gradske ulice. Na osnovu dostupnih istraživanja određeni su rizici za učešće u nezgodama u funkciji kategorije puta. Ukoliko je prosečan rizik za sve puteve jednak jedinici, relativan rizik za neke od najrazvijenijih zemalja sveta dat je u Tabeli 1 (Svetska banka, 2005).

Tabela 1. Relativni rizik učešća u saobraćajnim nezgodama u odnosu na kategoriju puta

Zemlja	Brzi putevi	Ruralni putevi	Gradske ulice
Danska	0,18	0,93	1,32
Norveška	0,31	0,96	1,63
Švedska	0,44	0,74	1,38
Nemačka	0,18	0,63	2,07
Velika Britanija	0,16	0,57	1,66
SAD	0,31	0,85	1,35
Prosek	0,26	0,8	1,57

Može se izvesti zaključak da su brzi putevi (autoputevi i putevi namenjeni za saobraćaj motornih vozila sa po dve ili više traka po smeru) ujedno i najbezbedniji putevi.

Dakle, sam put, ako se u obzir uzmu njegova geometrija, stanje i tip kolovoza, kao i osvetljenost, mogu imati značajnu ulogu u nastanku saobraćajne nezgode (Svetska banka, 2005). Opremanjem putevima senzorima za komunikaciju infrastrukture sa vozilima (V2I) bavili su se mnogi autori (Milanes i dr., 2016; Dey i dr., 2016). U daljem tekstu biće prikazane osnove jedne relativno nove ideje koja podrazumeva postavljanje solarnih panela u kolovoz puta – solarni putevi (Kulkarni, 2013; Mehta i dr., 2015; Renoald i dr., 2016).

Svaki solarni panel je 4 x 4 m i sadrži mikroprocesor, koji nadgleda i kontroliše sam panel. Dodatno, svaki panel komunicira sa panelima koji ga okružuju i vozilima koja prelaze preko njega. Ovo bi podrazumevalo i da postoji komunikacioni uređaj u putu na svaka 4 metra.

Uz ovakav način kontrole puta mogućnosti su velike: isprekidana linija može „putovati“ duž vozila pri određenom ograničenju brzine. Ukoliko se vozilo kreće brže od linija, to ujedno znači i da se kreće brže od ograničenja. Ukoliko je linija brža od vozila, indikacija je da se vozi presporo. Dakle, postoji mogućnost održavanja propisane brzine bez gledanja u brzinometar.

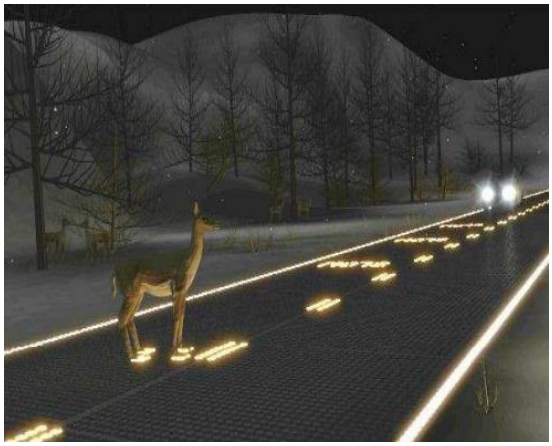
Put vas može upozoriti na nadolazeća saobraćajna zagušenja i čak preporučiti alternativne puteve. Može se uneti destinacija u GPS uređaj. Potom se na putu pojavljuje strelica koja će navoditi vozača, umesto dosadašnjeg audio navođenja.

Ukoliko vozilo pređe razdelnu liniju određeni broj puta na određenoj deonici, LED prsten se može ocrtati oko automobila koji će putovati sa vozilom. Ovo će upozoriti ostale vozače na potencijalnu opasnost, kao i organe reda na potencijalni problem. Solarni putevi mogu značajno smanjiti broj smrtnih slučajeva i nezgoda izazvanih neprilagođenom vožnjom. Takođe, posredne prednosti ove tehnologije mogu rezultovati i manjom naplatom osiguranja za sve učesnike u saobraćaju.

Za razliku od neosvetljenih puteva po kojima se vozimo noću, solarni putevi će imati LE diode koje će „obojiti“ trake. Promena svetlosnog statusa panela se dešava samo ukoliko je to potrebno, odnosno ukoliko postoji vozila na putu. Vozači često imaju problem sa uočavanjem prepreka na putu, naročito kada ih svetlost farova automobila iz suprotnog smera zaslepljuje ili kada su na putu uslovi smanjene vidljivosti. Sa osvetljenim putevima, broj nezgoda će biti smanjen i noćna vožnja će biti bezbednija za sve.

Nema potreba da putevi troše električnu energiju u periodima kada nema automobila na njima, pa bi inteligentni putevi aktivirali LE diode samo kada osete automobil na površini – na primer 1000 metara ispred vozila i 500 metara iza vozila, a sve tokom putovanja. Na ovaj način, vozači će znati da dolazi automobil iz suprotnog smera po svetlu na putu.

LE diode se mogu programirati i da se kreću paralelno sa automobilima brzinom koja je definisana ograničenjem, upozoravajući vozača ukoliko se kreće prebrzo. Pomoću dioda se mogu ispisivati i slova na putu, upozoravajući vozača na prisustvo životinja, na obilaznicu, nezgodu, radove na putu, i slično (Slika 1). Centralna kontrolna stanica će biti u mogućnosti da odmah promeni linije i slova, smanjujući na taj način saobraćajno zagušenje, a ujedno čineći puteve bezbednijim i efikasnijim.



Slika 1. Upozorenje na životinju na putu (Renoald i dr., 2016)

Dodatno, gradovi će biti u mogućnosti da menjaju signalizaciju puteva i parking prostora kako bi ih prilagodili svojim potrebama.

2.2. Vozila kao faktor i ITS

Kao najjednostavniji, a ujedno jedan od najefikasnijih je sistem za rano upozorenje od sudara. Sistemi za upozorenje o sudaru su elektronski uređaji koji prate putanju vozila ispred vozača i obaveštavaju vozača kada postoji potencijalni rizik od sudara (Lees i Lee, 2007). Na primer, trenutno dostupni sistemi za upozorenje na sudar baziraju se na radaru i koriste napredne algoritme kako bi prijemnik u automobile razumeo značenje tih signal i stepen opasnosti. Ovi algoritmi pomažu da se odredi rastojanje, ugao i relativna brzina između vozila opremljenog sistemom za upozorenje o sudaru i vozila ili objekta koje se nalazi ispred njega u istoj saobraćajnoj traci.

Tokom vožnje, sistem za upozorenje o sudaru može upozoriti vozača kada se vozilo ili objekat ispred njega nalazi unutar prethodno definisanog vremenskog intervala. Važno je napomenuti da trenutno ovakvi sistemi ne preduzimaju automatske akcije kako bi izbegli sudar ili upravljali vozilom. Zbog toga je odgovornost za bezbednu vožnju i dalje na vozačima, koji moraju koristiti i druge sisteme kao što su sistem za upravljanje i sistem za kočenje, ako je to potrebno, kako bi izbegli potencijalne sudare.

Kako se rastojanje do vozila ispred smanjuje, sistem za upozorenje o sudaru postepeno povećava hitnost svojih upozorenja. Sistem ima vidno polje koje formira jednakokraki trougao sa vrhom u sredini prednjeg dela vozila. Kako se vozilo ili objekat približava prednjem delu sopstvenog vozila, dolazi do promene vremenskog intervala u kojem sistem izdaje različite vrste upozorenja. Ove granice upozorenja obično postavljaju proizvođači sistema.

Dodatno, sistem za upozorenje o sudaru takođe može obavestiti vozača ukoliko dođe do kvara samog sistema. Ponekad se ovaj sistem može integrisati sa sistemom za adaptibilnu kontrolu vožnje kako bi se pružila dodatna podrška vozaču tokom vožnje.

Pored sistema za rano upozorenje sudara, pokazano je da sistem za elektronsku stabilnost vozila (eng. Electronic Stability Control - ESC) može imati učešća u smanjenu broja fatalnih sudara (Lie, i dr., 2006). Ovaj sistem pomaže stabilnosti vozila tokom kritičnih manevara (izbegavanje prepreke, naglo zaobilaženje drugog vozila, i sl.).

Većina studija otkriva da je ESC veoma efikasan u smanjenju sudara jednog vozila u automobilima i SUV-ovima. Fatalne nesreće sa jednim vozilom koje uključuju putničke automobile su smanjene za oko 30–50%, dok su one koje uključuju teretna vozila smanjene za 50–70%. Procenjuje se da su fatalni sudari pri prevrtanju oko 70–90% manji sa ESC, bez obzira na tip vozila. Brojne studije pronalaze poboljšanu efikasnost u smanjenju sudara kada je put mokar i klizav. Ne postoji značajan efekat ESC-a u lančanim sudarima gde učestvuje više vozila; međutim, postoji smanjenje od 17–38% u ozbiljnijim, fatalnim nesrećama pri sudarima ovog tipa (Ferguson, 2007).

2.3. Čovek kao izvor informacija u saobraćaju

Sistemi za informisanje putnika su usluga od velikog značaja za one koji žele da planiraju ili prilagode svoju rutu u zavisnosti od stvarnog stanja na putevima. Oni poboljšavaju udobnost i efikasnost, ali takođe doprinose boljoj bezbednosti i očuvanju životne sredine. Postoje dve vrste informacija za putnike (Department of Defence, 2003):

- Statičke informacije, koje su unapred poznate i neprevodive,
- Dinamičke informacije, informacije u realnom vremenu, koje se često menjaju usled nepredviđenih događaja koji se dešavaju tokom putovanja. Informacije se prikazuju pre polaska (pre putovanja) ili tokom vožnje. Informacije se mogu dostaviti putem navigacionih uređaja, radija, interneta, pametnih telefona, SMS-a ili znakova.

Kanal za poruke u saobraćaju (KPS) je postao najuspešniji u uslužnom saobraćaju i njegov razvoj je sufinansirala Evropska komisija, kao posebnu aplikaciju. FM RDS (eng. Radio Data Sistem) se koristi za emitovanje u realnom vremenu i informacije o vremenskim uslovima. Poruke sa podacima prima i dekodira radio ili navigacioni sistem opremljen TMC-om, a u cilju dinamičkog navođenja. Zahvaljujući KPS tehnologiji, korisnici mogu dobiti informacije o saobraćaju na svom jeziku, ali kao RDS informacije što je jedini nedostatak ovog sistema.

S druge strane, putne informacije pružaju javne i privatne službe. Stoga je neophodno razjasniti uloge i saradnju obe strane. Buduća uloga prevoznika kao dobavljača sadržaja danas još uvek ostaje donekle nejasna. Sa povećanjem broja mobilnih telefona i sistema za praćenje vozila, privatni pružaoci usluga mogu biti bolje informisani o stanju u saobraćaju od strane zvaničnih putara (saobraćajnih operatera). Tamo gde je bezbednost na putevima veoma bitna, važno je da ove informacije budu dostupne svim učesnicima na jednak način i na obostranu korist i zadovoljstvo.

Termin „univerzalna saobraćajna poruka“ odnosi se na informacije o saobraćaju koje su besplatno dostupne svim učesnicima u saobraćaju kao servis javnog informisanja. U osnovi, to je sistem koji je sposoban da na realan način pruži prave informacije, koje će na ovaj način biti od koristi svim korisnicima saobraćaja, donoseći opšte, kolektivno dobro koje je zapravo cilj. Osnovne usluge uključuju multimodalne informacije o putnicima, upozorenjima o nezgodama i događajima (dešavanjima), statusu saobraćaja i vremenu putovanja, brzini informacija, o vremenskim uslovima, kao i informacije o javnom prevozu. Pokazano je da ova tehnologija može uticati na smanjenje saobraćajnih nezgoda tako što obaveštava vozače na vreme o stanju na putu. Ovim se mogu smanjiti i sekundarne saobraćajne nezgode, koje se javljaju kao posledica inicijalne (Department of Defence, 2003).

3. REGULATIVA I PRAKSA EVROPSKE UNIJE

Inteligentni transportni sistemi (ITS) mogu značajno doprineti kvalitetu, bezbednosti i efikasnosti transportnog sistema. Novi pravni okvir (Direktiva 2010/40 / EU) za ubrzavanje primene ovih inovativnih transportnih tehnologija širom Evrope usvojen je 7. jula 2010. godine. Ova direktiva je važan instrument za koordiniranu implementaciju u Evropi, koja takođe ima za cilj uspostavljanje interoperabilnih i neometanih usluga, ostavljajući državama članicama slobodu da odluče u koji sistem da investiraju.

3.1. Šta je eCall?

Oko 28.000 ljudi je poginulo u 2012. godini, a više od 1,5 miliona povređeno u 1,1 milion saobraćajnih nesreća u Evropskoj Uniji (NHGK, 2013). Da bi se ove brojke smanjile implementirana je usluga *eCall*. *eCall* automatski bira jedinstveni broj za hitne slučajeve u Evropi u slučaju ozbiljne saobraćajne nezgode i saopštava lokaciju vozila za hitne slučajeve.

Pored tragedije gubitka života i povreda, nezgoda nosi i ekonomski teret troškova za društvo od oko 130 milijardi evra godišnje. Procenjuje se da *eCall* može da ubrza reakciju nadležnih službi u slučaju saobraćajne nezgode u ruralnim sredinama za 40%, a u urbanim sredinama za 50%. Takođe, predviđa se da može da smanji broj poginulih za najmanje 4% i broj teških povređenih za 6%. *eCall* se automatski aktivira čim senzori vozila i/ili procesori (npr. vazdušni jastuci) otkriju opasnu situaciju izazvanu saobraćajnom nezgodom. Kada se pokrene, sistem bira evropski broj za hitne slučajeve - 112, uspostavlja telefonsku vezu sa odgovarajućim centrom za hitne slučajeve i šalje detalje o nezgodi spasilačkim službama. Ove informacije uključuju vreme incidenta, tačan položaj automobila i pravac kretanja.

eCall se može pokrenuti ručno, pritiskom na dugme u automobilu, od strane svedoka saobraćajnih nezgoda. Kako *eCall* nije crna kutija, ne radi se o kontinuiranom praćenju položaja vozila, već se beleži samo nekoliko podataka da bi se odredio položaj i pravac vozila neposredno pre udesa. Potom, ti podaci se prosleđuju samo u hitne pozivne centre ako dođe do ozbiljne nezgode. *eCall* koristi sistem SIM kartice za prenos podataka onda kada je *eCall* aktiviran, a to je slučaj samo ako je vozilo imalo ozbiljnu saobraćajnu nezgodu ili kada je aktiviran vazdušni jastuk.

Troškovi ovog sistema su procenjeni na manje od 100 € po automobilu na dan stupanja na snagu predložene uredbe, pa se može reći i da *eCall* nije skup. Očekuje se da će se ovaj trošak dodatno smanjiti u budućnosti, prateći trendove troškova elektronskih komponenti, a takođe i zbog ekonomije obima (konačno, svi novi automobili u EU će biti opremljeni ovim sistemom, kao i neke od susednih zemalja).

3.2. BELA KNjIGA

Bela knjiga o transport (koja predstavlja inicijativu za uspostavljanje integracije transportnih zahteva Evropske Unije) zahteva harmonizovane i interoperabilne ITS kao direktnu podršku realizaciji panevropske saradnje između modalnog i integrisanog transportnog sistema do 2050. godine. Razvijanje svesti o potencijalu, kao i dokumentovanje njegovih snaga i slabosti u odnosu na samo dodavanje nove infrastrukture, trebalo bi da ojača prihvatanje ove vrste ulaganja kao validne opcije mobilnosti za rešavanje problema u oblasti bezbednosti saobraćaja (TSF, 2012). Kako uočene koristi i troškovi obično upravljaju investicionim odlukama (koje takođe zahtevaju odgovarajuće okvire) Evropska Komisija je naručila studiju u skladu sa uslovima Akcionog plana ITS (Akcija 6.3) o postojećim (nacionalnim) politikama. Ova procedura je povezana sa finansiranjem ITS-a u Evropi, ali i izvan njenih granica. Ipak, finansiranje okvira zajednice i važećih propisa (na primer, kohezioni fondovi, okvirni programi, konkurentnost i programska inovativnost, i sl.) nije detaljno procenjeno.

Cilj ove Inicijative koji je ostvaren u 2011. godini ogleda se u sledećem: Ispitati postojeći okvir za primenu i rad ITS-a iz ekonomske i finansijske perspektive u svetlu određivanja nivoa najbolje prakse i indikatora primenjenih za procenu efikasnosti Bele Knjige.

Pored navedenog, ciljevi se ogledaju i u proceni primenljivih mehanizama u svetlu identifikovanja zajedničkih elemenata i/ili minimalnih okvira (zahteva) kako bi se podržalo pravilno postavljanje i razmatranje u procesima donošenja odluka u vezi sa kretanjem dobara (Siciliano i Khatib, 2008). Konačno, studija daje preporuke za dalje jačanje svesti i razumevanja u podsticanju harmonizovanih pristupa u Evropi kada je u pitanju finansiranje, ulaganja, implementacija i evaluacija ITSa u oblasti bezbednosti saobraćaja. U cilju povećane svesti o potencijalu i ulozi rezultata navedenih ideja, podaci vezani za ovu Inicijativu su javno dostupni.

4. STANJE I PROGNOZA BROJA POGINULIH U SAOBRAĆAJNIM NEZGODAMA U REPUBLICI SRBIJI

Praćenje stanja o broju saobraćajnih nezgoda je važno zbog evaluacije rezultata koje su dale primenjene mere. Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije (u daljem tekstu: Agencija) izlazi sa navedenim podacima od 2012 godine. U ovom poglavlju dati su podaci na mesečnom nivou o broju saobraćajnih nezgoda od 2012 do 2021 koji su javno dostupni preko sajta Agencije (Tabela 2).

Dodatno, koristeći SARIMA metodu (eng. Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) uz pomoć MS Excel softvera, data je prognoza broja saobraćajnih nezgoda za naredne dve godine u kojima podaci nisu još uvek dostupni, odnosno za 2022 i 2023 godinu (Tabela 2). Period analize (indeks sezonalnosti) za diskretizaciju vremenske serije je mesec dana. Drugim rečima, sezonalnost tokom analize ove vremenske serije je 12.

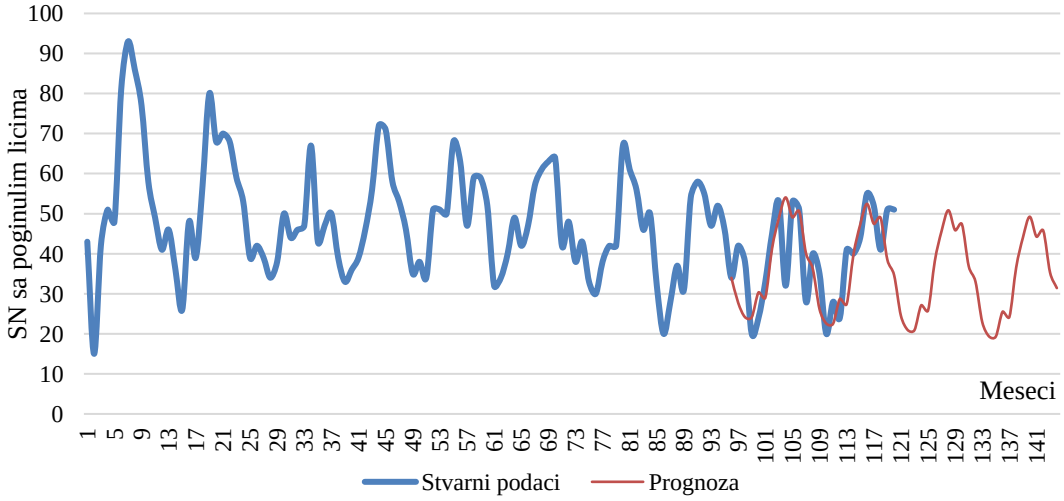
Prosečna greška prognoze se računa kao (Jednačina 1):

$$\text{Greška} = \frac{\sum_{i=1}^{24} \left| x_{\text{stvarni podaci}} - x_{\text{prognoza}} \right|}{24} = 7{,}01 \tag{1}$$

Tabela 2. Podaci o broju saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima uz prognozu za naredne dve godine

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
2012	43	15	42	51	48	81	93	86	77	58	49	41
2013	46	36	26	48	39	57	80	68	70	68	59	53
2014	39	42	39	34	38	50	44	46	47	67	43	47
2015	50	39	33	36	39	46	56	72	71	58	53	46
2016	35	38	34	51	51	50	68	63	47	59	59	52
2017	32	34	40	49	42	47	57	61	63	64	42	48
2018	38	43	33	30	38	42	42	67	61	56	46	50
2019	32	20	28	37	31	54	58	55	47	52	46	34
2020	42	38	20	24	33	45	53	32	53	51	28	40
2021	35	20	28	24	41	40	44	55	52	41	51	51
Prognoza												
2022	25	21	21	27	26	38	46	51	46	47	37	33
2023	23	19	19	26	24	37	44	49	44	46	35	31

Grafički prikaz podataka dobijenih sa sajta Agencije u periodu od 2012 do 2021, kao i prognoza za naredne dve dodine data je na Slici 2.



Slika 2. Podaci o broju saobraćajnih nezgoda sa poginulima sa prognozom za naredne dve godine

Uz ovako mali broj dostupnih podataka, može se reći da je SARIMA dala zadovoljavaju prognozu sa prosečnom greškom od 7,01 saobraćajne nezgode.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljeni su neki od naprednih sistema ITSa u bezbednosti saobraćaja sa akcentom na primenu u ublažavanju najtežih oblika saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima. Date su neke od futurističkih ideja, ali i sistema koji se trenutno koriste u praksi. Iz tog ugla, posebno su analizirani put, vozilo i čovek kao osnovni faktori nastanka saobraćajnih nezgoda.

Dodatan osvrt dat je na praksu u Evropskoj Uniji i ideje koje se primenjuju kako u zemljama članicama, tako i u okolnim zemljana koje pretenduju na članstvo, gde se ubraja i Republika Srbija. Razmatrane su mogućnosti evropskih inicijativa *eCall* i Bela Knjiga.

Na kraju, dat je statistički prikaz saobraćajnih nezgoda u Republici Srbiji, kao i prognoza ovog tipa nezgoda za naredne dve godine za koje ne postoje podaci na sajtu Agencije za bezbednost saobraćaja. Metoda za prognozu vremenskih serija SARIMA dala je obećavajuće rezultate prognoze, sa obzirom na mali uzorak.

Buduća istraživanja bi mogla ići u pravcu primene naprednih metoda operacionih istraživanja za prognozu razmatranog tipa saobraćajne nezgode sa većim uzorkom, kako bi se pokazale sve mogućnosti primene sofisticiranih metoda kao što su veštačke neuronske mreže. Takođe, razmatranje i prikaz novih ideja u ovoj oblasti biće još jedan pravac koji bi bacio dodatno svetlo na ovaj vrlo važan problem koji se tiče svih nas.

6. LITERATURA

Azadani, M. N., & Boukerche, A. (2021). Driving behavior analysis guidelines for intelligent transportation systems. IEEE transactions on intelligent transportation systems, 23(7), 6027-6045.

Das, D. K. (2023). Exploring the significance of road and traffic factors on traffic crashes in a South African city. International Journal of Transportation Science and Technology, 12(2), 414-427.

Department od Defence, 2003: „Field Manual 4-01.30 (55-10)-Movment Control", Headquarters, Department of the Army, Washingthon;

Dey, K. C., Rayamajhi, A., Chowdhury, M., Bhavsar, P., & Martin, J. (2016). Vehicle-to-vehicle (V2V) and vehicle-to-infrastructure (V2I) communication in a heterogeneous wireless network–Performance evaluation. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 68, 168-184.

Ferguson, S. A. (2007). The effectiveness of electronic stability control in reducing real-world crashes: a literature review. Traffic injury prevention, 8(4), 329-338.

Kulkarni, A. A. (2013). " Solar roadways"-rebuilding our infrastructure and economy. International Journal of Engineering Research and Applications, 3(3), 1429-1436.

Lees, M. N., & Lee, J. D. (2007). The influence of distraction and driving context on driver response to imperfect collision warning systems. Ergonomics, 50(8), 1264-1286.

Lian, Y., Zhang, G., Lee, J., & Huang, H. (2020). Review on big data applications in safety research of intelligent transportation systems and connected/automated vehicles. Accident Analysis & Prevention, 146, 105711.

Lie A, Tingvall C, Krafft M, Kullgren A. The effectiveness of electronic stability control (ESC) in reducing real life crashes and injuries. Traffic Inj Prev. 2006 Mar;7(1):38-43.

Mehta, A., Aggrawal, N., & Tiwari, A. (2015). Solar Roadways-The future of roadways. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET), 2(1).

Milanés, V., Villagrá, J., Godoy, J., Simó, J., Pérez, J., & Onieva, E. (2012). An intelligent V2I-based traffic management system. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 13(1), 49-58.

New Hampshire General Court (NHGK), HB 444, 2013. As of August 21, 2013: http://www.gencourt.state.nh.us/legislation/2013/HB0444.pdf

Održivo projektovanje bezbednih puteva - Praktični priručnik za Srbiju, Priručnik je pripremljen prema Priručniku Svetske banke iz 2005. godine: Dokument W0937-01.001, Registracioni broj MV/SE2005.0903, Verzija 5.

Pauer, G. (2017). Development potentials and strategic objectives of intelligent transport systems improving road safety. Transport and Telecommunication, 18(1), 15.

Qureshi, K. N., & Abdullah, A. H. (2013). A survey on intelligent transportation systems. Middle-East Journal of Scientific Research, 15(5), 629-642.

Renoald, A. J., Hemalatha, V., Punitha, R., Sasikala, M., & Sasikala, M. (2016). Solar roadways-the future rebuilding infrastructure and economy. International Journal of Electrical and Electronics Research, 4(2), 14-19.

Siciliano, B., and O. Khatib, Springer Handbook of Robotics, Berlin, Germany: Springer, 2008.

Traffic Safety Facts (TSF): Research Note Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, 2012. As of August 23, 2013: http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/811701.pdf

Vaa, T., Penttinen, M., & Spyropoulou, I. (2007). Intelligent transport systems and effects on road traffic accidents: state of the art. IET Intelligent Transport Systems, 1(2), 81-88.

Vaitkus, A., Strumskys, M., Jasiūnienė, V., Jateikienė, L., Andriejauskas, T., & Skrodenis, D. (2016). Effect of intelligent transport systems on traffic safety. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 11(2), 136-143.

World Health Organization (WHO). (2018). Global status report on road safety 2018. World Health Organization.

Xu, Y., Liang, X., Dong, X. and Chen, W., 2019, December. Intelligent transportation system and future of road safety. In 2019 IEEE International Conference on Smart Cloud (SmartCloud) (pp. 209-214). IEEE.

Xu, J., Park, S. H., Zhang, X., & Hu, J. (2021). The improvement of road driving safety guided by visual inattentional blindness. IEEE transactions on intelligent transportation systems, 23(6), 4972-4981.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

TEMPORAL ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS WITH PEDESTRIANS IN KRAGUJEVAC

VREMENSKA ANALIZA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA SA PEŠACIMA U KRAGUJEVCU

Veselinka Jokić[a], Miloš Pljakić[a]

[a] *University of Priština, Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, Knjaza Milosa no. 7, 38220 Kosovska Mitrovica, Serbia, veselinka.jokic_91@yahoo.com, milos.pljakic@pr.ac.rs*

Abstract: *Walking is one of the means of movement of the population, however, in the last few years, there has been an increasing number of traffic accidents in which pedestrians are killed. Due to the growing trend of traffic accidents in Serbia, in this paper we performed a temporal analysis of traffic accidents with pedestrians in the area of the city of Kragujevac, for the observed period of 2015-2021. We used ABS pedestrian accident statistics, based on the number of pedestrians killed and seriously injured. Results: Analyzing the data on pedestrian fatalities, we saw that the highest number of pedestrian fatalities occurred in 2016, after which there was a downward trend in fatalities until 2019, but then there was an increase in pedestrian fatalities in Kragujevac. We found that most pedestrians are killed in January and December in winter conditions. When we looked at the number of fatalities by day of the week, we concluded that most pedestrians are killed on Sunday and Saturday, due to the fatigue of drivers and pedestrians, celebrations, going to the city, the effects of alcohol,... Time analysis of pedestrian fatalities by period of the day led to the conclusion that most pedestrians are killed in the afternoon and evening period (12-24h). Analyzing traffic accidents by hours of the day, we concluded that the highest number of pedestrians were killed at 5-6 p.m. The number of seriously injured pedestrians has a growing trend, increasing over the years until 2018, after which it begins to decline slightly. We found that the most seriously injured pedestrians were in July and September, the most seriously injured pedestrians were on Saturday. By analyzing seriously injured pedestrians according to the period of the day, we concluded that there were most of them in the afternoon period (12-6 p.m.), as well as by hours, there were most of them at 5 p.m. Given that the number of injured pedestrians in the world is increasing, it is necessary to apply more complex statistical models, in particular, it is necessary to pay more attention to seriously injured pedestrians who, as a result of traffic accidents, lose their lives in the hospital.*

Key words: *Pedestrian, Accidents, Road safety, Kragujevac*

Apstrakt*: Pešačenje predstavlja jedan od načina kretanja stanovništva, međutim u poslednjih par godina dešava se sve veći broj saobraćajnih nezgoda u kojima nastradaju pešaci. Zbog trenda rasta saobraćajnih nezgoda u Srbiji, u ovom radu smo izvršili vremensku analizu saobraćajnih nezgoda sa pešacima na području grada Kragujevca, za posmatrani period od 2015-2021 godine. Koristili smo statističke podatke o stradanju pešaka ABS, bazirajući se na broju poginulih i teško povređenih pešaka. Rezultati: Analizom podataka o poginulim pešacima videli smo da je najviše poginulih pešaka bilo 2016.godine nakon toga se javlja trend opadanja poginulih do 2019.godine, ali zatim dolazi do povećanja poginulih pešaka u Kragujevcu. Utvrdili smo da najviše pešaka pogine u Januaru i Decembru mesecu u zimskim uslovima. Kada smo posmatrali broj poginulih prema danu u toku nedelje, zaključili smo da najviše pogine pešaka u nedelju i subotu, zbog umora vozača i pešaka, proslava, odlaska u grad, dejstva alkohola… Vremenska analiza poginulih pešaka prema periodu u toku dana dovela je do zaključka da najviše pešaka pogine u poslepodnevnom i večernjem periodu (12-24h). Analizom saobraćajnih nezgoda po časovima u toku dana, zaključeno je da najviše pešaka pogine u periodu 17-18h. Broj teško povređenih pešaka ima trend rasta, sa godinama se povećava do 2018.godine, nakon čega počinje blago da opada. Utvrdili smo da je najviše teško povređenih pešaka bilo u Julu i Septembru mesecu, najviše je bilo teško povređenih pešaka u subotu. Analizom teško povređenih pešaka prema periodu u toku dana,zaključili smo da ih je najviše bilo u*

poslepodnevnom periodu (12-18h), kao i po časovima najviše ih je bilo u 17h. S obzirom da se broj nastradalih pešaka u svetu povećava, neophodno je primeniti složenije statističke modele, a posebno je potrebno posvetiti više pažnje teško povređenim pešacima, koji kao posledica saobraćajnih nezgoda izgube život u bolnici.

Ključne riječi: *Pešaci, Saobraćajne nezgode, Bezbednost saobraćaja, Kragujevac*

1. UVOD

Pešačenje ima svoje dokazane zdravstvene i ekološke prednosti, a to su povećanje fizičke aktivnosti koje dovodi do smanjenja kardiovaskularnih bolesti i gojaznosti, dok su mnoge zemlje počele da sprovode politiku koja podstiče pešačenje kao važan način prevoza (WHO, 2022). U pojedinim situacijama pešačenje može dovesti do povećanog rizika od nastanka saobraćajnih nezgoda i povreda. Zbog naglog porasta broja motornih vozila i učestalosti njihove upotrebe širom sveta, kao i opšteg zanemarivanja potreba pešaka, pešaci su sve ranjiviji u saobraćaju (Zegeer et al., 2012). Ranjivost pešaka je naročito izražena na područjima gde nisu adekvatno sprovedene mere u cilju prevencije saobraćajnih nezgoda sa pešacima. U svetu svake godine više od 270 000 pešaka izgubi život na putu. U svetu svake godine 1,3 miliona ljudi izgubi svoj život kao posledica saobraćajne nezgode. Na svetskom nivou po pitanju saobraćajnih nezgoda, pešaci čine 22% od svih smrtnih slučajeva, dok u pojedinim zemljama on ide i do dve trećine od svih smrtnih slučajeva u saobraćaju. Veliki broj pešaka nakon nezgoda, zbog povreda koje su nastale ostane sa trajnim invaliditetom (WHO, 2022).

Pored toga, mnogi autori su istakli da je najveći procenat pešaka stradalih zabeležen u urbanim sredinama, gde je veća izloženost pešaka bila posebno izražena (Campbell et al., 2003; Tivari et al., 2020; Zegeer et al., 2012). U poređenju sa urbanim sredinama, manje je pešačkih nezgoda u ruralnim područjima, ali broj pešaka koji stradaju u saobraćajnim nezgodama je 2-3 puta veći u ruralnim područjima nego u urbanim sredinama (Zegeer et al., 2012).

Vremenska analiza saobraćajnih nezgoda sa pešacima predstavlja suštinski alat u istraživanju ovog problema. Ona omogućava detaljno proučavanje kako faktora koji doprinose nesrećama, tako i njihovih posledica, kroz prizmu vremenskih obrazaca. Analizom vremenskih uzoraka može se identifikovati periodičnost, sezonske varijacije, trendovi i druge relevantne informacije koje igraju ključnu ulogu u razumevanju dinamike saobraćajnih nesreća sa pešacima.

Najugroženija grupa pešaka koja strada u nezgodama su lica starija od 65 godina, osim njih i deca spadaju u grupu smrtno stradalih pešaka, oko 29% od ukupnog broja. Kada posmatramo razliku u polu, muškarci više stradaju od žena oko dve trećine poginulih pešaka su muškarci (62%). Kada su u pitanju povrede, žene su više povređivane od muškaraca u saobraćajnim nezgodama.

U Srbiji po pitanju saobraćajnih nezgoda pešaci čine 26% od svih smrtnih slučajeva u periodu od 2015-2021 (Pljakić et al., 2022). Na osnovu podataka i izveštaja koji su prikupljeni ili realizovani u periodu od 2019-2021. u Srbiji poginulo je 404 pešaka, a povređeno je 7540 pešaka (ABS, 2022). Na godišnjem nivou u Republici Srbiji pogine 135, a povređeno je 2513 pešaka. To znači da svaki treći dan pogine jedan pešak, a svakog dana je povređeno oko sedam pešaka. Posmatrano u periodu do 2018. godine stradanje pešaka se povećava, kada dostiže vrhunac 152 poginula pešaka, nakon toga taj broj opada do 2020. godine (iznosi 127 pešaka), potom je ponovo počeo da se povećava za 21, uporedo gledano i broj povređenih pešaka se povećava (ABS, 2021).

Kada posmatramo na godišnjem nivou, po mesecima pešaci najviše stradaju od oktobra do decembra meseca, tj. najviše pogine u oktobru a najviše se povredi u decembru mesecu. Najmanje ima povređenih pešaka u aprilu mesecu. Nezgode se najčešće dešavaju u okolini škola, tržnih centara i drugih zona sa zanimljivim sadržajima. Na nedeljnom nivou pešaci najviše stradaju petkom i subotom. Kada posmatramo starost pešaka, osobe od 18-65 godina najčešće stradaju u periodu od 19-6h u blizini klubova (Toran et al., 2017). U Saudijskoj Arabiji na osnovu istrašivanja je utvrđeno da pešaci najčešće stradaju sredom i to u terminu od 12-16h (Al Shammari et al., 2009). Ovo su podaci na nacionalnom nivou, što ostavlja prostor da se analiziraju saobraćajne nezgode sa pešacima posmatrajući određene lokalne zajednice(ABS, 2021).

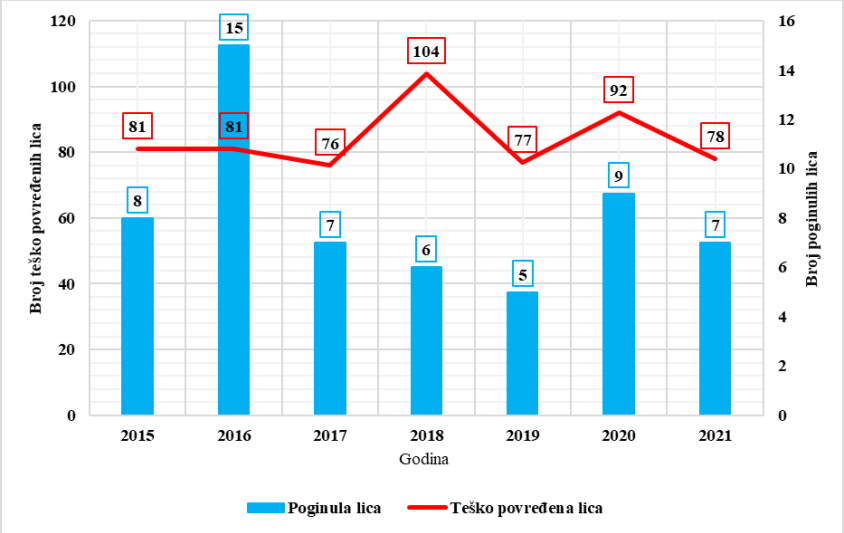
U dosadašnjim istraživanjima je posmatrano stradanje pešaka u urbanim sredinama, velikim gradovima. Na osnovu toga, uvažavajući činjenice da se javlja povećan broj stradanja pešaka u saobraćaju, predmet ovog rada je analiza saobraćajnih nezgoda sa pešacima na području grada Kragujevca. Cilj rada je analiza karakterističnih obeležja stradanja pešaka po vremenskim obeležjima na teritoriji grada Kragujevca.

2. METODE

U ovom istraživanju analizirani su podaci o saobraćajnim nezgodama sa učešćem pešaka na području lokalne samouprave Kragujevacm u periodu 2015-2021. Grad Kragujevac je četvrti po veličini u Srbiji. Kragujevac se nalazi u centralnoj Srbiji i prostire se na 835 kvadrata, gde trenutna naseljenost iznosi 171 628 stanovnika, sa blagim poratom u poslednjih nekoliko godina. Kragujevac se neprestano razvija u proteklih par godina, industrija se razvija, samim tim povećava i obim saobraćaja što dovodi do povećanja saobraćajnih nezgoda. Za potrebe ovog istraživanja analizirani su dostupni podaci o stradanju pešaka u analiziranom periodu (ABS, 2023). U ovom radu su analizirani nastradali pešaci u određenom vremenskom intervalu, po godinama, po mesecima, po danima u toku nedelje, po određenom periodu u toku dana, kao i po časovima u toku dana.

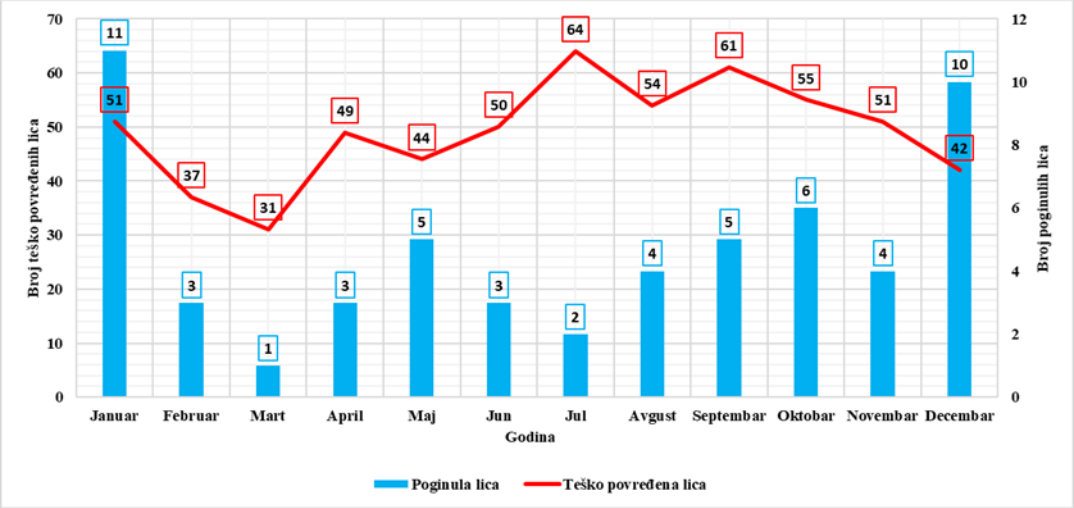
3. REZULTATI

Na osnovu podataka iz Agencije za bezbednost saobraćaja u Srbiji o različitim specifičnostima stradanja pešaka na teritoriji Srbije, za analizu su agregirani podaci o stradanju pešaka za teritorija grada Kragujevca. Analizirani su podaci o stradanju pešaka po godinama za period od 2015-2021 godine, zatim su analizirani podaci o stradanju pešaka po mesecima, potom po danima u toku nedelje, po periodu u toku dana, i po časovima u toku dana.



Slika 1. Broj nastradalih pešaka po godinama na području lokalne samouprave Kragujevac

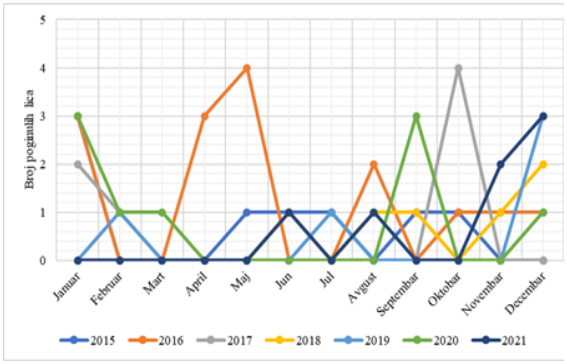
Sa slike 1. može se videti da je najviše pešaka poginulo tokom 2016. godine (15), broj poginulih pešaka je počeo da opada do 2019.godine (5) kad je bilo najmanje poginulih, zatim je počeo ponovo da raste, 2020.godine (9). Broj nastradalih pešaka sa teškim povredama najviši je bio 2018.godine (104), a najmanji je bio 2017.godine (76), zatim je poceo ponovo da raste.



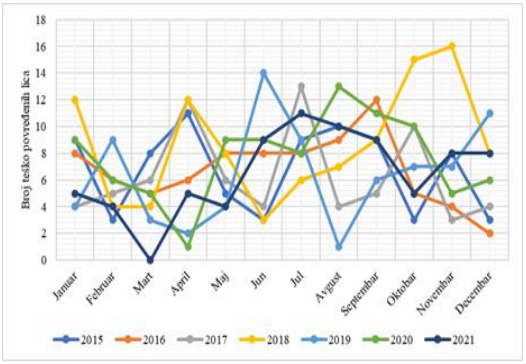
Slika 2. Broj nastradalih pešaka po mesecima

Sa slike 2. može se videti da najviše pešaka pogine u Januaru (11), zatim u Decembru (10). Pored toga, najmanje pešaka pogine u Martu(1), zatim u Julu(2). Kada posmatramo broj lica sa teškim povredama, najviše ih je bilo u Julu(64), zatim Septembru(61), a najmanje u Martu(31).

Na sledećoj slici 3. prikazan je broj nastradaih pešaka po mesecima i godinama za period od 2015-2021.godine. Sa slike 3. može se videti da je najviše pešaka poginulo u 2016. godini (15), najmanje je poginulo pešaka 2019.godine(5). Najviše teže povređenih lica je bilo 2018. godine (104), a najmanje teže povređenih je bilo 2017. godine(76).



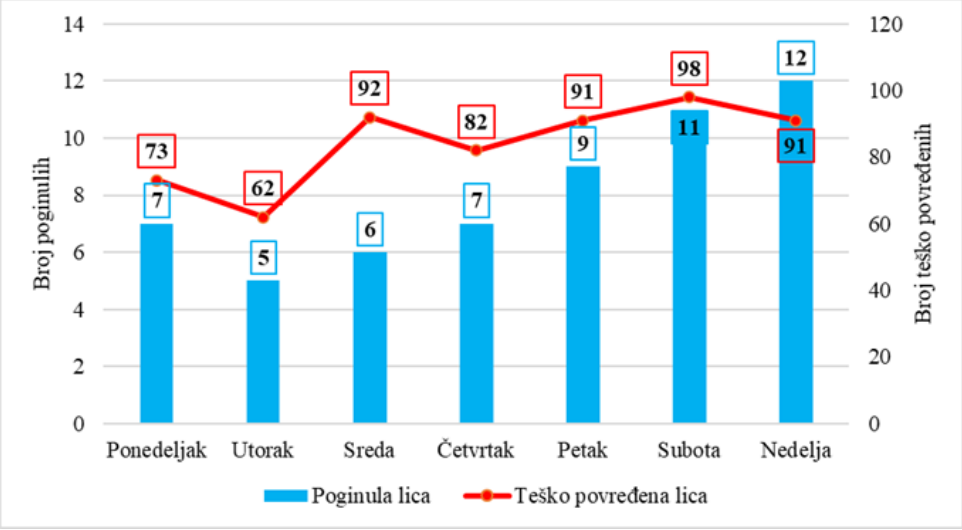
Slika 3a. Broj poginulih pešaka po mesecima i po godinama



Slika 3b. Broj teško povređenih pešaka po mesecima i po godinama

Slika br 3. Broj nastradalih pešaka po mesecima i godinama

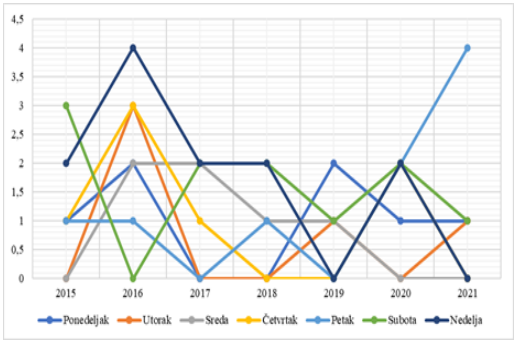
Sledeća karakteristika koja je analizirano u ovom istraživanju odnosi se na stradanje pešaka po danima u nedelji. Rezultati su prikazani na slici 4.



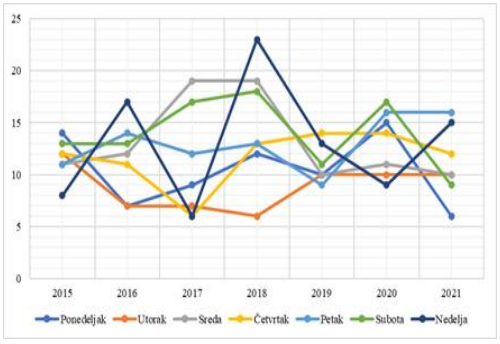
Slika 4. Stradanje pešaka po danima u toku nedelje

Sa slike 4. može se videti da najviše pešaka pogine u nedelju(12), zatim u subotu(11). Najmanje pešaka pogine u utorak(5). Kada posmatramo lica sa teškim povredama, u toku nedelje, najviše ima u subotu(98), zatim u sredu (92), a najmanje ima u utorak (62).

Na sledećoj slici 5. prikazan je broj nastradalih pešaka po danima u toku nedelje i godinama za period od 2015-2021. godine.



Slika 5a. Broj poginulih pešaka po danima u toku nedelje i po godinama

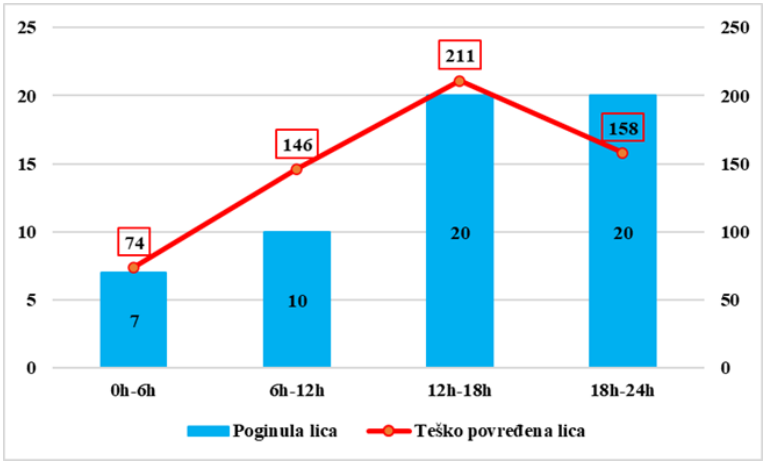


Slika 5b. Broj teško povređenih pešaka po danima u toku nedelje i po godinama

Slika 5. Broj nastradalih pešaka po danima u toku nedelje i godinama

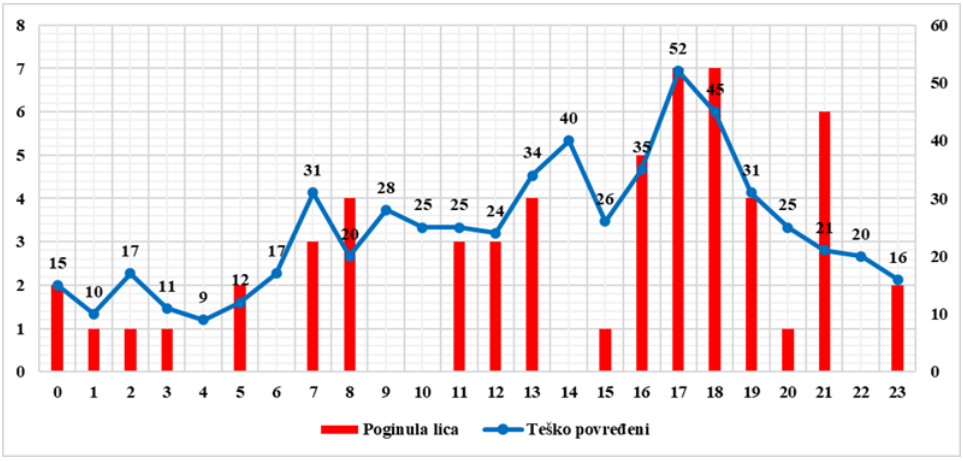
Sa slike 5. može se videti je najviše pešaka poginulo 2016.godine(15), a najmanje je poginulo 2019.godine(5). Najviše je pešaka poginulo petkom(4) 2021. i nedeljom(4) 2016. godine. Kada se analiziraju lica sa težim telesnim povredama, najviše ih je bilo 2018.godine(104), a najmanje 2017.godine(76).

Sledeća karakteristika koju koja je analizirana je broj nastradalih pešaka po periodu u toku dana, ona je prikazana na slici 6. Vremenski interval dana podelili smo na četri perioda: Noćni period (od 00-06h); Jutarnji period (06-12h); Posle podnevni period (12-18h); Večernji period (18-24h).



Slika 6. Broj nastradalih pešaka po periodu u toku dana

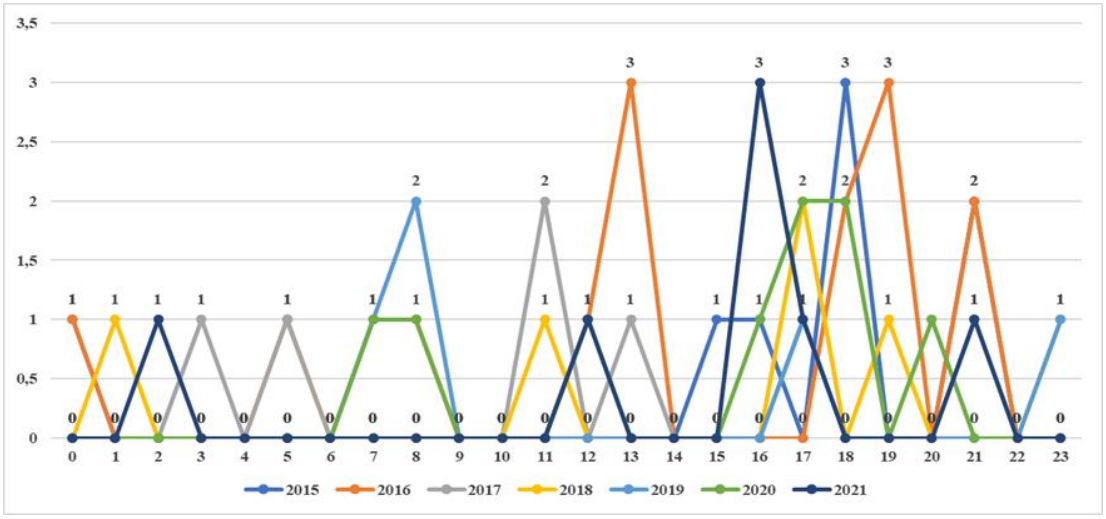
Sa slike 6. može se videti da najviše lica pogine u periodu od 12h-24h (40), tj. u Poslepodnevnom i Večernjem periodu. Najmanje pešaka je poginulo u Noćnom periodu od 0-6h (7). Što se tiče pešaka sa teškim povredama, najviše ih je bilo u Poslepodnevnom periodu od 12-18h (211). Najmanje je pešaka teško povredjeno u Noćnom periodu od 0-6h (74).



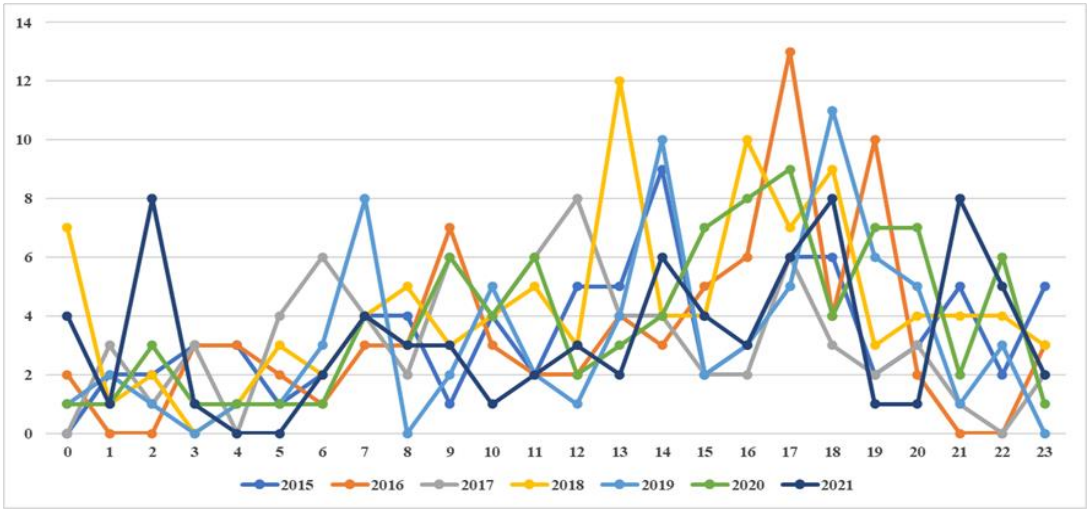
Slika 7. Broj nastradalih pešaka po časovima u toku dana

Sledeća karakteristika koja je analizirana obuhvata broj nastradalih pešaka po časovima u toku dana na teritoriji Kragujevca. Ona je prikazana na slici 7. Na slici 7. možemo da vidimo da najviše ima poginulih lica u 17h i 18h (7), a najmanje u jutarnjim časovima kada nema poginulih lica u vremenskom intervalu (4h,6h, 9h,10h,14h i 22h). Najviše lica sa teškim povredama ima u 17h(52), a najmanje u 4h(9).

Na sledećoj slici 8. prikazan je broj nastradalih pešaka po časovima u toku dana i po godinama, za period 2015-2021. godine na teritoriji Kragujevca.



a) Broj poginulih pešaka po časovima u Kragujevacu



b) Broj teško povređenih pešaka po časovima u Kragujevacu

Slika 8. Broj nastradalih pešaka po časovima u toku dana i po godinama

Sa slike 8 može se videti da najviše pešaka pooginulo je tokom 2016.godine (15), i to u (3) u 18h 2015.godine, (3) u 13h i 19h 2016.godine,(3) u 16h 2021.godine. Najmanje pešaka je poginulo 2019.godine(5). Najviše pešaka sa teškim telesnim povredala je 2018.godine(104). Kada posmatramo vremenski period, najviše je pešaka sa teškim povredama bilo 2016.godine u 17h (13).

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Studije ranijih godina, prikazivale su da je protok saobraćaja glavni faktor koji utiče na frekvenciju nezgoda sa pešacima. Mnoga istraživanja ističu, da je rizik sa kojim se suočavaju pešaci u pogledu obima saobraćaja nelinearno distribuiran i da individualni rizik pešaka raste sa porastom broja motornih vozila (Elvik et al., 2009; Pljakic, 2020). Pre svega, aktivnost pešaka (takođe, definisana kao intenzitet pešaka posmatran u određenom vremenskom periodu) je identifikovana kao jedan od najbitnijih faktora koji imaju uticaj na predviđanje broja saobraćajnih nezgoda sa pešacima (Harwood et al., 2008).

Propust u proceni saobraćajne situacije je jedan od glavnih uzroka stradanja i odraslih i dece u nezgodama sa učešćem pešaka. Sledeći najčešći razlog nastanka nezgoda u saobraćaju predstavlja neprilagođena brzina u naseljenim mestima, blizu tržnih centara, na pešačkim prelazima.

Praćenje apsolutnih pokazatelja bezbednosti saobraćaja (broj i posledice saobraćajnih nezgoda) predstavlja jedan od najčešće korišćenih elemenata za praćenje stanja bezbednosti saobraćaja na određenom području, planiranje mera i aktivnosti i praćenje efekata primenjenih mera. U skladu sa tim Agencija je izvršila analizu stanja bezbednosti saobraćaja za svaku lokalnu samoupravu (opštinu i grad) pojedinačno i izradila Izveštaj sa najvažnijim činjenicama za svaku lokalnu samoupravu. Analize su izvršene na osnovu podataka o saobraćajnim nezgodama koje su se dogodile u periodu od 2015. do 2021. godine i rezultata istraživanja indikatora bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji 2021. godine. Ovaj izveštaj sadrži osnovne podatke o stanju bezbednosti saobraćaja na teritoriji grada Kragujevca.

U Sjedinjenim Amaričkim Državama broj poginulih pešaka se povećava, npr. u 2020 godini je poginulo 6516 pešaka, to znači da dnevno pogine 18 pešaka, a nedeljno 125 pešaka, u proseku na svaki 81 min pogine po jedan pešak. Povređeno je oko 55000 pešaka širom zemlje, to znači da 17 procenata od ukupno nastradalih u saobraćajnim nezgodama su pešaci. (Traffic Safety Facts, 2020)

U Srbiji pešaci čine 26% svih poginulih lica u saobraćajnim nezgodama, kad su u pitanju povređeni pešaci u Srbiji čine 13% svih povređenih lica u saobraćajnim nezgodama. Najviše nastradalih pešaka je među licima starosti 65+ godina. Pešaci najviše stradaju u decembru (ABS, 2022).

U ovom radu posmatran je broj nastradalih pešaka na teritoriji grada Kragujevca u periodu od 2015-2021. godine. Broj nastradalih pešaka analiziran je kroz dve kategorije: poginuli i teško povređeni. Posmatrane su sledeće karakteristike:broj nastradalih pešaka po godinama za period od 2015-2021. godine, zatim broj nastradalih pešaka po mesecima u toku godine, potom broj nastradalih pešaka po danima u nedelji, sledeća karakteristika koja je analizirana je broj nastradalih pešaka prema periodu u toku dana i broj nastradalih pešaka prema časovima u toku dana.

Vremenska analiza saobraćajnih nezgoda stradanja pešaka po godinama, gde je zaključeno da je u Kragujevcu u periodu od 2015-2021 poginulo 57 pešaka, najviše je poginulo pešaka 2016.godine (15), a najmanje 2019. godine(5). Kada je u pitanju broj pešaka sa teškim povredama posmatrano u periodu 2015-2021 ukupno je bilo 589 pešaka sa teškim povredama, najviše ih je bilo 2018. godine(104), a najmanje 2017.godine (76).

Vremenska analiza saobraćajnih nezgoda stradanja pešaka po mesecima u toku godine je pokazala da u Kragujevcu najviše pešaka pogine u Januaru pa zatim u Decembru mesecu, tj u zimskim periodima godine. Zimski period nosi sa sobom specifične uslove i faktore koji doprinose povećanom riziku za pešake u saobraćaju, što može dovesti do veće verovatnoće da pešaci poginu u saobraćajnim nezgodama. Neki od ključnih razloga uključuju:

- Smanjena vidljivost: Zimski period često donosi smanjenu vidljivost usled kratkog dnevnog svetla, magle, kiše, snega i drugih meteoroloških uslova. Otežana vidljivost otežava vozačima da primete pešake na vreme, što može dovesti do nezgoda.
- Klizave površine: Sneg i led mogu uzrokovati klizave i nepredvidive površine na trotoarima i prelazima za pešake. Ovo povećava rizik od saobraćajnih nezgoda sa pešacima, ali takođe može dovesti i do gubitka kontrole kod vozača prilikom kočenja ili skretanja, što može rezultirati saobraćajnim nezgodama.
- Duži zaustavni put: Zimski uslovi često produžavaju zaustavni put vozila, što vozačima ostavlja manje vremena za reakciju u slučaju neočekivanog pojavljivanja pešaka. To može povećati verovatnoću da pešaci budu povređeni prilikom prelaska ulice ili na pešačkim prelazima.
- Teže vođenje vozila: Vozači mogu imati teže vođenje vozila tokom zimskog perioda zbog slabe trakcije na klizavim putevima. To može dovesti do nekontrolisanih kretanja vozila, što predstavlja dodatnu opasnost za pešake.
- Ograničena mobilnost: Hladnoća, sneg i led mogu ograničiti mobilnost pešaka. To može dovesti do situacija u kojima pešaci pokušavaju da prelaze put na mestima koja nisu adekvatno obeležena ili na kojima nema prelaza, povećavajući tako rizik od nezgoda.
- Povećan saobraćaj: Tokom zimskih meseci, posebno u vreme praznika, često dolazi do povećanja saobraćaja usled putovanja, kupovine i drugih aktivnosti. Povećan broj vozila na putevima može povećati rizik od nezgoda sa pešacima.

- Smanjena pažnja: Hladnoća i nepovoljni vremenski uslovi mogu uticati na pažnju vozača i pešaka. Vozači mogu biti skloniji ometanju, a pešaci mogu biti manje koncentrisani na svoje okruženje dok su suočeni sa lošim vremenskim uslovima.

Sve ove faktore treba uzeti u obzir prilikom planiranja i sprovođenja mera za povećanje bezbednosti pešaka tokom zimskog perioda. Edukacija svih učesnika u saobraćaju, adekvatno održavanje puteva i trotoara, kao i primena odgovarajućih signalizacija i osvetljenja, mogu doprineti smanjenju rizika od nezgoda sa pešacima tokom zimskih meseci u Kragujevcu.

Istraživanja su pokazala da pešaci često imaju veću verovatnoću da budu uključeni u saobraćajne nezgode tokom dana vikenda. Ova pojava može biti rezultat različitih faktora koji se prepliću tokom tog vremenskog perioda i čine ga posebno rizičnim za pešake. Analize su utvrdile da postoji više faktora koji doprinose ovom trendu. Vremenska analiza saobraćajnih nezgoda prema broju nastradalih pešaka po danima u toku nedelje u Kragujevcu potvrdila je ove rezultate. Broj nastradalih pešaka po danima u nedelji se posmatrano u periodu 2015-2021. godina povećava. Broj poginulih pešaka u Kragujevcu je najveći u nedelju, a najmanji u utorak. Broj teško povređenih pešaka je najveći u subotu. Ovaj broj je najveći u periodu od petka do nedelje. Prema studiji sprovedenoj od strane National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) u Sjedinjenim Američkim Državama, "veći broj nezgoda sa pešacima tokom vikenda može se pripisati različitim obrascom ponašanja pešaka i vozača u ovom vremenskom periodu". Ovaj obrazac ponašanja se sastoji iz nekoliko ključnih tačaka a neki koji su karakteristični za grad Kragujevac su:

1. Povećana konzumacija alkohola: Vikend je često vreme kada ljudi provode više vremena u društvenim okruženjima, kao što su restorani, barovi i klubovi. Ova veća konzumacija alkohola može dovesti do smanjene sposobnosti pešaka da procene situacije u saobraćaju i smanjene pažnje vozača na putu.
2. Opuštenije ponašanje: Tokom vikenda, ljudi često imaju manje stresa i veću slobodu u svojim aktivnostima. Ovo opuštenije ponašanje može dovesti do manje opreza prilikom prelaska ulica ili ignorisanja signalizacije, kako od strane pešaka, tako i od strane vozača.
3. Veći broj rekreativnih aktivnosti: Vikend je vreme kada ljudi često provode više vremena napolju, bilo da se bave sportskim aktivnostima, šetaju ili se okupljaju na događajima. Ovo povećava prisustvo pešaka na putevima i time povećava mogućnost nesreća.
4. Manja pažnja na saobraćajnu signalizaciju: Istraživanja su pokazala da tokom vikenda ljudi manje obraćaju pažnju na saobraćajne znakove i signalizaciju. To može dovesti do situacija u kojima pešaci prelaze put van pešačkih prelaza.

Predlog mera

Predlozi mera za smanjenje saobraćajnih nezgoda sa pešacima u Kragujevcu mogu biti ključni za unapređenje bezbednosti i stvaranje bezbednog okruženja za sve učesnike u saobraćaju. Evo nekoliko mera koje se mogu razmotriti:

Poboljšanje infrastrukture za pešake: Izgradnja i održavanje sigurnih i dobro osvetljenih pešačkih prelaza, naročito na prometnim raskrsnicama i blizu škola i oblasti sa većom koncentracijom pešaka. Postavljanje fizičkih prepreka (npr. ograde) duž opasnih delova puta kako bi se sprečilo nenamerno prelaženje puta na mestima koja nisu predviđena za to. Uvođenje trotoara i pešačkih staza sa dovoljnim širinama duž glavnih saobraćajnica.

Edukacija i podizanje svesti: Sprovođenje kampanja koje će povećati svest o pravilima prelaska puta, odgovornostima pešaka i vozača, kao i o potrebi uzajamnog poštovanja. Organizacija edukativnih radionica u školama i javnim institucijama kako bi se mladi pešaci osposobili za bezbedno ponašanje u saobraćaju.

Sprovođenje zakona: Povećanje prisustva saobraćajne policije na mestima sa većom verovatnoćom za nezgode sa pešacima, posebno tokom vikenda i noću. Sankcije za vozače koji ne poštuju pešačke prelaze i druge saobraćajne propise koji se odnose na pešake.

Tehnološka rešenja: Postavljanje sigurnosnih kamera na kritičnim tačkama kako bi se pratilo ponašanje vozača i pešaka, kao i identifikovali potencijalno opasni obrasci.

Ozelenjavanje i urbanističko planiranje: Stvaranje pešačkih zona i parkova kako bi se smanjila prisutnost vozila u oblastima sa većom koncentracijom pešaka. Promovisanje koncepta "gradovi za pešake" kroz razvoj urbanističkih planova koji daju prednost pešacima i biciklistima.

Implementacija inteligentnih transportnih sistema: Uvođenje tehnoloških rešenja kao što su senzori za prepoznavanje pešaka i vozača u cilju smanjenja rizika od nezgoda. Implementacija pametnih semafora koji automatski produžavaju vreme prelaska puta za pešake ukoliko se detektuje veći broj pešaka.

Saradnja sa lokalnom zajednicom: Uključivanje lokalnih zajednica, škola, organizacija civilnog društva i drugih relevantnih aktera u planiranje i sprovođenje inicijativa za povećanje bezbednosti pešaka.

Ovaj predlog mera je samo osnova, a njihova implementacija zahteva sveobuhvatan pristup uključujući subjekte iz oblasti urbanog planiranja, saobraćajnog inženjerstva, obrazovanja i vlasti. Navedene mere bi trebalo prilagoditi specifičnostima Kragujevca kako bi se postigao maksimalan uticaj na smanjenje saobraćajnih nezgoda sa pešacima.

5. LITERATURA

Agencija za bezbednost saobraćaja (2023). Statistički izveštaj o stanju bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji u 2022. godini, Beograd

Agencija za bezbednost saobraćaja (2022). Statistički izveštaj o stanju bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji u 2021. godini, Beograd

Agencija za bezbednost saobraćaja (2021). Statistički izveštaj o stanju bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji u 2020. godini, Beograd

Alireza Toran Pour,Sara Moridpour,Richard Tay and Abbas Rajabifar (2017), Influence of pedestrian age and gender on spatial and temporal distribution of pedestrian crashes, 19, 81-87.

Al-Shammari, N, Bendak, S & Al-Gadhi, S (2009), 'In-Depth Analysis of Pedestrian

Crashes in Riyadh', Traffic Injury Prevention, 6, 552-9.

Campbell, B, Smith, J and Najm, W. (2003). Examination of crash contributing factors using national crash databases, Washington, DC: U.S. Department of Transportation. DOT-HS-809–664.

Elvik, R. (2009). The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. Accid Anal Prev., 41, 849–855.

Geetam Tiwari (2020). Progress in pedestrian safety research. International Journal of Injury Control and Safety Promotion , 27, 35-43.

Harwood DW, Bauer KM, Richard KR, Gilmore DK, Graham JL, Potts IB, Torbic DJ, Hauer E. (2008). Pedestrian safety prediction methodology. Transportation Research Board, Washington. No. NCHRP Project 17-26.

Kemnitzer R. C., Pope N. C. , Nwosu A., Zhao S., Wei L. & Zhu M. (2019). An investigation of driver, pedestrian, and environmental characteristics and resulting pedestrian injury. Traffic Injury Prevention, 20, 510-514.

Pljakić, M., Jovanović, D., & Matović, B. (2022). The influence of traffic-infrastructure factors on pedestrian accidents at the macro-level: the geographically weighted regression approach. Journal of safety research, 83, 248-259.

Pljakić, M. (2020). Предикција саобраћајних незгода у урбаним срединама (Doctoral dissertation, University of Novi Sad (Serbia)).

Traffic Safety Facts (2020). U.S. Department of Transportations Nacional Highway Traffic Safety Administration, 1200 New Jersey Avenue SE Washington, DC 20590, Available at: https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/813310 . Accessed May 15, 2023.

Zegeer, C and Bushell, M. (2012). Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world. Accid Anal Prev., 44, 3–11.

Wen Hu, Jessica B. Cicchino, (2022). Relationship of pedestrian crash types and passenger vehicle types. Journal of Safety Research, 82, 392-401.

World Health Organization. Accident Fatalities Report, 2022: Global Status Report on Road Safety. Available at:https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries .Accessed March 15. 2023.

National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). (N.d.). Traffic Safety Facts - Pedestrians. Preuzeto sa: https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812124

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

IMPACT ANALYSIS TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES ON ROAD SAFETY

ANALIZA STABILNOSTI DRUMSKIH VOZILA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Vojislav Krstić[a], Bojan Marić[b], Aleksandar Mićović[a], Radoje Jovanović[c]

[a] *University of Priština, Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, Knjaza Milosa no. 7, 38220 Kosovska Mitrovica, Serbia, vojislav.krstic@pr.ac.rs, aleksandar.micovic@pr.ac.rs*

[b] *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*

[c] *Road Traffic Safety Agency, Bulevar Mihajla Pupina 2, 11070 Belgrade, Serbia, radoje.jovanovic@abs.gov.rs*

Abstract: *Low level's stability and handling of road vehicles is often the cause of the adverse effects of traffic, which greatly reduces the level of traffic safety. There are many causes that can lead to a reduced level's stability and handling of road vehicles, and therefore the level of traffic safety. The paper is dedicated to the attention and analysis of mogućnostri poboljhšanje stability and maneuverability of the vehicle, not only in terms of construction and mainte- nance, but also in terms of exploitation of vehicles. Problems disorder will vehicles are particularly pronounced in vehicles with a high center of gravity position, especially with buses, trucks with special superstructures and panel van, tank vehicles. In this work, attention posvrćena primarily those vehicles.*

Key words: *traffic safety, vehicles, vehicle stability, vehicle handling*

Apstrakt: *Nedovoljan nivo stabinosti i upravljivosti drumskih vozila je često uzrok neželjenih pojava u saobraćaju, što u velikoj meri umanjuje nivo bezbednosti saobraćaja. Brojni su uzroci koji mogu da dovedu do umanjena nivoa stabinosti i upravljivosti drumskih vozila, a samim tim i nivoa bezbednosti saobraćaja. U radu je posvećena pažnja i analizi mogućnostri za poboljšanje stabilnosti i upravljivosti vozila, ne samo sa aspekta konstrukcije i održavanja, već i sa aspekta eksploatacije vozila. Problemi nastabilnosti vozila posebno su izraženi kod vozila sa visokim položajem težišta, naročito kod autobusa, teretnih vozila sa furgonskim i specijalnim nadgradnjama, vozilima cisternama. U radu je pažnja posvrćena prvenstveno tim vozilima.*

Ključne riječi: *bezbednost saobraćaja, vozila, stabilnost vozila, upravljivost vozila*

1. UVOD

Stabilnostvozilapredstavljanjegovusposobnost da se kreće u različitim uslovima eksploatacije po zadatoj trajektoriji bez klizanja jednog, iliviše točkova, i bez prevrtanja.

U radu se razmotraju uslovi pod kojima je kretanje vozila stabilno, odnosno granični uslovi pri kojima dolazi do klizanja ili prevrtanja vozila.

Sposobnost vozila da drži zadati pravac kretanja, s obzirom na kinematiku sistema za upravljanje i konstruktivne parametre vozila,najčešće se razmatra posebno kao stabilnost upravljanja. Inače, stabilnostvozilau najopštijem slučaju obuhvataistabilnostupravljanja.

Savremena vozila proizvode se sa što nižim težištem (niskopodni autobusi, vozila cisterne sa eliptičnim poprečnim presekom, vozila sa što manjim prečnicima točkova, teretna vozila sa što nižom utovarnom platformom,...), kao i sa što većom širinom kolotraga. Smanjenjem visine težišta, ne poboljšava se samo

karakteristika stabilnosti, već i upravljivosti, ali i povećava komfor vozila sa aspekta utovara i istovara, odnosno ukrcavanja i iskrcavanja putnika kod vozila za prevoz putnika.

Sa aspekta bezbednosti saobraćaja, posebna pažnja mora biti poklonjena stabilnosti i upravljivosti vozila u svim fazama životnog cijklusa: razvoj, proizvodnja i eksploatacija.

Tokom eksploatacije vozila sa visokim težištem (teška teretna vozila, dvospratni autobusi, vozila cisterne, vozila kontejneri,...), i pored primenjenih najpovoljnijih konstruktivnih rešenja, i pored primenjenih savremenih sistema aktivne bezbednosti, posebnu pažnju treba obratiti na izbor vozača, ali i na uslove kada se ona mogu koristiti u transportnoj delatnosti.

Svedoci smo često situacija da, posebno u uslovima nepovoljnih vremenskih uslova, naročito zimi, u uslovima kolovoza prekrivenih snegom i ledom, da baš teška teretna vozila izazivaju nasjviše nevolja u saobraćaju.

Dovoljno je da se napravi i najmanji propust (npr. neadekvatan razmeštaj tereta u tovarnom prostoru vozila, nepropisno napunjena cisterna, neprimerena brzina kretanja vozila naročito u krivini,...), pa da dođe do poremećaja stabilnosti i upravljivosti vozila, a to znači prvenstveno prevrtanje ili skretanje sa normalnog pravca kretanja vozila.

Često se prave propusti i tokom sprovođenja postupaka tehnologija preventivnog i/ili korektivnog održavanja, ugradnjom neadekvatnih delova i sklopova koji dovode do poremećaja u sterukturi vozila, a samim tim i do pogoršavanja karakteristike stabilnosti i upravljivosti.

Najveći broj udesnih događaja, kada su u pitanju vozila cisterne, nastaje zbog nestabilnosti (prvenstveno zbog nedovoljne veštine upravljasnja, ozbiljnosti i pažnje vozača, ali i zbog neadekvatno napunjene cisterne – posebno kada su u pitanju tereti u tečnom agregatnom stanju).

Cilj ovog rada je da ukaže na značaj potrebe za poboljšanjem karakteristika stabilnosti i upravljivosti vozila, posebno sa aspekta određivanja konstruktivnih parametara vozila još u fazi razvoja i proizvodnje vozila. Jedan od ciljeva ovog rada je i upućivanje na zaključke kojim brzinama se mogu kretati vozila u određenim uslovima da bi vozilo bilo zadovoljavajuće stabilno i upravljivo, koje uspone vozila mogu savladati, koje geometrijske parametre treba da imaju saobraćajnice (poluprečnik krivine, usponi, poprečni nagibi, vrsta podloge,...) da bi vozilo imalo zadovoljovajuću geometrijsku i vučnu prohodnost, ali i stabilnost i upravljivost. U radu su dati karakteristični matematički modeli proračuna i analize prvenstveno stabilnosti vozila, dok sveobuhvatna analiza stabilnosti i upravljivosti savremenih vozila, kao i prikaz svih konstruktivnih rešenja sistema koji direktno utiču na stabilnost i upravljivost vozila, premašila bi dozvoljeni obim rada.

2. SPISAK KORIŠĆENIH OZNAKA I INDEKSA

G - težina vozila; R_t, R_v, R_p – otpori trenja, vazduha i prikolice; Z, Y, X – ukupna, normalna i tangencijalna reakcija podloge; F_o - vučna sila; R_{ik} - sila inercije pri kočenju; h_t - visina težišta vozila od tla; b_t – odstupanje težišta od zadnje osovine; s – širina kolotraga; β – poprečni nagib puta; α – uzdužni nagib puta; v – brzina kretanja vozila; f – koeficijent prianjanja; indeksi: 1,2 – prednja i zadnja osovina

3. PODUŽNA STABILNOST - PREVRTANJE VOZILA OKO ZADNJE OSOVINE

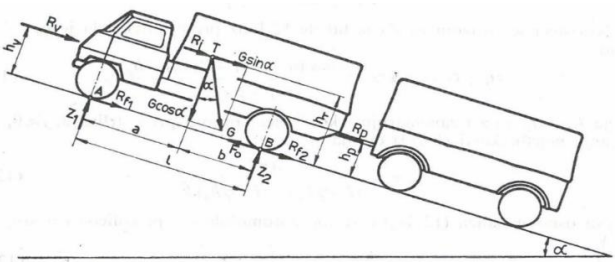
Prevrtanje vozila oko zadnje osovine (slika 1) nastaje u momentu kada normalna reakcija tla na prednjoj osovinipostigne vrednost:

$$Z_1 = G \cdot b \cdot \cos\alpha - G \cdot h_t \cdot \sin\alpha - R_t \cdot h_t - R_v \cdot h_v - R_p \cdot h_p \leq 0 \tag{1}$$

Znak jednakosti označava početak prevrtanja. Maksimalni usponi se savlađuju sa konstantnom i malom brzinom.Korišćenjem izraza (1) može se odrediti maksimalni uspon koji vozilo sa prikolicom može da savlada pri ravnomernom kretanju:

$$tg\alpha_{\max} = \frac{b}{h_t + \frac{G_p}{G} \cdot h_p} \tag{2}$$

Na osnovuizraza (2) zaključuje se da je za stabilno kretanje vozila bez prevrtanja oko zadnje ose neophodn oobezbediti uslov $b > h_t$.



Slika 1. Prevrtanje automobila oko zadnje ose

Maksimalni uspon koji vozilo može da savlada može da bude određen po tri osnova:

- Preko maksimalne moguće vučne sile pri čemu ne dolazi do klizanja;
- Preko maksimalne vučne sile koja se može preneti s obzirom na koeficijent prianjanja i
- Preko graničnog uspona s obzirom na mogućnost prevrtanja.

Po prvom osnovu maksimalni uspon se određuje analitički, pri tome se pretpostavlja da je vučna sila manja od maksimalno moguće sobzirom na koeficijent prianjanja, tj. da je nepotpuno iskorišćenje težine prianjanja. U tom slučaju vozilo je stabilno.

Analiza druga dva granična uslova je izrazito vazna, jer se na osnovu njemože da zaključi da li uopšte može da dođe do prevrtanja, ili pre nastaje proklizavanje pogonskih točkova.

Razmotrimo uslove pri kojima nastaje klizanje (proklizavanje) pogonskih točkova pre prevrtanja vozila.

Pogon na zadnjim točkovima

Potrebna vučna sila, na zadnjim pogonskim točkovima za savlađivanje sile otpora uspona (slika 1),za slučaj da se vučni voz kreće konstantnom relativno malom brzinom,moze se predstaviti u obliku:

$$F_{o2} = \left(G + G_p\right) \cdot \sin\alpha \tag{3}$$

Klizanje nastaje u slučaju:

$$\left(G + G_p\right) \cdot \sin\alpha > F_{o2\max} \tag{4}$$

$$\left(G + G_p\right) \cdot \sin\alpha > \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot \left(a - f \cdot h_T\right) - R_p \cdot \left(h_T - h_p\right)}{l - \varphi \cdot h_T} \cdot \varphi \tag{5}$$

Zanemarujući koeficijent otpora pri kotrljanju, $f \approx 0$,i uzimajuci u obzir da je $R_p = G_p \cdot \sin\alpha$ dobija se izraz:

$$tg\alpha_s \geq \frac{a \cdot \varphi}{\left(l - \varphi \cdot h_T\right) + \left(l - \varphi \cdot h_p\right) \cdot k} \tag{6}$$

Na osnovu izraza (7) prevrtanje vozila sa prikolicom nastupa u slucaju:

$$tg\alpha_p \geq \frac{b}{h_T + k \cdot h_p} \tag{7}$$

Koriscenjem izraza (6) i (7)moze se zaključiti da ćepre doci do proklizavanja,nego do prevratanja, ukoliko je ispunjen uslov:

$$\frac{a \cdot \varphi}{\left(l - \varphi \cdot h_T\right) + \left(l - \varphi \cdot h_p\right) \cdot k} < \frac{b}{h_T + k \cdot h_p} \qquad \varphi < \frac{b \cdot \left(1 + k\right)}{h_T + k \cdot h_p} \tag{8}$$

Kod savremenih vučnih vozova uslov (8) je uvek ispunjen pa se granični uspon uslovljava pojavom proklizavanja zadnjih pogonskih točkova, sto znaci da je $h_T \approx h_p$, izraz (8) dobija oblik:

$$\varphi < \frac{b \cdot \left(1 + k\right)}{h_T \cdot \left(1 + k\right)} = \frac{b}{h_T} \tag{9}$$

Zavozila bez prikolice, iz uslova $tg\alpha_s < tg\alpha_p$,za$k$ = 0,uslov (8) ima oblik:

$$\frac{\varphi \cdot a - f \cdot l}{l - \varphi \cdot h_T} = \frac{b}{h_T} \tag{10}$$

Odavde se dobija uslov da proklizavanje prethodi prevrtanju u obliku:

$$\varphi < \frac{b + h_T \cdot f}{h_T} \text{ , a za } f \approx 0: \quad \varphi < \frac{b}{h_T} \tag{11}$$

Uslov (11) je ispunjen gotovo uvek jer je $b / h_T > 1$ a φ je uvek manje od 1.

Izrazi za odredjivanje reakcija tla,za slucaj kada je pogonska zadnja osovina:

$$Z_1 = \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot [b - h_T(\varphi - f)] + R_p \cdot (h_T - h_p)}{l - \varphi \cdot h_T} \quad Z_2 = \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot (a - f \cdot h_T) - R_p \cdot (h_T - h_p)}{l - \varphi \cdot h_T} \tag{12}$$

Izrazi za odredjivanje reakcija tla, za slucaj kada je pogonska prednja osovina:

$$Z_1 = \frac{G \cdot (b + f \cdot h_T) \cdot \cos\varphi + R_p \cdot (h_T - h_p)}{l + \varphi \cdot h_T} \quad Z_2 = \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot [a + h_T(\varphi - f)] - R_p \cdot (h_T - h_p)}{l + \varphi \cdot h_T} \tag{13}$$

Izrazi za odredjivanje normalnih reakcija tla, za slucaj kada su pogonske obe osovine:

$$Z_1 = \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot [b - h_T(\varphi - f)] + R_p \cdot (h_T - h_p)}{l} \quad Z_2 = \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot [a + h_T(\varphi - f)] - R_p \cdot (h_T - h_p)}{l} \tag{14}$$

Pogon na prednjim točkovima

Do prevrtanja ne može da dođe jer se normalna reakcija tla smanjuje sa povećanjem uspona, pa se veličina vučne sile vrlo brzo ograničava na proizvod $Z_1 \cdot \varphi$ štoznači da je za stabilnost vozila sa prednjim pogonskim točkovima uvek je merodavan početak proklizavanja prednjih točkova.

Pogon na svim točkovima

Proklizavanje svih točkova nastaje za slučaj da je:

$$(G + G_p) \cdot \sin\alpha > G \cdot \varphi \cdot \cos\alpha \tag{15}$$

To znači da proklizavanje prethodi prevrtanju kada je zadovoljen uslov:

$$\varphi < \frac{b \cdot (1 + k)}{h_T + k \cdot h_p} \tag{16}$$

Na osnovu izloženog zaključuje se da proklizavanje prethodi prevrtanju za slučaj pogona na svim točkovima ako su ispunjeni isti uslovi kao kod pogona na zadnjim točkovima.

Kod trkačkih automobila moguće je prevrtanje oko zadnje osovine pod dejstvom podužne komponente–otpora vazduha, R_v. Pri ravnomernom kretanju vozila,na horizontalnom putu, prevrtanje nastaje za slučaj $Z_1 \leq 0$, sto znaci pri brzini kretanja:

$$v_p > 3{,}6 \cdot \sqrt{\frac{G \cdot b}{K \cdot A \cdot h_v}} \tag{17}$$

Brzina, prikojojnastajeprevrtanje, se smanjuje sa povećanjem koeficijenta otpora vazduha (*K)*, odnosnosa lošijim aerodinamickim oblikom vozila, kao i sa povećanjem visinenapadne tačke rezultujućeg otporavazduha R_v. Povećanje ukupne težine vozila*G*, ikoordinate težišta *b*, povećava se brzinaprevrtanja (v_p), a samimtiminestabilnostvozila.

4. PODUŽNA STABILNOST- PREVRTANJE VOZILA OKO PREDNJE OSOVINE

Pri kretanju vozila niz strmu ravan (kretanje nizbrdo) može da nastupi slučaj prevrtanja pod dejstvom sile inercije pri kočenju, R_{ik}, i komponente težine G$\sin\alpha$.

Iz uslova za prevrtanje oko prednje osovine, dobijaju se izrazi:

$$\begin{gathered} Z_2 \cdot l = G \cdot a \cdot \cos\alpha - R_{ik} \cdot h_T - G \cdot h_T \cdot \sin\alpha \leq 0 \\ G \cdot a \cdot \cos\alpha \leq h_T \cdot (R_{ik} + G \cdot \sin\alpha) \end{gathered} \tag{18}$$

ili kako je $K = R_{ik} + G \cdot \sin\alpha$ imamo:

$$G \cdot a \cdot \cos\alpha_p \le k \cdot h_T \tag{19}$$

S druge strane, za uslov klizanja pri kočenju imamo:

$$\begin{gathered} G \cdot a \cdot \cos\alpha_p \le k \cdot h_T \\ K_1 + K_2 = K \ge (Z_1 + Z_2) \cdot \varphi \\ K \ge G \cdot \varphi \cdot \cos\alpha_s \end{gathered} \tag{20}$$

Do prevrtanja neće doći, jer će se pre pojaviti klizanje, za uslov:

$$\begin{gathered} \cos\alpha_s > \cos\alpha_p \\ \frac{K}{G \cdot \varphi} > \frac{K \cdot h_T}{G \cdot a} \qquad \varphi < \frac{a}{h_T} \end{gathered} \tag{21}$$

U slučaju da je $\varphi > a / h_T$ klizanje nastaje pre prevrtanja vozila. Kod uobičajenih konstrukcija prevrtanje vozila je praktično nemoguće jer je $a / h_T > 1$, a $\varphi < 1$, pa je uvek zadovoljen uslov (22).

5. POPREČNA STABILNOST VOZILA

Za kotrljanje točkovavozila bez bočnog klizanja potrebno je da su, po pitanju bočne reakcije tla ispunjeni sledeći uslovi, po pitanju bočne reakcije tla za prednju i zadnju osovinu:

$$Y_1 \le \sqrt{Z_1^{\,2} \cdot \varphi^2 - X_1^{\,2}} \qquad Y_2 \le \sqrt{Z_2^{\,2} \cdot \varphi^2 - X_2^{\,2}} \tag{22}$$

Izrazi (22) uključuju pretpostavku da je koeficijent prianjanja isti za sve točkove. U stvarnosti to nije slučaj. Bočne reakcije tla zaviseodvećegbrojauticajnihfaktora, kao što su:

- Uticajsistema elastičnog oslanjanja na uzdužnu i poprečnu stabilnost, a samim tim i na pojavu nejednakih reakcija tla.

- Različite bočne elastičnosti pneumatika prouzrokuju nejednakost tangencijalnih reakcija na levim i desnim točkovimavozila, što se, takođe, odražava na raspodelu bočnih reakcija prednjih i zadnjih točkova.

Prizaokretanjuvozilasaprednjimpogonskim točkovima, tangencijalnereakcije (vučne sile) zaklapaju određeni ugaouodnosuna podužnu osušto prouzrokujepojavu bočnih sila.

Naosnovuizraza (22) može se zaključiti da se boćne reakcije tla $(Y_1,\ Y_2)$ smanjuje se sa povećanjem tangencijalnihreakcija $(X_1,\ X_2)$ usled vuče ilikočenja. Timese, zaisteusloveprianjanja, smanjuje poprečna stabilnostvozila.

Ukoliko su tangencijalne reakcije bliže graničnim vrednostuima sila prianjanja ($Z_1 \cdot \varphi$ i $Z_2 \cdot \varphi$) utoliko su potrebne manje bočne sile koje prouzrokuju bočno klizanje jedne osovine ili čitavog vozila. Za slučaj da tangencijaln ereakcije dostignu graničnu vrednost sila prianjanja ($Z_1 \cdot \varphi$ i $Z_2 \cdot \varphi$) desne strane izraza (22) imaju vrednost 0. U tom slučaju dovoljna je i najmanja bočna sila koja će prouzrokovati bočno klizanje.

Analizu poprečne stabilnosti vozila može se izvršiti za sledeće slučajeve:

- Pravolinijsko kretanje vozila na poprečno nagnutom putu;
- Zaokretanje vozila na poprečno nagnutom putu;
- Zaokretanje vozila na horizontalnom i poprečnom nagnutom putu;
- Klizanje jedne osovine.

6. PRAVOLINIJSKO KRETANJE VOZILA NA POPREČNO NAGNUTOM PUTU

Analizirajmo uslov pri kome nastupa prevrtanje vozilo koji se kreće pravolinijski na putu sa poprečnim nagibom β. Zanemarivanjem napred pobrojane uticajne faktora i uvođenjem pretpostavki da je koeficijent prianjanja jednak za sve točkove, a na oasnovu uslova ravnoteže u odnosu na podužnu osu koja prolazi kroz oslonu tačkutočkova na većoj visini, uslov početka prevrtanja, i samog prevrtanja,može se izraziti u obliku:

$$G \cdot s \cdot \cos\beta - G \cdot h_T \cdot \sin\beta \le 0 \quad tg\beta_p \ge \frac{s}{h_T} \tag{23}$$

Odnos s / h_T se naziva koeficijent bočne stabilnosti.

Pre prevrtanja može da nastupi bočno klizanje celog vozila, za slučaj:

$$G \cdot \sin\beta \ge G \cdot \varphi \cdot \cos\beta \quad tg\beta_s \ge \varphi \tag{24}$$

Da bi bočno klizanje počelo pre prevrtanja potrebno je da je ispunjen uslov:

$$\varphi < \frac{s}{h_T} \tag{25}$$

Treba imati u vidu da pogonska osovina kliza znatno pre, pri manjem uglu β, jer pogonski točkovi već koriste deo sile prianjanja kao tangencijalnu reakciju tla.

7. ZAOKRETANJE VOZILA NA POPREČNO NAGNUTOM PUTU

Pri ravnomernom kretanju vozila, centrifugalna sila svojom komponentom paralelnom sa osovinom, dejstvuje u pravcu prevrtanja vozila oko ose koja prolazi kroz točkove koji se nalaze na većoj visini.

Na osnovu jednačina momenta svih sila u odnosu naovu osu vozila, mogu se napisati sledeći uslovi za nastavak prevrtanja:

$$g \cdot h_T \cdot tg\beta + \frac{v^2}{R} \cdot s \cdot tg\beta - \frac{v^2}{R} \cdot h_T \cdot + g \cdot s \le 0 \quad \frac{{v_p}^2}{R} \ge \frac{s + h_T \cdot tg\beta}{h_T - s \cdot tg\beta} \tag{26}$$

Korišćenjem izraza (26)može se odrediti ugao poprečnog nagiba puta (β), pod pretpostavkom da su parametri: visina težišta (h_T) i širina kolotraga (s) poznati, za bilo koju željenu brzinu kretanja pri kojoj ne dolazi do prevrtanja vozila.

Za ugaopoprečnog nagiba puta (β) određen jednačinom $tg\beta = \frac{h_T}{s}$ neće doći do prevrtanja vozila bez obzira na to kojom sde brzinom (v) vozilo kreće.

Razmotrimo sada uslov pri kome nastaje klizanje:

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos\beta - G \cdot \sin\beta \ge \varphi\left(G \cdot \cos\beta + \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \sin\beta\right) \quad \frac{{v_s}^2}{R} = \frac{g \cdot (\varphi + tg\beta)}{1 - \varphi \cdot tg\beta} \tag{27}$$

Upoređivanjem izraza (23) sa (27) može dase zaključi, da li nastupa pre klizanje ili prevrtanje vozila. Sa povećanjem poprečnog nagiba puta (β), povećava se i brzina stabilnog kretanja u krivini.

Sva vozila, u pogledu stabilnosti, pri kretanju na poprečno nagnutom putu po krugu poluprečnika $R = const.$, mogli se podeliti u tri grupe:

- Vozilla kod kojih je $h_T / s < 1{,}2$, I kod kojih postoji opasnost klizanja pri kretanju u krivini, kao i za put i pneumatike u odličnom stanju, kada je $\varphi \ge 0{,}8$. Za manje vrednosti koeficijenta prianjanja takav zaključak je još očigledniji. Ovo su vozila sa vrlo malim visinom težišta (h_T),što je redovno slučaj kod trkačkih automobila ili specijalnih sportskih automobila.
- Vozila kod kojih je $h_T / s > 1{,}6$, i kada postoji opasnost prevrtanja pri kretanju kroz krivinu (privredna vozila - naročito teretna vozila kada su pod punim opterećenjem).
- -Vozila kod kojih je odnos h_T / s između 1,2 i 1,6 granične vrednostibrzina v i v_p suvrlo zbližene. Kod ovih vozila, bez prethodnog proučavanja ne može se ništa zaključiti.

Prethodno navedena podela vozila ima opravdanja samo ako je put u odličnom stanju kada su vrednosti koeficijenta prianjanja visoke ($\varphi \approx 0{,}8$).Za izrazito male vrednosti koeficijenta prianjanja ($\varphi \le 0{,}4$) gotovo uvek dolazi do klizanja pre prevrtanja.

8. ZAKLJUČAK

Na bezbednost saobraćaja, sa aspekta vozila, poseban uticaj ima njegova stabilnost i upravljivost. U radu je izvršena analizu poprečne stabilnosti vozila za slučajeve:Pravolinijsko kretanje vozila na poprečno nagnutom putu; Zaokretanje vozila na poprečno nagnutom putu. Analiza zaokretanja vozila na horizontalnom i poprečnom nagnutom putuianalizaklizanja jedne osovine, kao i zaokretranje vozila sa elastičnim točkovima, nije obuhvaćena ovim radom.

Tokom razvoja i proizvodnje vozila posebna pažnja mora se posvetiti geometrijskim parametrima vozila, kao i primenjenim konstruktivnim rešenjima koji utiču na stabilnost i upravljivost vozila. Sa aspekta stabilnosti i upravljivosti vozila, potrebno je izvršiti istraživanje mogućih konstruktivnih rešenja svih delova i sklopuva koji utiču nas stabilnost i upravljivost vozila (elementi sistema oslanjanja, hodnog sistema, elemenata za stabilizaciju, sitema aktivne bezbednosti vozila sa aspekta stabilnosti i upravljivosti, upravljačkog i kočionog sistema vozila,...). Na osnovu takvih sveobuhvatnih istraživanja, treba izabrati optimalna rešenja, za određenu klasu i kategoriju vozila, primereno njegovoj nameni i zahtevanim eksploatacionotehničkim karakteristikama.

Savremena vozila imaju ugrađene sisteme aktivne bezbednosti koji u velikoj meri poboljšavaju karakteristiku stabilnosti i upravljivosti vozila. Sa aspekta eksploatacije i održavanja vozila, posebnu pažnju treba posvetiti uslovima u kojima će se vozilo koristiti (prvenstveno klimatskim i geografskim), ali i režimima eksploatacije (prvenstveno načinu smeštaja tereta u vozilu, veštini upravljanja,...), zadovoljnju homologacijskih (UN ECE 111, UN ECE 79,...) i saobraćajnih propisa, zadovoljenju standarda i tehničkih uslova. Nepravilan raspored tereta u tovarnom prostoru teretnih vozila, kao i nepropisna opterećnja vozila, mogu da dovedu,u velikoj meri, do pogoršanja karakteristike stabilnosti i upravljivosti vozila. Nepropisno napunjeno vozilo cisterna mogu da dovedu do pogoršanja ne samo kočne karakteristike vozila i njegove dinamičnosti, već i do pogoršanja karakteristike stabilnosti i upravljivosti vozila.

Sa aspekta stabilnosti i upravljivosti vozila, treba analizirati sva vozila, posebno vozila sa visokim težištem. Najveći broj saobraćajnih nezgoda sa vozilima za prevoz opasnih materija nastaje zbog nedovoljne stabilnosti i upravljivosti, ali i zbog nedovoljne veštine upravljanja ovakvim vozilima.Iako se u urbanim sredinama, koliko god je moguće izbegava kretanje ovakvih vozila, ne samo u nepovoljnim meteorološkim uslovima , i u uslovima velike gustine saobraćajnih tokova, često dolazi do poremećaja u odvijanju saobraćaja baš zbog nedovoljne upravljivosti i stabilnosti ovakvih vozila, ali i neadekvatne njihove vučne i geometrijske prohodnosti. Zato se, gde god je moguće, koriste zaobilaznice, a ukoliko se takva vozila moraju kretati kroz urbanu sredinu, to se ograničava u odredjenim vremenskim intervalima.

Ograničenje kretanja vozila određenim brzinama, primenom odgovarajućih sistema na vozilima (ograničivačima brzine kretanja, trajnim usporivačima,...), ali i odgovarajućim saobraćajnim znacima i drugim elementima regulacije saobraćaja, predstavlja važan elemenat u povećanju stabilnosti i upravljivosti vozila, a samim tim i bezbednosti saobraćaja. Činjenica da najveći broj udesnih događaja nastaje zbog neprilagođene brzine kretanja vozila uslovima saobraćaja, jasno govori o njenom značaju. Ako se ima na umu da najveća brzina kretanja vozila ("kritična"), za dato vozilo, i odgovarajuće uslove saobraćaja, određuju se prvenstveno na osnovu geometrijske i vučne karakteristike prohodnosti vozila, odnosno na osnovu mogućnosti savladavanja određenih krivina, nagiba puta, uspona, ali i mogućnosti savladavanja određenih uspona sa aspekta proklizavanja, stabilnosti i upravljivosti. Sve to ide u prilog tvrdnji autora ovoga rada da problematici stabilnosti i upravljivosti vozila u saobraćaju, prvenstveno radi unapoređenja bezbednosti saobraćaja, potrebno je posvetiti posebnu pažnju.

9. LITERATURA

D. Simić.:Motorna vozila, Naučnaknjiga, Beograd, 1988.

J.Lenasi., S.Žeželj., G.Danon.,Motornavozila,Saobraćajnifakultet, Beograd 1995.

V.Dedović.: Dinamikavozila, Saobraćajnifakultet u Beogradu, Beograd, 2004.

B.Krstić.: Tehničkaeksploatacijamotornihvozilaimotora, Mašinskifakultet, Kragujevac, 2009.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

VIDEO SURVEILLANCE FOR AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION AND DETECTION OF TRAFFIC VIOLATIONS AND COORDINATED OPERATION OF TRAFFIC LIGHTS IN SPEED REDUCTION MEASURES AS AN IDENTIFIABLE FACTOR IN THE CAUSE OF A TRAFFIC ACCIDENT

VIDEO NADZOR ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE REGISTARSKIH TABLICA I DETEKCIJU SAOBRAĆAJNIH PREKRŠAJA I KOORDINISANI RAD SVETLOSNIH SIGNALA U MERAMA SMANJENJA BRZINE KAO PREPOZNATLJIVOG ČINIOCA U NASTANKU SAOBRAĆAJNE NEZGODE

Miroslav Derikonjić[a], Đorđe Fazekaš[a], Bogdan Radin[a]

[a] Company "Selma" Subotica, Beogradski put 58, 24000 Subotica, Serbia, micy@selma.rs

Abstract: *The speed of movement of traffic participants is one of the main manifestations of traffic accidents and therefore represents one of the key areas in which action should be taken in order to increase traffic safety. Through this example, we want to show the synthesis and joint action of the coordinated operation of traffic lights and the video surveillance system for automatic recognition of license plates and detection of traffic violations as multiple measures and ways of influencing the reduction of the speed of movement of traffic participants as a recognizable factor in the occurrence of a traffic accident. The installed video surveillance system for preventive, as well as repressive purposes, was used to monitor and document the number of vehicles moving at the prescribed speed, which was designed through the establishment of coordinated operation of traffic lights, as well as the number of vehicles that exceeded the permitted-limited speed of movement in the time period in which the observation was made. By analyzing the results, it can be concluded that the applied measures have proven to be effective and that the overall values are improving over time. However, it has been shown that there is room to improve the results, reduce the speed to expected, safe values, primarily through training and education, and if this does not bring results, through coercion and sanctions.*

Key words: *vehicle speed, traffic lights, detection of traffic violation*

Apstrakt: *Brzina kretanja učesnika u saobraćaju predstavlja jedan od glavnih pojavnih oblika nastanka saobraćajnih nezgoda i zbog toga predstavlja jednu od ključnih oblasti u kojoj treba delovati u cilju povećanja bezbednosti saobraćaja. Kroz ovaj primer želimo da pokažemo sintezu i zajedničko delovanje koordinisanog rada svetlosnih signala i sistema video nadzora za automatsko prepoznavanje registarskih tablica i detekciju saobraćajnih prekršaja kao više mera i načina uticaja na smanjenje brzine kretanja učesnika u saobraćaju kao prepoznatljivog činioca u nastanku saobraćajne nezgode. Postavljeni sistem video nadzora u preventivne, a isto tako i represivne svrhe iskorišćen je za praćenje i dokumentovanje broja vozila koja se kreću propisanom brzinom koja je projektovana kroz uspostavljanje koordinisanog rada svetlosnih signala, a isto tako i broja vozila koja su prekoračila dozvoljenu-limitiranu brzinu kretanja u vremenskom periodu u kojem je vršeno posmatranje. Analizom rezultata može da se zaključi da su se primenjene mere pokazale efikasnim i da se ukupne vrednosti tokom vremena poboljšavaju. Međutim, pokazalo se da postoji prostor da se rezultati unaprede, brzina smanji u očekivane, bezbedne vrednosti, prvenstveno obukom i edukacijom, a ukoliko to ne donese rezultate, prinudom i sankcionisanjem.*

Ključne riječi: *brzina vozila, svetlosni signali, deekcija prekršaja*

1. UVOD

Najveće suprotstavljanje aktivnostima za postizanje bezbednosti saobraćaja na putevima pojavljuje se u oblasti brzina. Brzina kretanja učesnika u saobraćaju predstavlja jedan od glavnih pojavnih oblika nastanka saobraćajnih nezgoda i zbog toga predstavlja jednu od ključnih oblasti u kojoj treba delovati i veliki izazov u cilju povećanja nivoa bezbednosti saobraćaja.

Upravljanje brzinama ostaje jedan od najvećih izazova sa kojim se susreću stručnjaci i to pitanje zahteva posvećen, dugoročan, multidisciplinaran odgovor. U cilju optimizacije upravljanja saobraćajem, upravljanje brzinama na putevima je poštovanje i prihvatanje optimalnih brzina na putu, radi uvećavanja pozitivnih i smanjivanje negativnih efekata u funkciji bezbednog i efikasnog odvijanja saobraćaja i održivog razvoja. Upravljanje brzinama je od višestrukog značaja i ono treba pre svega da obezbedi efikasne i ekonomične uslove odvijanja saobraćaja, da obezbedi harmonizaciju saobraćajnog toka, odnosno uslova u saobraćajnom toku (veći protok, manje vreme putovanja, potrošnju goriva, aerozagađenje, buku) kao i prihvatljiv, maksimalno moguć nivo bezbednosti i prihvatljivu brzinu kretanja vozila u datim uslovima (smanjenje broja konflikta, saobraćajnih nezgoda, posledice nezgoda).

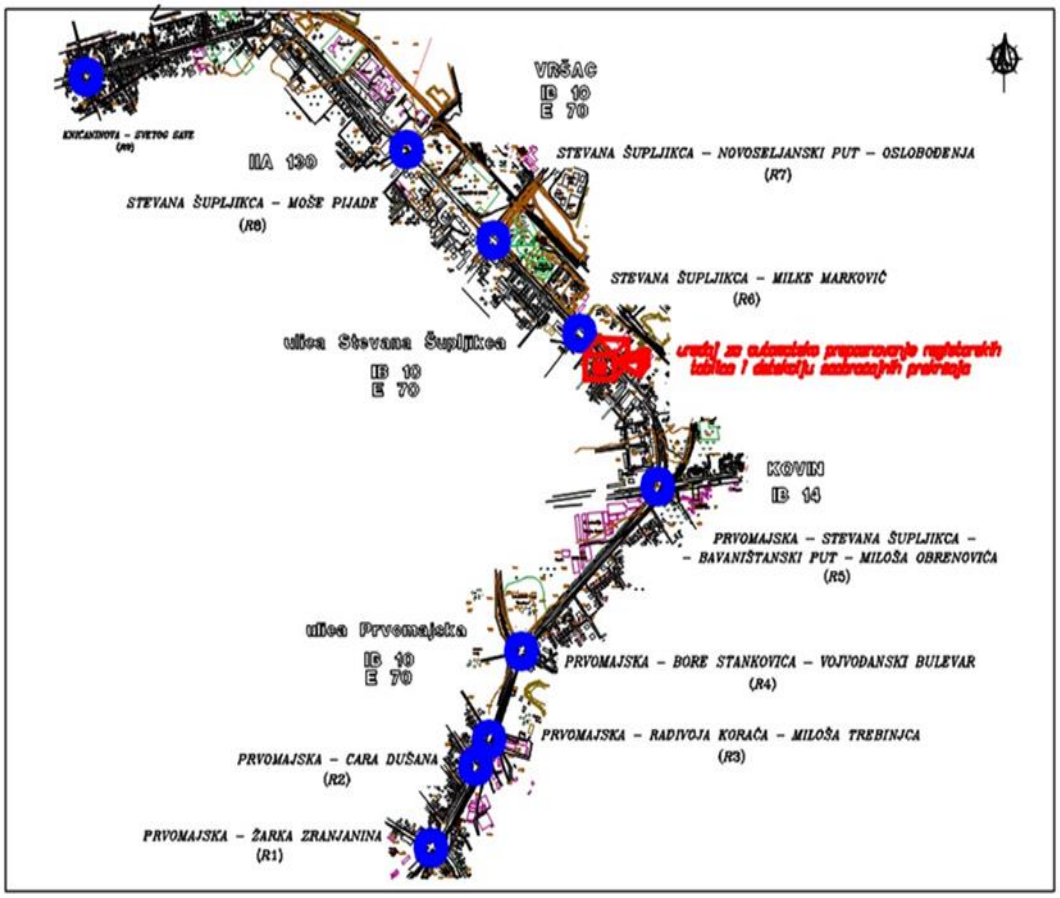
Jedan od načina upravljanja brzinama je i koordinisani rad svetlosnih signala, što predstavlja međusobno usaglašeni rad svetlosnih signala na delu mreže ili na složenim raskrsnicama. Koordinisani rad svetlosnih signala omogućava kretanje vozila optimalnom, računski predstavljenom brzinom čime se obezbeđuje kvalitetnije iskorišćenje kapaciteta, smanjenje vremenskih gubitaka, a samim tim i povećanje usluge.

2. PROBLEM BRZINE U KOORDINACIONOM RADU SVETLOSNIH SIGNALA-KONKRETAN PRIMER

Kada govorimo o brzini, govorimo u stvari o njenom procentu iznad dozvoljene, limitirane, odnosno o njenom iznosu iznad zakonskog ograničenja. Kod većih brzina kretanja moramo uvideti negativan uticaj kako na bezbednost saobraćaja (posebno pešaka, biciklista, dece, starijih osoba i ljudi koji žive pored puta), tako i na životnu sredinu (buka i emisija izduvnih gasova). Međutim, velike brzine koje savremeni automobili mogu da ostvare, doprinose povećanju mobilnosti i smanjenju vremena putovanja i na taj način doprinose bržem ekonomskom razvoju društva. Na osnovu svega izloženog, uviđa se da je potreban pristup koji uključuje inženjersko razmišljanje, obrazovanje, edukaciju i prinudu, kako bi brzina kretanja vozila bila optimalna, saobraćaj bio bezbedan a da mu se pritom ne smanji efikasnost i ne ugrozi nivo usluge.

Koordinisani rad svetlosnih signala niza od osam raskrsnica duž ulica Prvomajske i Stevana Šupljikca u Pančevu, koje predstavljaju jednu od hijerarhijski najznačajnijih saobraćajnica, koje su takođe deo državnog puta I B reda broj 10, a isto tako i međunarodnog puta E 70, uspostavljen je sa ciljem da se minimizira vreme putovanja i maksimizira kapacitet saobraćajnice, a i sto tako i kao mera upravljanja brzinama. Na posmatranom potezu postoje fiksne vremenske relacije u smislu početka pojedinih svetlosnih pojmova. Zeleni signalni pojam na raskrsnicama u smeru koordinacije se pojavljuje u unapred definisanom vremenu, koje zavisi od kretanja vozila projektovanom brzinom koja u ovom slučaju iznosi 50 km/h.

Jedna od raskrsnica na posmatranom potezu (R6) zbog velike razlike u broju vozila i smanjenja gubitaka u saobraćajnim tokovima opremljena je detektorima prisutnosti vozila i radi na principu dobijanja slobodnog prolaza, odnosno zelenog svetla sa sporednog prilaza samo u slučaju postojanja vozila. U slučaju nepostojanja detektorske najave, slobodan prolaz, odnosno zeleno svetlo je sve vreme na koordinisanom potezu pri čemu se, uz geometriju poteza vozači odlučuju na povećanje brzine i ugrožavanja bezbednosti svih učesnika u saobraćaju.



Slika 1. Koordinisani potez svetlosnih signala i uređaj za detekciju saobraćajnih prekršaja

U neposrednoj blizini raskrsnice postavljen je sistem video nadzora za automatsko prepoznavanje registarskih tablica i detekciju saobraćajnih prekršaja kao preventivno, a isto tako i represivno sredstvo u smanjenju brzine kao jednog od prepoznatljivih činilaca u nastanku saobraćajne nezgode.

Očekivani rezultati postavljanja ovakvih inovativnih sistema u delovanju sa postojećim načinima upravljanja brzinama su pre svega jedno sveukupno poštovanje i prihvatanje optimalnih brzina vozila na putu radi uvećavanja pozitivnih i smanjivanja negativnih efekata saobraćaja u funkciji bezbednog i efikasnog odvijanja saobraćaja i održivog razvoja.

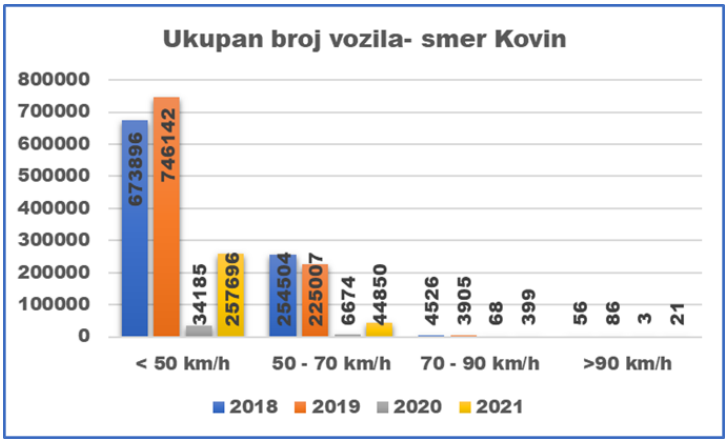
3. METODE

Upravljanje brzinama u saobraćaju predstavlja veoma složen proces, a važna faza ovog procesa jeste snimanje, odnosno merenje indikatora koji se odnose na brzinu na određenoj lokaciji, a sve u cilju balansiranja bezbednosti i efikasnosti brzina vozila na putnoj mreži.

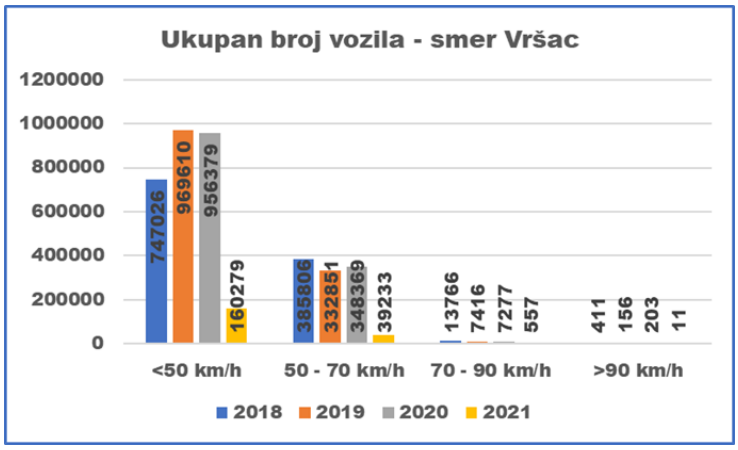
Postavljeni sistem video nadzora iskorišćen je za snimanje ukupnog broja vozila, kao i brzina kojima se kreću. Ovo ispitivanje je vršeno u periodu od četiri godine, od 2018 do 2021 godine, uzimajući u obzir oba smera kretanja vozila, koji su obeleženi prema odredištu koji se ostvaruju na najbližim raskrsnicama (smer Kovin i smer Vršac), a same brzine kretanja vozila podeljene su u četiri vrednostne kategorije, do 50 km/h, znači, vozila koja se kreću propisanom brzinom koja je projektovana kroz uspostavljanje koordinisanog rada svetlosnih signala, kategorija od 50-70 km/h, zatim od 70-90 km/h, kao i brzine kretanja vozila preko 90 km/h.

4. UKUPAN BROJ VOZILA I PROCENTUALNO UČEŠĆE PREMA VREDNOSTIMA BRZINA

Ukupan broj vozila prema brzinama i godinama posmatranja dati u u dijagramima 1 i 2.



Dijagram 1. Ukupan broj vozila prema brzinama i godinama posmatranja-smer Kovin

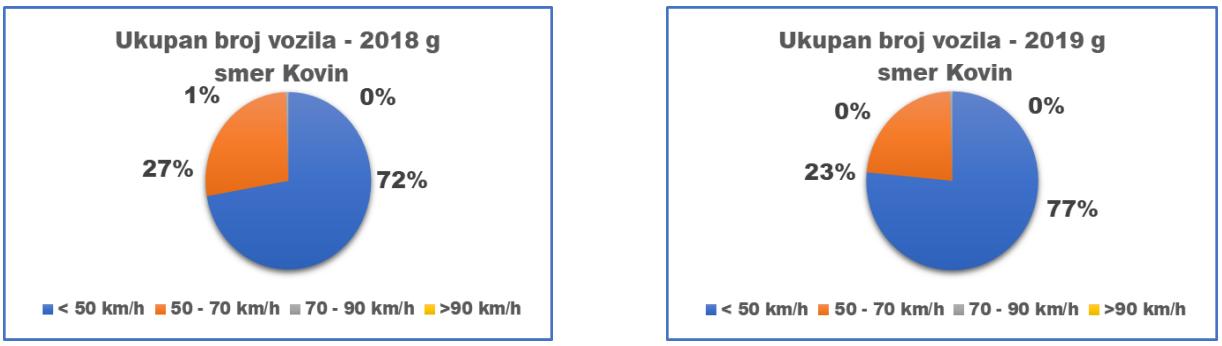


Dijagram 2. Ukupan broj vozila prema brzinama i godinama posmatranja-smerVršac

4.1. Procentualno učešće broja vozila prema vrednostima brzina

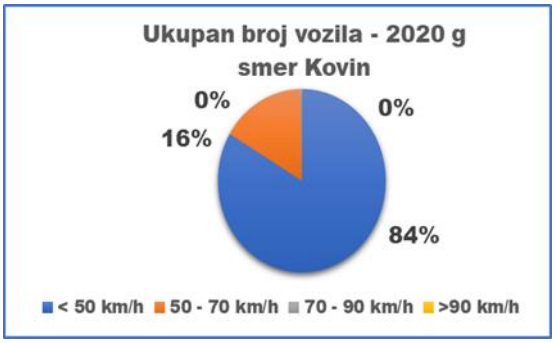
Ukupnom analizom broja vozila prikazano je i procentualno učešće ukupnog broja vozila u pojedinim vrednosnim kategorijama brzine kojom su se kretala vozila.

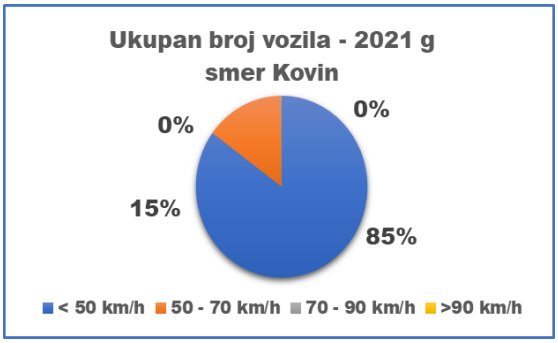
Indikativno je da se najveći broj vozila kreće propisanom brzinom, zakonski ograničenom, a isto tako i brzinom koja je projektovana kroz uspostavljanje koordinisanog rada svetlosnih signala.



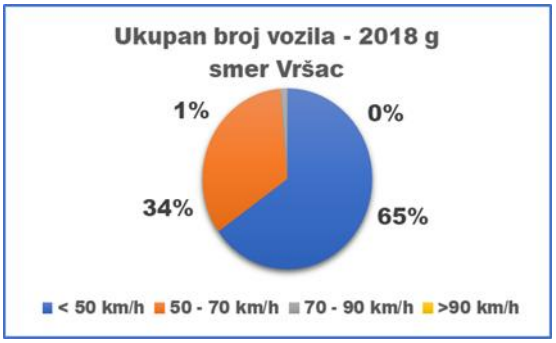
Dijagram 3. Procentualno učeće vozila prema brzinama u godinama 2018. i 2019.-smer Kovin

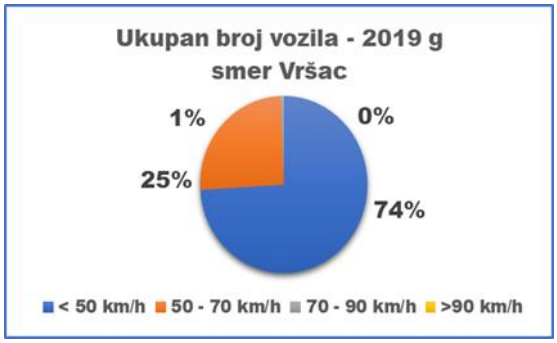
Posmatrajući rezultate kretanja vozila u smeru Kovina, primećuje se porast broja vozila koja se kreću propisanom brzinom, kroz vremenski period od četiri godine. Početne godine posmatranja 2018. godine taj procenat je iznosio 72%, 2019 godine 77%, 2020. godine 84%, dok je taj procenat u 2021. godini dostigao 85%.



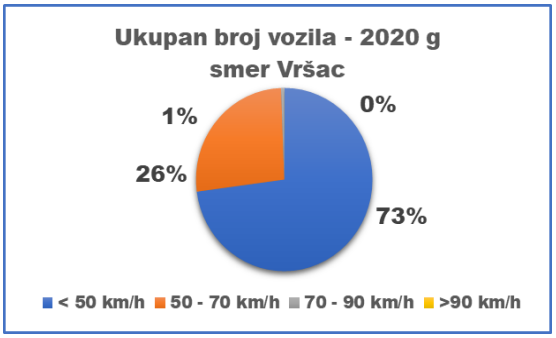


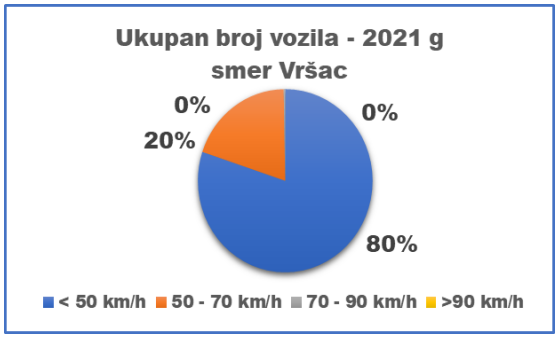
Dijagram 4. Procentualno učeće vozila prema brzinama u godinama 2020. i 2021.-smer Kovin





Dijagram 5. Procentualno učeće vozila prema brzinama u godinama 2018. i 2019.-smer Vršac





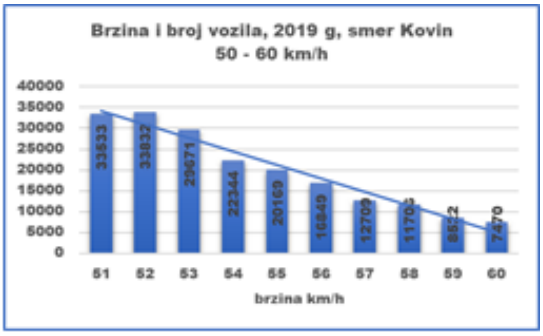
Dijagram 6. Procentualno učeće vozila prema brzinama u godinama 2020. i 2021.-smer Vršac

Analogijom posmatranja kretanja vozila u smeru Kovina, u kretanju vozila u smeru Vršca, takođe se primećuje porast broja vozila koja se kreću dozvoljenom brzinom. 2018. godine taj procenat je iznosio 65%, 2019. godine 74%, 2020. godine 73%, dok je taj procenat u 2021. godini iznoso 80%.

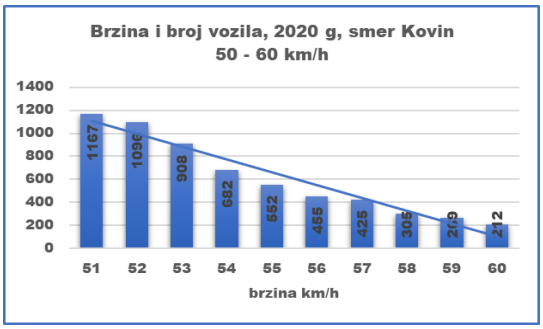
Određeni procenat vozila kako je prikazano na dijagramima kreće se brzinom većom od dozvoljene, limitirane i na ovu grupu vozača treba delovati preventivno, kroz obrazovanje i edukaciju, ali i represivno radi korekcije brzine koja je idetifikovana kao ključni faktor rizika nastanka saobraćajnih nezgoda.

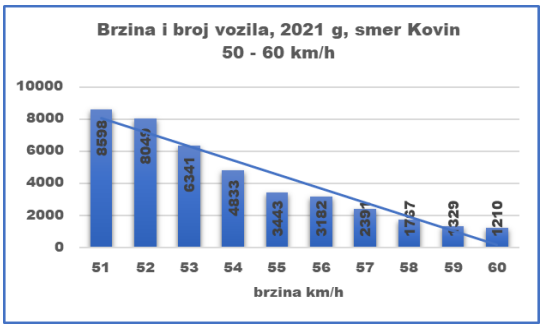
5. MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA MERA I DODATNOG UTICAJA NA SMANJENJE BRZINE

Na dijagramima broj 7-10 prikazan je broj vozila koja su se kretala brzinama od 50-60 km/h u koracima od 1 km/h za oba smera kretanja kao i za četiri godine posmatranja. Ovo je grupa vozača na koju je potrebno delovati preventivno, kroz edukaciju i apostrofiranje da minimalno smanjenje brzine sa sobom nosi značajno smanjenje mogućnosti nastanka saobraćajne nezgode, kao i smanjenje posledica nastalih u saobraćajnim nezgodama.

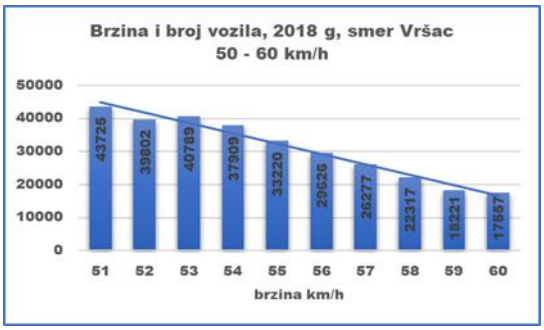


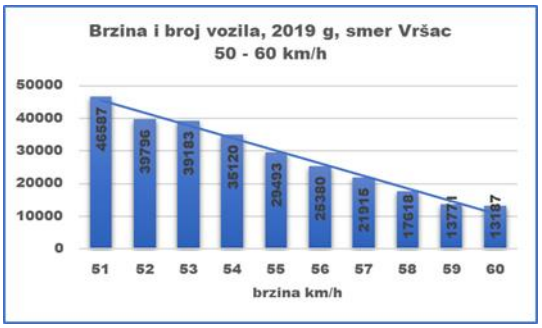
Dijagram 7: Broj vozila, brzine kretanja od 50-60 km/h u godinama 2018. i 2019.-smer Kovin





Dijagram 8. Broj vozila, brzine kretanja od 50-60 km/h u godinama 2020. i 2021.-smer Kovin





Dijagram 9. Broj vozila, brzine kretanja od 50-60 km/h u godinama 2018. i 2019.-smer Vršac

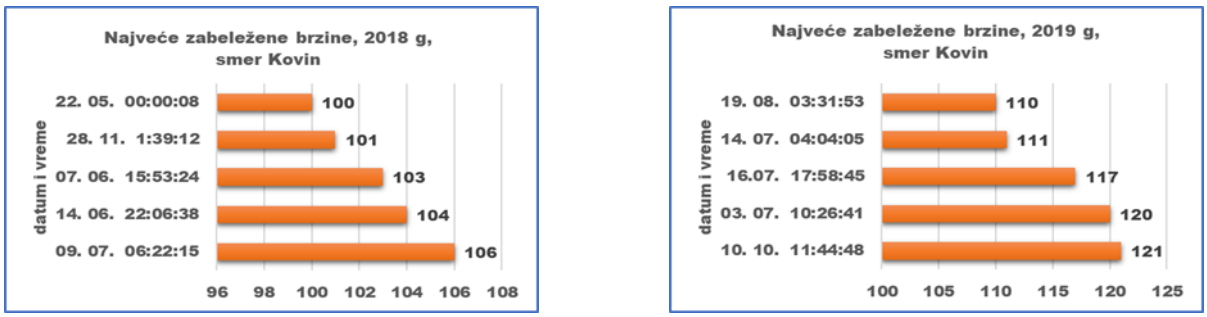
Dijagram 10. Broj vozila, brzine kretanja od 50-60 km/h u godinama 2020. i 2021.-smer Vršac

Neophodno je konstantno napominjanje da se broj saobraćajnih nezgoda povećava za 10% (lakše nezgode) do 25% (nezgode sa poginulim), kada prosečna brzina poraste za 5 km/h. Ovo povećanje je 25-50% , ako brzina poraste za 10 km/h. U suprotnom, ako se prosečna brzina na putu smanjuje, smanjuje se i broj nezgoda. Smanjenje prosečne brzine kretanja za 1% dovodi do smanjenja broja saobraćajnih nezgoda sa lakšim povredama za 2%, smanjenja saobraćajnih nezgoda sa težim povredama za 3%, te smanjenja saobraćajnih nezgoda sa poginulim za 4%.

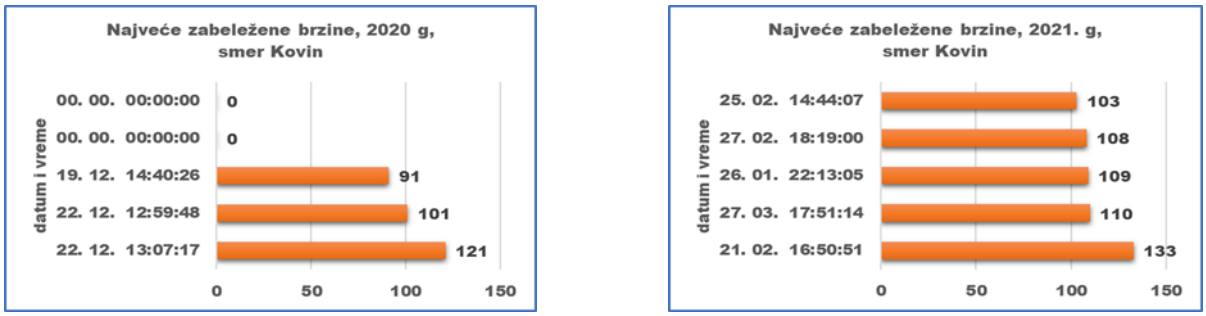
6. NAJVEĆE ZABELEŽENE BRZINE

Radi ilustracije raspona bzina koje su zabeležene i neodgovornosti pojedinih vozača koji postižu te brzine, prikazane su najveće brzine koje su postignute na datom potezu u vreme posmatranja.

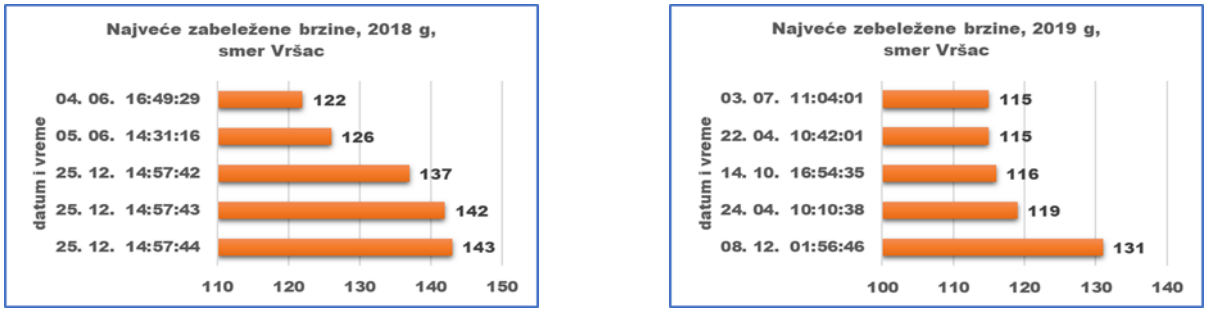
Sa povećanjem brzine kretanja vozila, povećava se kinetička energija, smanjuje vreme za uočavanje pojava i mogućnost pravovremenog reagovanja, povećava zaustavni put vozila, odluke se moraju donositi brže i češće, ubrzava se ritam pokreta i preduzimanja radnji, pojačava se dejstvo nepovoljnih elemenata puta na vozilo. Zbog svega ovoga i masovnosti vozača koji se kreću nepropisnom brzinom, napori za utvrđivanje i eleminisanje uzroka zbog kojih ova greška nastaje spadaju među najracionalnije aktivnosti u okviru bezbednosti saobraćaja.



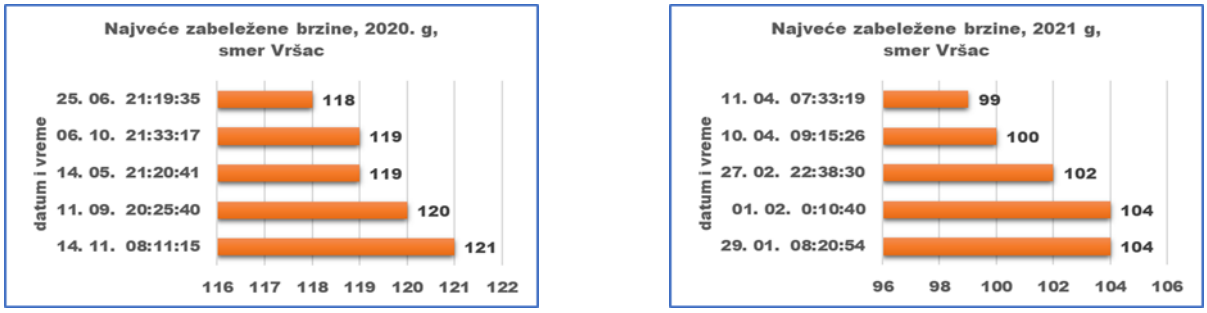
Dijagram 11. Najveće zabeležene brzine u godinama 2018. i 2019.-smer Kovin



Dijagram 12. Najveće zabeležene brzine u godinama 2020. i 2021.-smer Kovin



Dijagram 13. Najveće zabeležene brzine u godinama 2018. i 2019.-smer Vršac



Dijagram 14. Najveće zabeležene brzine u godinama 2020. i 2021.-smer Vršac

7. DISKUSIJA I ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom primeru integracije pojedinih načina i aktivnosti koji su preduzeti radi smanjenja brzine u bezbednije, propisane okvire radi smanjenja grešaka koje mogu da dovedu do nastanka saobraćajne nezgode, možemo da zaključimo da su određene mere dale rezultat, da napredak postoji i da se ukupne vrednosti tokom vremena poboljšavaju.

Posmatrajući period od četiri godine, iz godine u godinu, u oba pravca kretanja vozila, primećuje se konstantan pad broja vozila koja se kreću nepropisnom brzinom. Ukupan pad u posmatranom periodu iznosi 13 % za smer Kovin i 15 % za smer Vršac.

Daljom analizom rezultata i prikaza vrednosti brzina u rasponu od 50-60 km/h pokazalo se da postoji prostor da se rezultati unaprede. Preventivnim delovanjem, prvenstveno obukom i edukacijom, na ovu grupu vozača i smanjenje ukupnog broja dobili bi se još značajniji rezultati.

Svođenjem brzine kretanja u bezbednije okvire ne bi se samo smanjio broj grešaka (i nezgoda) u vezi sa brzinom, nego bi to uticalo i na povoljniju strukturu radnji koje se u saobraćaju preduzimaju, jer bi se smanjio broj preticanja i drugih opasnih radnji. Naime, sa povećanjem broja vozila koja se kreću nepropisnom brzinom saobraćajni tok postaje nemirniji, povećava se broj i heterogenost radnji na putu, a što je veći broj ovih radnji na putu veći su i izgledi da će neko pogrešiti i izazvati nezgodu. Na taj način nepropisna brzina utiče u određenoj meri i na broj radnji pa i grešaka koje u izvođenju tih radnji nastaju (nepropisno preticanje, neustupanje prvenstva prolaza, nepropisno skretanje, prestrojavanje, itd.).

Borba protiv uzroka saobraćajnih nezgoda čiji se koreni nalaze u društvenim, tehničkim i prirodnim faktorima mora se voditi isključivo na preventivnom planu. Borba protiv onih uzroka ovih nezgoda čija se geneza nalazi u subjektivnom faktoru, čoveku takođe se mora prevashodno voditi na preventivnom planu, putem dopunskog obrazovanja i edukacije. Efikasan sistem dopunskog saobraćajnog obrazovanja, vaspitanja i edukacije mora sadržati određene mere i aktivnosti koje su okrenute prema svim učesnicima u saobraćaju. Svakako, sa mnogo širom lepezom mera i aktivnosti mora biti usmeren prema onima koji unose veću opasnost u saobraćaj.

Međutim, tamo gde preventivne mere nisu dovoljne da spreče ljudske greške zbog kojih nastaju saobraćajne nezgode borba se mora voditi i na planu represije. Sankcija samom svojom egzistencijom kao pretnja može uticati na jačanje discipline u saobraćaju. Sankcija i pravna prinuda su značajan faktor menjanja ponašanja, odnosno odvraćanja od nepropisnog ponašanja.

8. LITERATURA

Đorđević T., (1997) „Regulisanje saobraćajnih tokova svetlosnom signalizacijom“, Saobraćajni fakultet, Beograd

Inić M., (1997) „Bezbednost drumskog saobraćaja“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Lipovac K., (2008) Bezbednost saobraćaja, JP Službeni list SRJ, Beograd

Subotić J., Jovičić O., Simić M., Mitrović Đ. (2014) „Upravljanje brzinama na putevima“, Stručni rad, Saobraćajni fakultet, Beograd

Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima („Sl. Glasnik RS“, br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013-odluka US, 55/2014, 96/2015-dr. zakon, 9/2016-odluka US, 24/2018, 41/2018, 41/2018-dr. zakon, 87/2018, 23/2019 i 128/2020-dr. zakon)

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

SEIZURE OF VEHICLES AS A PROTECTIVE MEASURE AGAINST MULTIPLE TRAFFIC OFFENDERS

ODUZIMANJE VOZILA KAO ZAŠTITNA MJERA PREMA VIŠESTRUKIM POVRATNICIMA U ČINJENJU SAOBRAĆAJNIH PREKRŠAJA

Goran Bošnjak[a], Milan Salamadija[b]

[a] *Bosnia and Herzegovina, goranbosnjak97@gmail.com*

[b] *Ministry of Internal Affairs of the Republic of Srpska, Desanka Maksimović Boulevard 4, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, milan.salamadija@mup.vladars.net*

Abstract: *Improving the state of traffic safety should be a priority for all subjects dealing with this issue. In traffic safety, we have preventive and repressive measures that are used to reduce the negative consequences of traffic. Part of the traffic participants who, by committing traffic offences, pose a risk to all other conscientious traffic participants, are repeat repeat offenders. Then, when measures such as fines, protective measures prohibiting driving a motor vehicle and penalty points do not give results against multiple returnees committing the most serious offenses, the confiscation of the vehicle is resorted to. This paper will discuss the confiscation of vehicles as a protective measure, i.e. the legal basis and results in practice so far. The authorized internal affairs body of the Republic of Srpska, as well as the courts, carry out procedures related to confiscation of vehicles as objects of traffic violations, all with the aim of acting on multiple returnees, i.e. improving the state of traffic safety and achieving special and general prevention.*

Key words: *traffic safety, protective measures, recidivists*

Apstrakt: *Poboljšanje stanja bezbjednosti saobraćaja bi trebao biti prioritet svim subjektima koji se bave ovom problematikom. U bezbjednosti saobraćaja imamo preventivne i represivne mjere kojima se djeluje u cilju smanjenja negativnih posljedica saobraćaja. Dio učesnika u saobraćaju koji činjenjem delikata u saobraćaju predstavljaju rizik za sve ostale savjesne učesnike u saobraćaju, jesu višestruki povratnici u činjenju prekršaja. Onda kada mjere kao što su novčane kazne, zaštitne mjere zabrane upravljanja motornim vozilom i kazneni bodovi ne daju rezultate prema višestrukim povratnicima u činjenju najtežih prekrašaja, pribjegava se oduzimanju vozila. Ovim radom biće riječi o oduzimanju vozila kao zaštitnoj mjeri, odnosno pravnoj osnovi i rezultatima u dosadašnjoj praksi. Ovlašteni organ unutrašnjih poslova Republike Srpske, kao i sudovi sprovode procedure koje se tiču oduzimanja vozila kao predmeta činjenja saobraćajnih prekršaja, a sve sa ciljem djelovanja prema višestrukim povratnicima, odnosno poboljšanja stanja bezbjednosti saobraćaja i ostvarivanja specijalne i generalne prevencije.*

Ključne riječi: *bezbjednost saobraćaja, zaštitne mjere, povratnici*

1. UVOD

Kako sa ubrzanim razvojem saobraćaja dolazi do pojava njegovih negativnih posljedica, na institucijama koje se bave ovom problematikom postavlja se veliki problem, a i pitanje kako pravovremeno djelovati na suzbijanju istih. Iako se negativnim posljedicama saobraćaja najčešće smatraju saobraćajne nezgode i zagađenje okoline, pored toga imamo pojavu prekršajnih i mahom krivičnih djela. Kada je riječ o saobraćajnim nezodama, kao najčešćim posljedicama odvijanja saobraćaja, koje ujedno i ostavljaju najveću štetu kako po ljudske živote, tako i po ekonomiju države, neophodno je djelovanje različitim pristupima na njihovo spriječavanje i smanjivanje posljedica. Na putevima u Republici Srpskoj u periodu januar – decembar 2022. godine dogodilo se 9.896 saobraćajnih nezgoda u kojima je poginulo 100 lica, teže povrijeđeno 551 lice, dok su lakše povrijeđena 2.743

lica (MUP, 2022.). Republika Srpska je, zajedno sa ostalim zemljama članicama Ujedinjenih nacija, prihvatila niz rezolucija Skupštine UN o bezbjednosti saobraćaja, među kojima je posebno aktuelna Rezolucija A/RES/64/255, od 10. maja 2010. godine. Ova rezolucija utvrđuje dokument UN – Decenija akcije za bezbjednost saobraćaja na putevima 2011- 2020. godine. Takođe, Narodna skupština Republike Srpske usvojila je 30. maja 2013. godine Strategiju bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske za period 2013- 2022. godina. Strategijom je definisano smanjivanje broja poginulih lica na putevima u Republici Srpskoj za 50% do 2022. godine u odnosu na broj poginulih u 2011. godini, te smanjiti ukupne društveno-ekonomske troškove saobraćajnih nezgoda, u periodu od deset godina, za oko 582 miliona KM su konačni ciljevi koji su predviđeni da se realizuju pokretanjem i jačanjem postojećih resursa i izgradnjom novih kapaciteta koji će, uz snažnu političku podršku i vođstvo, koristeći sistemski pristup zasnovan na pet stubova bezbjednosti saobraćaja.

Budući da je poznato da ljudski faktor doprinosi 90% pa čak i više nastanku svih saobraćajnih nezgoda, može se zaključiti da bi djelovanje prema tom faktoru bilo primjereno za poboljšanje bezbjednosti saobraćaja. Pored toga što je faktor čovjek presudan faktor u saobraćaju, on učestvuje i u projektovanju, izgradnji i održavanju puteva i vozila, kao i u drugim aktivnostima koje direktno ili indirektno utiču na bezbjednost saobraćaja. Djelovanje na faktor čovjek nije "strano", budući da se pravnim normativima uređuju pitanja koja se tiču nepoštovanja saobraćajnih propisa. Problem koji se odnosi na činjenje saobraćajnih prekršaja i djelovanje prema počiniocima istih se sve više ističe zbog pojave negativnih posljedica saobraćaja, odnosno saobraćajnih nezgoda. Sankcije za prekršioce zakona u saobraćaju postoje iz nekoliko razloga. Prvenstveno, one su usmjerene ka očuvanju bezbjednosti u saobraćaju. Prekoračenje brzine, vožnja pod uticajem alkohola ili droga, nepoštovanje saobraćajnih znakova, nebezbjedno preticanje i slični prekršaji predstavljaju rizik za sve učesnike u saobraćaju. Sankcije se primjenjuju kako bi se smanjio rizik od prekršaja i povećala opšta bezbjednost na putevima. Pored toga, sankcije imaju preventivnu svrhu. Kažnjavanje prekršioaca zakona u saobraćaju trebalo bi da djeluje kao odvraćajući faktor i spriječi druge vozače da čine iste ili slične prekršaje. Strah od sankcija može motivisati vozače da poštuju saobraćajna pravila i propise. Takođe, sankcije se primjenjuju kako bi se poslala snažna poruka prekršiocima i široj javnosti da se prekršaji zakona u saobraćaju ne tolerišu i da će biti ozbiljno sankcionisani. Ovo može doprinjeti promjeni ponašanja učesnika u saobraćaju i podstaći poštovanje saobraćajnih pravila. Sankcije za prekršioce zakona u saobraćaju takođe služe kao sredstvo za ostvarivanje pravde. Zakoni u saobraćaju su tu da obezbjede jednakost i pravdu među svim učesnicima u saobraćaju. Sankcionisanje onih koji krše te zakone pomaže održavanju vladavine zakona i šalje poruku da niko nije iznad zakona. Finansijski aspekt takođe igra ulogu. Sankcije za prekršioce zakona u saobraćaju često uključuju novčane kazne. Ove kazne mogu biti izvor prihoda za državu i finansijski doprinjeti održavanju i unapređenju infrastrukture i bezbjednosti u saobraćaju. Takođe, visoke novčane kazne mogu imati i efekat odvraćanja jer vozači postaju svjesni da će biti finansijski kažnjeni.

Policijski službenici primjenjuju određene sankcije na prekršioce zakona, a tiču se bezbjednosti saobraćaja. Može se reći da uobičajene sankcije kao što su novčane kazne, kazneni bodovi i mjere zabrane upravljanja vozilom na većinu vozača djeluju u cilju ne činjenja ponovnog prekršaja. Međutim problem se javlja sa povratnicima u činjenu prekršaja. Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srpske (u daljem tekstu MUP RS) organizuje predavanja za vozače kojima je u roku od jedne godine zbog učinjenih prekršaja određeno najmanje sedam ili 10 kaznenih bodova. Predavanje se odnosi na posljedice koje proizilaze iz nepoštovanja ili nepoznavanja propisa o bezbjednosti saobraćaja na putevima, a obuhvata sledeće tematske cjeline: uslovi, razlozi i posljedice zbog kojih je došlo do oduzimanja vozačke dozvole; poznavanje propisa o bezbjednosti saobraćaja na putevima; značaj i način bezbjednog ponašanja u saobraćaju na putevima radi izbjegavanja situacija koje dovode do saobraćajnih nezgoda i posljedice saobraćajnih nezgoda. Prema podacima u periodu od 2018. do 2022. godine na području Policijske uprave Banja Luka predavanja su odslušala 943 vozača, Bijeljini 328 vozača, Istočnom Sarajevu 201 vozač, Doboju 243 vozača, Prijedoru 208 vozača i u Policijskoj upravi Trebinje 106 vozača. Na osnovu prethodno navedenog, vozači koji su pozvani na predavanja jesu povratnici u činjenju prekršaja.

Kada normativima propisane sankcije, koje se izriču u saobraćaju, ne daju očekivane rezultate, pribjegava se najefikasnijoj, ali u isto vrijeme i najrepresivnijoj mjeri, koja je u Republici Srpskoj aktuelizovana u poslednjem periodu, odnosno mjeri oduzimanja motornog vozila kao predmeta izvršenja prekršaja. Oduzimanje motornih vozila sprovode ovlaštena službena lica, odnosno policijski službenici u okviru djelokruga svog rada prema višestukim povratnicima u činjenju najtežih prekršaja iz oblasti bezbjednost saobraćaja.

2. ZAKONSKI OKVIR ODUZIMANJA VOZILA

Oduzimanje predmeta kao sredstva izvršenja prekršaja pored Zakona o policiji i unutrašnjim poslovima propisano je i Zakonom o prekršajima Republike Srpske i to članom 59. stav 1., tačka 1. i članom 61. Pored navedenog Zakona o prekršajima Republike Srpske, čije se odredbe primjenjuju prilikom oduzimaja vozila, u procesnom dijelu se primjenjuje Zakon o krivičnom postupku Republike Srpske i to član 130. i 130a. navedenog zakona. Takođe, kod postupanja policijskih službenika primjenjuje se i Zakon o policiji i unutrašnjim poslovima, član 29. Članom iz navedenog zakona je definisano da policijski službenici, između ostalih, osim ovlašćenja propisanih zakonima o krivičnom postupku Republike Srpske i Bosne i Hercegovine i drugim zakonima, radi sprečavanja krivičnih djela, prekršaja, održavanja javnog reda i mira, kontrole bezbjednosti saobraćaja, obezbjeđenja javnih skupova, obezbjeđenja lica i imovine, imaju i ovlaštenje da privremeno oduzimaju predmete. Prednacrtom dopuna Zakona o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini predviđeno je i privremeno oduzimanje vozila. Naime, da bi se aktuelizovala ova sankcija i dao podstrek policijskim službenicima u „borbi“ sa višestrukim povratnicima u činjenju prekršaja, predviđeno je da ovlašćeno lice na licu mjesta privremeno oduzme vozilo od vozača koji je zatečen u činjenju težeg prekršaja, kojim se ugrožava bezbjednost ostalih učesnika u saobraćaju. Pored toga, uvidom u službenu evidenciju ovlašteno lice vrši provjeru da li se radi o višestrukom povratniku u činjenju prekršaja iz oblasti bezbjednosti saobraćaja. Višestrukim povratnikom smatra se vozač koji u prethodne dvije godine najmanje dva puta: upravlja vozilom u saobraćaju na putu pod uticajem alkohola u krvi i/ili organizmu preko 1,5 g/kg; upravlja vozilom u saobraćaju na putu pod dejstvom opojnih droga ili lijekova na kojima je označeno da ne smiju da se upotrebljavaju prije i za vrijeme vožnje; odbija da se obavi ispitivanje pomoću odgovarajućih sredstava i aparata ili stručni pregled radi provjeravanja da li ima alkohola u organizmu ili da li pokazuje znake poremećenosti izazvane dejstvom alkohola, odnosno da li se nalazi pod dejstvom opojnih droga ili lijekova na kojima je označeno da ne smiju da se upotrebljavaju prije i za vrijeme vožnje; upravlja vozilom brzinom koja je za 30 km/h veća od dozvoljenje; upravlja vozilom u saobraćaju na putu ptije sticanja prava na upravljanje; upravlja vozilom u saobraćaju na putu za vrijeme trajanja zaštitne mjere zabrane upravljanja motornim vozilom, odnosno za vrijeme za koje mu je vozačka dozvola odlukom nadležnog organa oduzeta ili zadržana; upralja u saobraćaju na putu neregistrovanim vozilom, vozilom čija je potvrda o registraciji istekla za više od 30 dana ili vozilom na kojem se nalaze registarske tablice koje nisu izdate za to vozilo; upravlja vozilom u saobraćaju na putu za koje je na vanrednom tehničkom pregledu utvrđena neispravnost za koju je propisano isključivanje iz saobraćaja; odbija da se vozilo podvrgne vanrednom tehničkom pregledu. Takođe, predviđeno je i da se oduzeto vozilo čuva na prostoru koji odredi organ nadležan za unutrašnje poslove čije ovlašteno lice je izvršilo privremeno oduzimanje vozila sve do donošenja pravosnažne odluke suda u prekršajnom postupku. Napomena je da policijski službenici imaju mogućnost privremenog oduzimanja vozila, dok za razliku od toga sudovi mogu trajno da oduzimaju vozila.

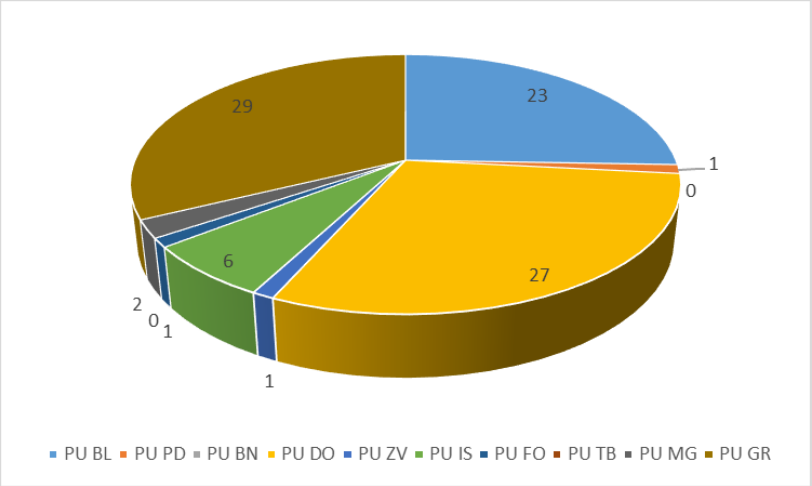
3. STATISTIČKI PREGLED PRIVREMENO I TRAJNO ODUZETIH VOZILA

Narednim djelom rada dat je statistički pregled privremeno oduzetih vozila od strane policijskih službenika, a i trajno oduzetih vozila od strane sudova. Period koji je obuhvaćen jeste od 2020. godine, zaključno sa aprilom 2023. godine.

Tabela 1. Privremeno i trajno oduzeta vozila u 2020. godini

Policijske uprave-2020.	**PU BL**	**PU PD**	**PU BN**	**PU DO**	**PU ZV**	**PU IS**	**PU FO**	**PU TB**	**PU MG**	**PU GR**	**∑**
Privremeno oduzeta vozila	23	1	0	27	1	6	1	0	2	29	90
Trajno oduzeta vozila	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4

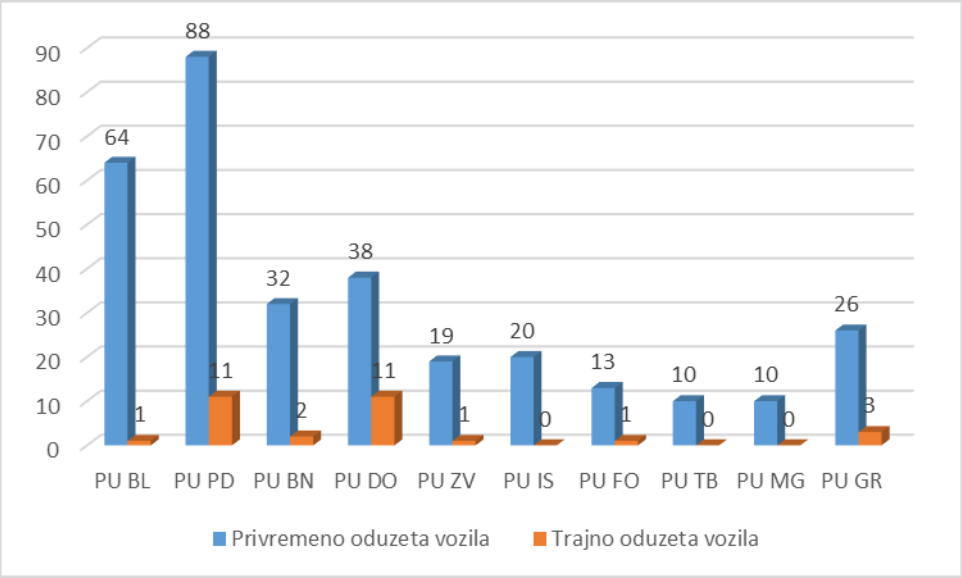
Iz tabele 1. vidljivo je da su aktivnosti privremenog oduzimanja vozila, uz primjenu člana 59. stav 1., tačka 1. i člana 61. Zakona o prekršajima Republike Srpske, provodile i 2020. godine. Takođe, sa dijagrama 1. se može vidjeti da je najviše vozila u tom period bilo privremeno oduzeto na području Policijske uprave Banja Luka. Za razliku od privremeno oduzetih vozila, samo su 4 trajno oduzeta i to na području Policijske uprave Doboj.



Dijagram 1. Privremeno oduzeta vozila u 2020. godini

Tabela 2. Privremeno i trajno oduzeta vozila u 2021. godini

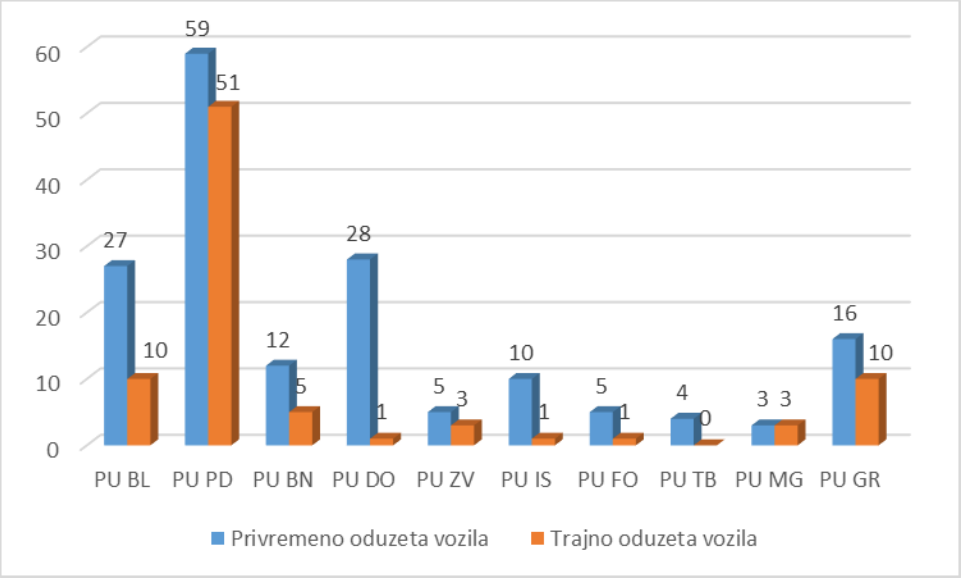
Policijske uprave-2021.	PU BL	PU PD	PU BN	PU DO	PU ZV	PU IS	PU FO	PU TB	PU MG	PU GR	∑
Privremeno oduzeta vozila	64	88	32	38	19	20	13	10	10	26	**320**
Trajno oduzeta vozila	1	11	2	11	1	0	1	0	0	3	**30**



Dijagram 2. Privremeno i trajno oduzeta vozila u 2021. godini

Tabela 3. Privremeno i trajno oduzeta vozila u 2022. godini

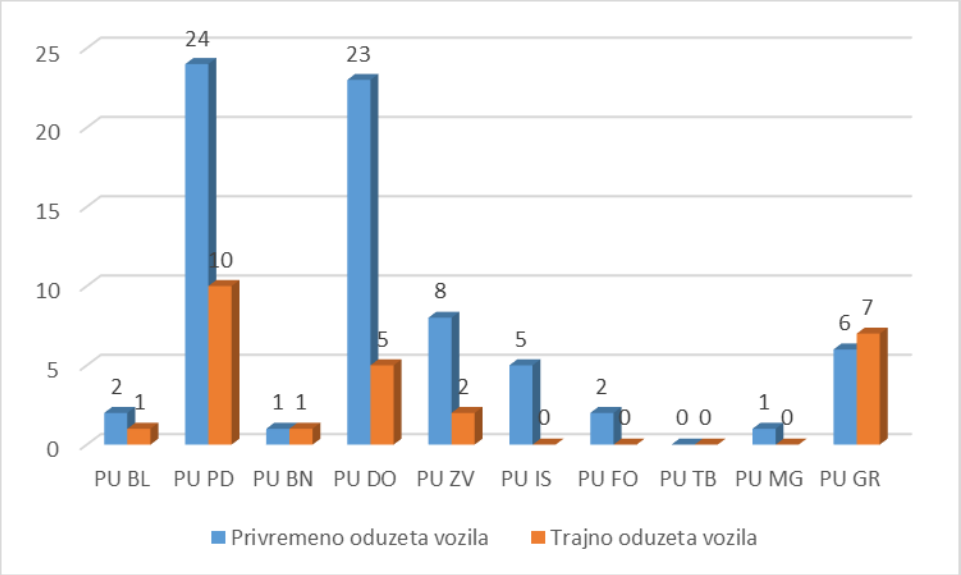
Policijske uprave-2022.	PU BL	PU PD	PU BN	PU DO	PU ZV	PU IS	PU FO	PU TB	PU MG	PU GR	∑
Privremeno oduzeta vozila	27	59	12	28	5	10	5	4	3	16	**169**
Trajno oduzeta vozila	10	51	5	1	3	1	1	0	3	10	**85**



Dijagram 3. Privremeno i trajno oduzeta vozila u 2022. godini

Tabela 4. Privremeno i trajno oduzeta vozila u prvom kavrtalu 2023. godine

Policijske uprave-IV/2023.	PU BL	PU PD	PU BN	PU DO	PU ZV	PU IS	PU FO	PU TB	PU MG	PU GR	∑
Privremeno oduzeta vozila	2	24	1	23	8	5	2	0	1	6	**72**
Trajno oduzeta vozila	1	10	1	5	2	0	0	0	0	7	**26**



Dijagram 4. Privremeno i trajno oduzeta vozila u prvom kvartalu 2023. godine

Iz prethodno navedenih statističkih podataka može se vidjeti da su se aktivnosti privremenog oduzimanja vozila od strane Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srpske intenzivirale u 2021. godini. Za razliku od toga broj trajno oduzetih vozila od strane sudova je na veoma niskom nivou. Sa aktivnosti privremenog oduzimanja vozila nastavljeno je u 2022., kao i 2023. godini, a može se konstatovati i da su sudovi napravili određeni pomak po pitanju trajnog oduzimanja vozila. Ono što se može primjetiti u periodu za koji su prikazani statistički podaci jeste to da trajno oduzimanje vozila ne prati ni približno privremeno oduzimanje vozila u skoro svim policijskim upravama. S obzirom da sudovi ne prate trend privremenog oduzimanja vozila od strane službenika Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srpske, u narednom dijelu biće obrađeni predmeti s posebnim osvrtom na

obrazloženja sudova u slučajevima kada nisu trajno oduzeli vozila. Sve institucije koje svojim adekvatnim postupanjem mogu doprinijeti povećanju bezbjednosti u saobraćaju, što i jeste cilj ove mjere, trebale bi jednoobrazno da istu u skladu za pravnim normativima sprovode. Svakako da se ovdje prije svega misli na sudove, jer se u najvećem broju privremeno oduzetih vozila to nije slučaj.

4. PRIMJERI IZ PRAKSE PO POLICIJSKIM UPRAVAMA

POLICIJSKA UPRAVA BANJA LUKA

Prilikom kontrole utvrđeno je da prekršilac upravlja vozilom prije sticanja prava, da vozilo nije njegovo vlasništvo, te da u registru novčanih kazni ima dug preko 10000 KM. Takođe, prema izjavi vlasnika vozila, vlasnik ne upravlja vozilom. S tim u vezi ovlašteni organ je izveo zaključak da je stvarni vlasnik vozila okrivljeni te da je registrovano vozilo na drugo lice jer okrivljeni nije mogao da ga registruje na svoje ime zbog duga u registru. Sam okrivljeni je dao iskaz da je i ranije upravljao vozilima koja nisu u njegovom vlasništvu. Uprkos svim nespornim činjenicama, sud je donio rješenje o vraćanju vozila vlasniku. Iako je sud djelio mišljenje sa ovlaštenim organom, da sama novčana kazna nije dovoljna da bi se uticalo na okrivljenog, ipak smatra da ne postoje okolnosti koje bi opravdale izricanje zaštitne mjere oduzimanja predmeta, odnosno da oduzimanje predmetnog vozila neće spriječiti okrivljenog u daljem činjenju prekršaja.

POLICIJSKA UPRAVA BIJELJINA

Okrivljeni je upravljao vozilom prije sticanja prava te vozilo nije bilo registrovano za učestvovanje u javnom saobraćaju. Takođe, uvidom u registar novčanih kazni, okrivljeni je imao evidentiran dug od oko 20000 KM. Pored toga, okrivljeni nije vlasnik vozila. Sud je naredio vraćanje privremeno oduzetog vozila vlasniku, uz obrazloženje da izvršenim prekršajima od strane okrivljenog nisu prouzrokovane bilo kakve štetne posljedice po druga lica, te da nije dokazano da je okrivljeni počinio prethodne prekršaje predmetnim vozilom čiji nije vlasnik.

POLICIJSKA UPRAVA DOBOJ

Od strane ovlaštenog lica utvrđeno je da okrivljeni upravlja vozilom bez registarskih oznaka te da vozilo nije ni registrovano. Takođe, okrivljeni je upravljao vozilom prije sticanja prava na upravljanje motornim vozilom. Privremeno je oduzeto motorno vozilo, a sud je rješenjem odlučio da ga vrati okrivljenom uz obrazloženje da bi oduzimanje navedenog predmeta, odnosno motornog vozila, bila prestroga mjera prema okrivljenom posebno što nije sa potpunom sigurnošću utvrđeno da takva mjera nužna i opravdana i da je jedina mjera koja može uticati na okrivljenog da ubuduće čini iste prekršaje.

POLICIJSKA UPRAVA ISTOČNO SARAJEVO

Okrivljeni je kontrolom od strane policijskih službenika upravljao pod dejstvom alkohola preko 1,5 g/kg, te je upravljao vozilom kome je istekla registracija i bez registarskih oznaka, a koje nije u vlasništvu istog. Takođe, okrivljeni nije imao vozačku dozvolu da pokaže na zahtjev ovlaštenog službenog lica. Policijski službenici su izvršili privremeno oduzimanje vozila i podnesen je zahtjev za pokretanje prekršajnog postupka. Ustanovljeno je da je okrivljeni sklon vršnju težih prekršaja gdje je navedeno čak 14 istih. Sud je donio rješenje kojim se privremeno oduzeto vozilo vraća vlasniku uz obrazloženje da za to ne postoje smetnje smatrajući da to ne zahtjevaju interesi opšte bezbjednosti, čuvanje života i zdravlja ljudi, bezbjednosti robnog prometa ili razlozi javnog morala jer će vozilo biti vraćeno vlasniku a ne počiniocu prekršaja.

POLICIJSKA UPRAVA GRADIŠKA

Kontrolom od strane policijskih službenika utvrđeno je da okrivljeni upravlja neregistrovanim vozilom bez važeće vozačke dozvole. Daljom provjerom utvrđeno je da je okrivljeni višestruki povratnik u vršenju najtežih prekršaja i da ima registrovan dug u registru novčanih kazni, te mu se zbog bojazni da će nastaviti sa vršenjem prekršaja oduzeto vozilo koje nije u vlasništvu okrivljenog. Na osnovu člana 59. stav 1, tačka 1, a u vezi sa članom 61. Zakona o prekršajima Republike Srpske sud je okrivljenom izrekao zaštitnu mjeru oduzimanje predmeta, odnosno motornog vozila. Sud je prilikom izricanja navedene zaštitne mjere cijenio činjenicu da je navedeno vozilo upotrijebljeno za izvršenje navedenih prekršaja, te da je pored toga isto korišteno za prevoz migranata.

POLICIJSKA UPRAVA ZVORNIK

Okrivljeni je prilikom kontrole od strane policijskih službenika upravljao bez važeće vozačke dozvole, a provjerom je ustanovljeno da je ista privremeno oduzeta i deponovana zbog neodazivanja na predavanje o posljedicama koje proizilaze iz nepoštovanja odnosno nepoznavanja saobraćajnih propisa sa određenih sedam kaznenih bodova u roku od jedne godine. Pored toga, okrivljenom je privremeno oduzeto motorno vozilo kojim

je upravljao, a koje nije u njegovom vlasništvu. Ovlašteni organ je podnio zahtjev za pokretanje prekršajnog postupka, sa zahtjevom da se okrivljeni maksimalno kazni jer je riječ o višestrukom povratniku u činjenju najtežih prekršaja iz oblasti bezbjednosti saobraćaja i kao takav ugrožava kako svoju tako i bezbjednost ostalih učesnika u saobraćaju. Uprkos tome, sud je donio rješenje kojim se vraća motorno vozilo vlasniku vozila. Sud to obrazlaže izjavom vlasnika da nije bio upoznat sa tim da okrivljeni ima zabranu upravljanja vozilom kao ni da je upravljao u spornom vremenu istim.

POLICIJSKA UPRAVA MRKONJIĆ GRAD

Okrivljeni je upravljao vozilom čiji nije bio vlasnik u vrijeme kada mu je bila izrečena zaštitna mjera zabrana upravljanja motornim vozilom. Pored toga, upravljao je pod dejstvom opojnih droga i psihoaktivnih supstanci. Uvidom u registar novčanih kazni, okrivljeni je imao evidentiran dug od 8.416,85 KM. Sud nije usvojio prijedlog podnosioca zahtjeva za izricanje zaštitne mjere oduzimanja predmeta odnosno motornog vozila, kojim je upotrebljen od strane okrivljenog prilikom izvršenja prekršaja. Sud obrazlaže da je okrivljeni prihvatio odgovornost za prekršaje koji mu se stavljaju na teret i da tokom postupka nisu izvedeni dokazi na osnovu kojih bi se pouzdano moglo zaključiti da je okrivljeni prilikom izvršenja prekršaja svojom vožnjom mogao ugroziti druge učesnike u saobraćaju u smislu da takvom vožnjom predstavlja opasnost za život i imovinu drugih učesnika u saobraćaju, a imajući u vidu da u činjeničnom opisu prekršaja nije navedeno da su radnjama okrivljenog koje čine obilježje prekršaja nastupile posljedice po druge učesnike u saobraćaju.

POLICIJSKA UPRAVA TREBINJE

Uvidom u nekoliko rješenja suda u Trebinju, isti je odbio zahtjeve za oduzimanjem vozila od višestrukih povratnika u činjenju najtežih prekršaja. Sud smatra da ne nalazi zakonsko uporište u trajnom oduzimanju vozila, jer se vozilo kojim upravlja počinilac prekršaja ne može smatrati predmetom koji je upotrebljen za izvršenje prekršaja, jer u protivnom za svaki počinjeni prekršaj u saobraćaju (npr. prekoračenje brzine) bi se počiniocu oduzimalo vozilo.

POLICIJSKA UPRAVA FOČA

Kontrolom od strane policijskih službenika, okrivljeni u vidnom stanju da je nesposoban za bezbjedno upravljanje vozilom, prilikom upravljanja motornim vozilom čiji nije vlasnik, nije koristio sigurnosni pojas, te odbio da se podvrgne provjeri testa na prisustvo droga ili psihoaktivnih supstanci. Sud je odbio oduzimanje vozila, uz obrazloženje da okrivljeni nije vlasnik vozila, a da je vozilo bilo predmet prekršaja od strane okrivljenog.

Neophodno je istaći da je na području PU Prijedor evidentiran najveći broj privremeno oduzetih vozila od višestrukih povratnika u činjenju najtežih prekršaja iz oblasti bezbjednost saobraćaja i da su nadležni sudovi na području navedene PU donijeli najveći broj rješenja o trajnom oduzimanju vozila. Shodno navedenom može se postaviti pitanje “da li se postojeći zakonski propisi mogu primjeniti i u drugim osnovnim i okružnim sudovima u Republici Srpskoj, da li su u pitanju ista zakonska rješenja i šta ih sprečava da izriču zaštitnu mjeru trajnog oduzimanja predmeta/vozila”.

5. ZAKLJUČAK

Svim subjektima koji se bave problematikom bezbjednošću saobraćaja je u cilju da nema poginulih i teško povrijeđenih lica na putevima u Republici Srpskoj. Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srpske je jedan od subjekata bezbjednosti saobraćaja, te je u okviru svojih nadležnosti intezivirao privremeno oduzimanje vozila od višestrukih povratnika u činjenju najtežih prekršaja iz oblasti bezbjednost saobraćaja. Navedena aktivnost je intezivirana zbog činjenice što višestruki povratnici često nastavljaju sa činjenjem teških prekršaja u saobraćaju i da kod istih nije postignuta svrha kažnjavanja izricanjem novčane kazne, kaznenih bodova i zaštitne mjere zabrane upravljanja motornim vozilom. S obzirom da MUP RS prema postojećim normativima može samo privremeno oduzimati vozila, mogućnost trajnog oduzimanja ostaje na sudovima. Iz prethodno navedenih primjera iz prakse, ne može se primjetiti jasna volja od strane sudova kada je riječ o izricanju zaštitne mjere trajnog oduzimanja vozila. U nekoliko sudskih rješenja vidljivo je da opravdanje neoduzimanja vozila nalaze u tome da često vozilo nije u vlasništvu počinioca prekršaja što je pogrešno jer je jasno propisano da se može oduzeti iako je u vlasništvu trećeg lica. Takođe, sudovi iznalaze opravdanje u tome da se tom mjerom ne bi spriječili višestruki povratnici da nastave sa činjenjem prekršaja, iako se baš suprotno, vraćanjem vozila podstiču na činjenje prekršaja.

Ovim radom se želi dati na značaju primjene zaštitne mjere oduzimanja vozila. U slučajevima kada se desi žrtva u sabraćaju kasno je da se djeluje, zbog toga je i potrebno primjenjivati različite mjere, jer je i dokazano da je

faktor čovjek najviše zastupljen u saobraćajnim nezgodama. Kada se zna da su u pitanju višestruki povratnici u činjenju najtežih prekršaja za pretpostaviti je da će isti nastaviti sa njihovim činjenjem, jer dotadašnje izrečene sankcije nisu postigle očekivanu specijalnu prevenciju, te je prema istima u takvim slučajevima neophodno primjeniti mjeru oduzimanja vozila za koju se može reći da je mjera koja doprinosi upravljanju bezbjednošću saobraćaja.

Mnogi autori koji su se bavili ovom tematikom smatraju da bi navedena aktivnost dala očekivane rezultate u postizanju definisanog cilja, ali je neophodno jednobrazno postupanje osnovnih i okružnih sudova u izricanju zaštitne mjere oduzimanja predmeta u skladu sa članom 59. stav 1., tačka 1. i člana 61. Zakona o prekršajima Republike Srpske (Amidžić, 2021.).

6. LITERATURA

Edin Bičo, Uporedna analiza prekršajnog zakonodavstva u BiH i regiji, IV Savjetovanje iz prekršajno-pravne oblasti, Bijeljina, 2021.

Goran Amidžić, Milan Salamadija, Uporedna analiza prekršajnog zakonodavstva u BiH i regiji, IV Savjetovanje iz prekršajno-pravne oblasti, Bijeljina, 2021.

Krivični zakonik Republike Srpske („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj: 64/17, 104/18, 15/21).

Podaci Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srpske, 2022. godina

Zakon o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj: 63/11).

Zakon o krivičnom postupku Republike Srpske („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj: 53/12, 91/17, 66/18, 15/21).

Zakon o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u BiH („Službeni glasnik BiH“, broj: 6/06, 75/06, 44/07, 84/09, 97/09, 48/10, 18/13, 8/17, 89/17, 9/18).

Zakon o prekršajima Republike Srpske („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj: 63/14, 110/16, 100/17).

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

APPLICATION OF INFRASTRACTURE SAFETY MANAGEMENT WITH SPECIAL ATTENTION TO THE M10 ROAD IN MONTENEGRO

PRIMENA SAVREMENIH ALATA UNAPREĐENJA BEZBEDNOSTI PUTA SA POSEBNIM OSVRTOM NA PUT M10 U CRNOJ GORI

Vladimir Ilić[a], Dragan Jovanović[b], Milanko Damjanović[a], Radoje Vujadinović[a], Boško Matović[a]

[a] *University of Montenegro, Faculty of Mechanical Engineering, Bulevar Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Montenegro, vladimiri@ucg.ac.me, milanko@ucg.ac.me, radojev@ucg.ac.me, boskom@ucg.ac.me*

[b] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradovic Square 6, 21000 Novi Sad, Serbia, draganj@uns.ac.rs*

Abstract: *As part of this work, field research was carried out, which included traffic safety inspection on the M10 highway, Budva-Cetinje section, in the town of Zabrđe. The M10 highway is the road with one of the highest traffic volumes in Montenegro. Previously, a predictive model of road accidents had been developed for the main roads in the territory of Montenegro, which identified this section as one of the risky ones. Poisson regression model (PRM) and negative binomial model (NBM) were used to predict the number of traffic accidents. The results showed that with an increase in the value of AADT and the number of traffic lanes (BT) and a decrease in the value of the average vehicle tracking time interval (GAP), the probability of traffic accidents on highways in Montenegro also increases. With the negative binomial model, it was shown that the international roughness index (IRI) has no statistical significance. By traffic safety inspection, several problems were identified that can be linked to the observed road direction and its environment. As the key, one can single out the wrongly directed transverse slope of the roadway in one of the horizontal curves, which belongs to the section on which the inspection was carried out.*

Key words: *road safety inspection, predictive models of traffic accidents, traffic accidents*

Apstrakt*: U okviru rada sprovedeno je istraživanje na terenu, kojim je obuhvaćena provera bezbednosti saobraćaja na magistralnom putu M10, deonica Budva-Cetinje, u mestu Zabrđe. Magistralni put M10 predstavlja jedan od najopterećeniji putnih pravaca u Crnoj Gori. Istraživanju je prethodilo razvijanje prediktivnog modela saobraćajnih nezgoda za magistralne puteve na teritoriji Crne Gore, kojim je ova deonica identifikovana kao jedna od rizičnih. Za predviđanje broja saobraćajnih nezgoda korišćeni su Poasonov regresioni model (PRM) i negativni binomni model (NBM). Rezultati su pokazali da sa povećanjem vrednosti PGDS i broja saobraćajnih traka (BT) i smanjenjenjem vrednosti prosečnog vremenskog intervala sleđenja vozila (GAP), raste i verovatnoća nastanka saobraćajnih nezgoda na magistralnim putevima u Crnoj Gori. Kod negativnog binomnog modela se pokazalo da koeficijent ravnosti kolovoza (IRI) nema statističku značajnost. Proverom bezbednosti saobraćaja identfikovano je više problema koji se mogu povezati sa posmatranim putnim pravcem i njegovim okruženjem. Kao ključni, može se izdvojiti pogrešno usmeren poprečni nagib kolovoza u jednoj od horizontalnih krivina, koja pripada deonici na kojoj je vršena provera.*

Ključne reči: *provera bezbednosti saobraćaja, prediktvni modeli saobraćajnih nezgoda, saobraćajne nezgode*

1. UVOD

Trenutni trendovi koji se odnose na smrtne slučajeve i povrede nastale u saobraćajnim nezgodama, ukazuju da je reč o rastućem problemu na globalnom nivou. Procena je da svake godine u saobraćajnim nezgodama život izgubi oko 1.35 miliona ljudi. Takođe, povrede zadobijene u drumskom saobraćaju zauzimaju osmo mesto, kada posmatramo najčešće uzročnike smrti u svim starosnim kategorijama. Napredak koji je postignut u oblasti

bezbednosti saobraćaja razlikuje se od zemlje do zemlje. Podaci Svetske Zdravstvene Organizacije ukazuju na to da je sa prosečnom stopom od 27,5 smrtnih slučajeva na 100.000 stanovnika, rizik od smrtnosti u saobraćajnim nezgodama tri puta veći u zemljama sa niskim prihodima, nego u zemljama sa visokim dohotkom, gde iznosi 8,3 umrlih na 100.000 stanovnika (WHO, 2018).

Put, kao jedan od osnovnih faktora bezbednosti saobraćaja, snažno je povezan sa smrtnim slučajevima i teškim telesnim povredama, a pojedina istraživanja su pokazala da poboljšanja na putnoj infrastrukturi, posebno standarda koji se odnose na projektovanje, mogu biti od ključne važnosti za stvaranje bezbednijih puteva (WHO, 2018). Ukoliko se pronalaženje određenih nedostataka puta u pogledu bezbednog odvijanja saobraćaja nakon njegove izgradnje sprovodi tokom faze projektovanja, reč je o procesu revizije bezbednosti saobraćaja. Ipak, neretko se dešava da je potrebno evidentirati određene propuste i nedostatke na postojećim putevima, na kojima se saobraćaj već odvija. U tom slučaju govorimo o proveri bezbednosti saobraćaja.

Provera bezbednosti saobraćaja na putevima predstavlja proceduru koja omogućava razvijanje mehanizama za identifikaciju nedostataka koji se vezuju za put i njegovo okruženje. Na taj način moguće je primenom odgovarajućih mera te nedostatke ukloniti i tako smanjiti verovatnoću nastanka nezgoda u budućnosti, kao i njihovih posledica.

Ovoj proveri uglavnom prethodi proces identifikacije opasnih mesta (deonica), kako bi se prepoznala ona najopasnija na kojima je potrebno što pre delovati, preduzimanjem određenih mera na terenu. U tu svrhu koriste se, između ostalog prediktivni modeli saobraćajnih nezgoda. Ovi modeli predstavljaju vrlo koristan alat u oblasti bezbednosti saobraćaja, koji nam omogućava da na osnovu raspoloživih podatak o već nastalim nezgodama i njihovim posledicama, predvidimo kako će se one događati u budućnosti i koji su to ključni faktori koji doprinose njihovom nastanku. Dakle, prediktivni modeli frekvencije saobraćajnih nezgoda, zasnivaju se na istorijskim podacima o saobraćajnim nezgodama, kako bi se procenio broj budućih nezgoda na posmatranim deonicama puta. To praktično znači da očekivani broj nezgoda predstavlja zavisnu promenljivu određene funkcije, dok su nezavisne promenljive svi oni faktori koji se odnose na posmatranu deonicu puta, a koji mogu doprineti nastanku tih nezgoda. Osim podataka o nezgodama, prilikom razvijanja ovakvih modela obično se u obzir uzimaju geometrijske karakterstike puta, kao i podaci o saobraćajnom toku. Što se tiče geometrijski karakteristika puta, brojna istraživanja pokazala su da najveći uticaj imaju neki od sledećih parametara: broj i širina saobraćajnih traka, poprečni i uzdužni nagib kolovoza, širina bankine, radijusi horizontalnih i vertikalnih krivina, gustina pristupnih tačaka i sl.

Abdel-Aty & Radwan (2000) ističu značaj dva ključna faktora, koji utiču na pojavu saobraćajnih nezgoda: karakteristike vozača i geometrija puta. Istraživači su pokušali sa tri pristupa: višestruka linearna regresija, Poasonova regresija i negativna binomna raspodela. Međutim, neka ranija istraživanja pokazala su da višestruka linearna regresija ima određena ograničenja kada se primenjuje u analizi nezgoda. Kako bi se prevazišla ova ograničenja i dobili prikladniji rezultati koristi se Poasonova regresija, a u slučaju prevelike disperzije negativna binomna predstavljaja prikladniji pristup kod modelovanja saobraćajnih nezgoda.

Istraživanja saobraćajnih nezgoda pokazala su da trend koji se odnosi na ozbiljnost njihovih posledica ima tendenciju da uglavnom bude veći na vangradskim deonicama puteva, u odnosu na puteve koji prolaze kroz urbana područja. Ackaah & Salifu (2011) su definisali vangradske deonice puteva kao one deonice koje prolaze kroz nenaseljena područja i kroz sela koja nemaju više od pet hiljada stanovnika. Za potrebe istraživanja korišćeni su podaci o saobraćajnim nezgodama sa poginulima i povređenima, saobraćajnom opterećenju, brzinama kretanja vozila, karakteristikama i geometriji puta. Sve deonice iz kojih su izvučeni uzorci potrebni za istraživanje bile su sa dvotračnih puteva. U procesu odabira puta korišćena je tehnika stratifikovanog uzorkovanja, tako da su uključene tri različite kategorije puteva, i to: državni putevi (povezuju prestonicu sa ostalim regijama), inter-regionalni putevi (međusobno povezuju glavne gradove regija) i regionalni putevi (povezuju prestonice okruga sa prestonicama regija).

2. METODE

Modelovanje saobraćajnih na osnovu njihovih karakteristika i podataka o geometrijskim karakteristikama puta, kao i podataka o saobraćajnom toku, predstavlja ključni element savremene analiize stanja bezbednosti saobraćaja. Mogućnost identifikacije potencijalnih faktora , koji doprinose nastanku saobraćajnih nezgoda, odnosno rešavanje potencijalnih uzroka njihovog nastanka je od velike važnosti i za upravljače putne infarstrukture sa jedne strane i za sve učesnike u saobraćaju sa druge (Mićić, 2019).

Saobraćajne nezgode predstavljaju slučajne događaje, čije su vrednosti celi i nenegativni brojevi, a prate Poasonov zakon verovatnoće (Washington i dr., 2011). Iz razloga što saobraćajne nezgode ne mogu imati

negativnu vrednostu, u analizi frekvencije saobraćajnih nezgoda nije adekvatno koristiti standardne regresione analize, kao npr. metodu najmanjih kvadrata (Lord & Mannering (2010). Prediktivni modeli saobraćajnih nezgoda predstavljaju vrlo koristan alat u oblasti bezbednosti saobraćaja, koji nam omogućava da na osnovu raspoloživih podatak o već nastalim nezgodama i njihovim posledicama, predvidimo kako će one nastajati u budućnosti i koji su to ključni faktori koji doprinose njihovom nastanku. Dakle, prediktivni modeli frekvencije saobraćajnih nezgoda, zasnivaju se na istorijskim podacima o saobraćajnim nezgodama, kako bi se procenio broj budućih nezgoda na posmatranim deonicama puta. Osim podataka o nezgoda, prilikom razvijanja ovakvih modela obično se u obzir uzimaju geometrijske karakterstike puta, kao i podaci o saobraćajnom toku.

Magistralni putevi na teritoriji Crne Gore imaju kolovoz koji se najčešće sastoji od jedne saobraćajne trake po smeru (širina trake je namjanje 3 metra, sa uskom bankinom u većini slučajeva) i trećom trakom koja je namenjena za kretanje sporih vozila na deonicama sa većim uzdužnim nagibom. Samo određeni segmenti oko urbanih područja ima kolovoz sa dve saobraćajne trake po smeru, sa ili bez razdelnog ostrva, koje fizički razdvaja kolovozne trake.

Podaci koje su korišćeni za razvoj prediktivnog modela obuhvataju podatke o saobraćajnim nezgodama, saobraćajnim i geometrijskim karakteristikama putne mreže. Podaci o saobraćajnim nezgodama su dobijeni od strane Ministarstva unutrašnjih poslova, Uprave za saobraćaj, dok su podaci o putnoj mreži dobijeni od strane Uprave za saobraćaj. Saobraćajni podaci su prikupljeni sa automatskih brojača koji se nalaze duž magistralnih puteva u Crnoj Gori (vidi ljubičaste tačke na slici 1). Iz ove baze preuzeti su podaci o prosečnom godišnjem dnevnom saobraćaju (PGDS), podaci o prosečnoj brzini vozila (V) i podaci o prosečnom vremenskom intervalu sleđenja vozila (GAP). Iz baze podataka o geometrijskim elementima puta preuzeti su podaci o širini kolovoza (ŠK), broju saobraćajnih traka (BT) i koeficijentu ravnosti kolovoza (IRI).

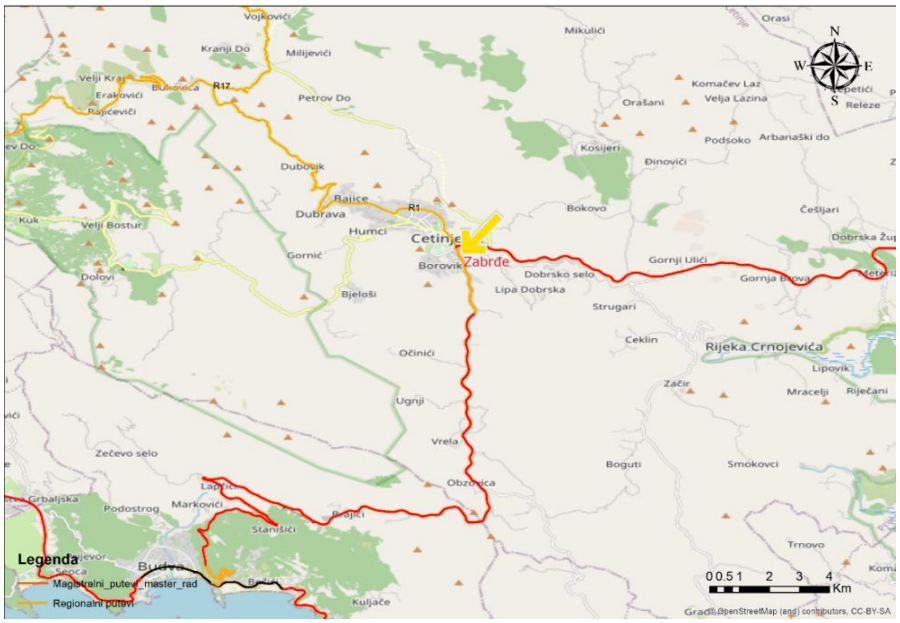
3. REZULTATI

3.1. Rezultati prediktivnog modela

Vizuelizacija očekivanog broja nezgoda dobijena primenom Poasonovog regresionog modela i negativnog binomnog modela prikazana je na slici 1. Deonice puteva koje su označene zelenom bojom poseduju izuzetno nizak nivo rizika od 0.023 do 0.823 saobraćajne nezgode godišnje. Deonice označene žutom bojom imaju mali rizik, odnosno od 0.824 do 1.716 saobraćajnih nezgoda. Deonice označene narandžastom bojom oslikavaju srednji rizik, tj. od 1.717 do 3.234 saobraćajne nezgode. Crvenom bojom su označene deonice na kojima se očekuje visok rizik nastanka saobraćajnih nezgoda, od 3.235 do 7.334. Konačno, crnom bojom su označene deonice sa izuzetno visokom verovatnoćom nastanka saobraćajnih nezgoda, odnosno od 7.335 do 19.583. Sa slike se uočava visok rizik nastanka saobraćajnih nezgoda na deonicama magistralnog puta M1, M2, M3, M4 i M10, koji počinju/završavaju se u Glavnom Gradu Podgorica.

Slika 1. Nivo rizika na deonicama puteva u Crnoj Gori

Na magistralnom putu M10, deonica Cetinje – Budva, koja je prepoznata kao visoko rizična, u mestu Zabrđe izvršena je provera bezbednosti saobraćaja (Slika 2.), sa ciljem da se utvrde faktori koji doprinose nastanku saobraćajnih nezgoda, a koje možemo povezati sa ovim putnim pravcem i njegovim okruženjem.



Slika 2. Prikaz lokacije na kojoj je vršena provera bezbednosti saobraćaja

Dužina deonice obuhvaćene proverom iznosi oko 3300 metara. Čini je sedam horizontalnih krivina u nizu. Na trasi posmatrane deonice nalazi se nekoliko raskrsnica magistralnog puta M10 i sporednih puteva. Ograničenje brzine na ovoj deonici, u oba smera se kreće od 50 do 60 km/h.

3.2. Rezultati provere bezbednosti saobraćaja

Izvršena je provera bezbednosti saobraćaja na predmetnoj lokaciji. Evidentirani su uočeni faktori relevantni za utvrđivanje doprinosa puta riziku nastanka saobraćajnih nezgoda na ovom opasnom mestu. Prikazani su elementi koji se odnose na okruženje puta, uzdužni i poprečni profil, stanje kolovoza, stanje saobraćajne signalizacije i odbojne ograde.

3.2.1. Okruženje puta

Pre raskrsnice sa Belvederskom ulicom u smeru kretanja ka Cetinju sa desne strane kolovoza prisutne su stenovite kosine i potporni zidovi obližnjeg objekta, koje povećavaju verovatnoću nastanka težih povreda u slučaju izletanja vozila sa kolovoza (Slike 3. i 4.). Osim toga, sa desne strane u smeru Cetinja se nalazi pristupna saobraćajnica jednog stambenog objekta, na kojoj nema odgovarajuće preglednosti, kao ni izrađenog savremenog kolovoznog zastora. (Slika 5.).

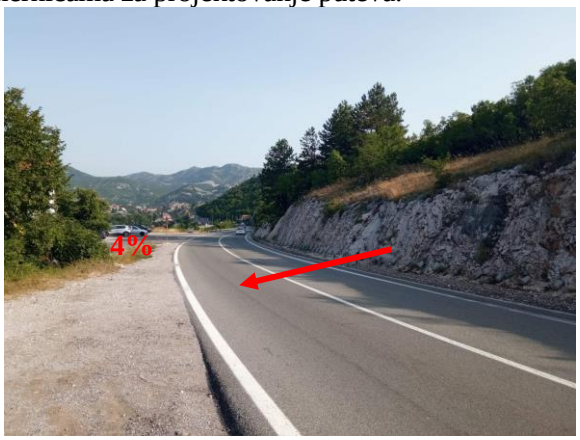
Slika 3. Potporni zid obližnjeg objekta

Slika 4. Stenovite kosine useka

Slika 5. Pristupna saobraćajnica stambenog objekta

3.2.2. Uzdužni i poprečni profil puta

Uzdužni nagib nivelete puta meren je na glavnom saobraćajnom pravcu i iznosio je od 2.0% do 6.0% u smeru ka Certinju. Poprečni profil magistralnog puta M10, na posmatranoj deonici sastoji se od dve saobraćajne trake-po jedna za svaki smer kretanja. Širina saobraćajnih traka iznosi 3.25m, dok je širina traka za levo skretanje na raskrsnici kod Belvederske ulice 2.60m. Poprečni nagib kolovoza u pravcu iznosi od 0,0% do 3,0%, dok poprečni nagib u krivinama iznosi od 4,0% do 6,0% ka centru krivina. Na mikrolokaciji kod - auto-servisa Eurogum doo, nalazi se horizontalna krivina koja ima uzdužni nagib 6,0% prema Cetinju i poprečni nagib od 4,0% prema temenu krivine (nagib je usmeren suprotno od centra krivine). Ovo predstavlja ozbiljan problem zbog izostanka odgovarajućeg poprečnog nagiba koji bi ublažio delovanje centrifugalnih sila prilikom prolaska vozila kroz krivinu (Slika 6.). Na celoj deonici puta, širina rigola iznosi 0,5m, a njihov porečni nagib 10,0%. Prema smernicama za projektovanje puteva, uobičajene vrednosti za širinu rigola su 0,5 - 0,75m. Širina bankina iznosi u proseku oko 1,30m, što je više od minimalne vrednosti (najmanje 1,25m za računske brzine između 60 i 80km/h) koje su propisane u smernicama za projektovanje puteva.



Slika 6. Horizontalna krivina sa pogrešno usmerenim poprečnim nagibom kolovoza

3.2.3. Stanje kolovoza

Vizuelnim pregledom kolovozne površine nisu identifikovana veća oštećenja. Na pojedinim delovima, identifikovane su manje pukotine duž kolovozne površine. U zoni raskrsnice sa Belvederskom ulicom, identifikovano je da kolovoz sporednog prilaza nije u istom nivou sa kolovozom magistralnog puta (niži je za 10 - 15 cm), što u velikoj meri može da utiče na stabilnost vozila prilikom skretanja sa glavnog pravca (Slike 7. i 8.). Prosečna vrednost međunarodnog indeksa ravnosti kolovoza na posmatranoj deionici je iznosila IRI=1.0, a kretala se u opsegu od 0.8 do 1.2, što generalno gledano ukazuje na dobar kvalitet kolovoza.

Slika 7. Sporedni prilaz u zoni raskrsnice sa Belvederskom ulicom

Slika 8. Prikaz visinske razlike između magistralnog i sporednog puta

3.2.4. Stanje saobraćajne signalizacije

Provera svojstava vertikalne saobraćajne signalizacije sprovedena je vizuelnom kontrolom i korištenjem GRX retroreflektometra proizvođača Delta iz Danske (Slika 9.) Provera je sprovedena u odnosu na Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji i MEST EN 12899-1:2009 standard. Vizuelnim pregledom saobraćajne signalizacije, uočena su oštećenja na pojedinim saobraćajnim znakovima (Slika 10.). Takođe, kod jednog saobraćajnog znaka je uočeno oštećenje nosećeg stuba u saobraćajoj nezgodi (Slika 11.). Merenjem koeficijenta retrorefleksije uz pomoć prethodno spomenutog uređaja utvrđeno je da od ukupno 37 saobraćajnih znakova evidentiranih na deonici, samo 2 ne ispunjavaju minimalne vrednosti, što ukazuje na dobro stanje vertikalne saobraćajne signalizacije na ovom delu državnog puta M10.

Slika 9. GRX retroreflektometar

Slika 10. Oštećenje na saobraćajnom znaku

Slika 11. Oštećen nosač saobraćajnog znaka

Vizuelnom kontrolom uvrđeno je stanje horizontalne saobraćajne signalizacije. Tom prilikom konstatovano je da su oznaka na kolovozu dobro vidljive i adekvatno postavljene na kolovozu magistralnog puta M10. Nedostaci su utvrđeni na sporednim saobraćajnim pravcima u zoni raskrsnica, gde kolovozna površina nije adekvatno definisana (nedostaju strelice za usmeravanje saobraćaja), a oznake na kolovozu nisu redovno održavane U zoni raskrsnice sa ulicom Belvederskom, polje za usmeravanje saobraćaja nije obnovljeno nakon sanacije kolovozne površine (Slika 12.).

Slika 12. Neobnovljene oznake na mestu sanacije kolovoza

3.2.5. Zaštitne ograde

Zaštitna čelična ograda je generalno gledano duž cele deonice postavljena tako da visina gornje ivice iznosi 75 cm, a plašt ograde je udaljen najmanje 50 cm od ivice kolovoza, što je u skladu sa Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji. Identifikovana su oštećena ograde na pojedinim mestima usled kontakta sa vozilima (Slika 13.). Na mikrolokaciji 1 – Belvederska ulica, postoji deo dotrajale zaštitne ograde koja se nalazi na potpornom zidu ispod kojeg prolazi lokalni put. Spoj sa novom ogradom predstavlja kritičnu tačku, jer elementi nisu postavljeni tako da čine jednu celinu (Slika 14.).

Slika 13. Oštećena odbojna ograda

Slika 14. Nedostatak spoja između stare i nove ograde

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Zajednički cilj stručnjaka iz oblasti bezbednosti saobraćaja jeste podizanje opšteg nivoa bezbednosti u saobraćaju, odnosno smanjenje verovatnoće nastanka saobraćajnih nezgoda na najmanju moguću meru. Kako bi se to postiglo neophodno je da osim bezbednih vozača i vozila, imamo i bezbedne puteve, koji će biti projektovani i izgrađeni tako da ukoliko do nezgode i dođe, njene posledice budu što manje. Takođe, posebnu pažnju treba posvetiti uređenju okruženja puta, koje u velikoj meri može uticati upravo na aspekte pasivne bezbednosti saobraćaja.

U okviru rada sprovedeno je istraživanje na terenu, kojim je obuhvaćena provera bezbednosti saobraćaja na deonici magistralnog puta M10 u mestu Zabrđe, koje se nalazi u blizini Cetinja. Ovom istraživanju prethodilo je razvijanje prediktivnog modela saobraćajnih nezgoda, tokom kojeg su identfikovane deonice državnih puteva sa povećanim rizikom od nastanka saobraćajnih nezgoda, među kojima se našla i deonica magistralnog puta M10, Budva-Cetinje.Za predviđanje broja saobraćajnih nezgoda korišćeni su Poasonov regresioni model i negativni binomni model. Rezultati su pokazali da sa povećanjem vrednosti PGDS i broja saobraćajnih traka (BT) i smanjenjenjem vrednosti prosečnog vremenskog intervala sleđenja vozila (GAP), raste i verovatnoća nastanka

saobraćajnih nezgoda na magistralnim putevima u Crnoj Gori. Kod negativnog binomnog modela se pokazalo da koeficijent ravnosti kolovoza (IRI) nema statističku značajnost.

Magistralni put M10 predstavlja jedan od najopterećeniji putnih pravaca u Crnoj Gori. U poslednje tri godine zabeležen je značajan rast PGDS-a, sa 6.874 vozila/dan (2020. godina) na 10.129 vozila/dan (2022. godina). Dakle, reč je o državnom putu koji je od velikog značaja za čitavu državu. S toga bi posebnu pažnju trebalo posvetiti unapređenju nivoa bezbednosti svih učesnika u saobraćaju, na predmetnom putnom pravcu. Što se tiče deonice ovog puta između Budve i Cetinja, ona je dugačaka oko 28 km i odlikuje se velikim brojem horizontalnih krivina i većim delom se nalazi u stenovitom useku. Ovo predstavlja ozbiljan problem sa aspekta pasivne bezbednosti saobraćaja, jer mogu izazvati veliku štetu u slučaju izletanja vozila sa kolovoza i udara u njih.

Sprovedena provera bezbednosti saobraćaja u mestu Zabrđe, na magistralnom putu M10, imala je za cilj, da pre svega ukaže na sve nedostatke koji se mogu povezati sa ovom deonicom puta, a koji mogu imati uticaja na nastanak saobraćajnih nezgoda u budućnosti, odnosno težinu njihovih posledica. Dakle, govorimo o preventivnom delovanju, kako bi sprečili nastanak saobraćajnih nezgoda i pre nego što se one dogode.

Nedostaci uočeni prilikom sprovedene provere mogu poslužiti upravljaču puta, za njihovo otklanjanje u budućem periodu. Dakle, postoje jasno definisani i identifikovani problemi koji se mogu povezati sa posmatranom deonicom puta M10 i njegovim okruženjem, koje je potrebno rešiti. U tom smislu, posao unapređenja bezbednosti saobraćaja na lokaciji Zabrđe, značajno je olakšan, jer su najvažniji problem koji se odnose na posmatrani putni pravac i njegovo okruženje već izdvojeni i detaljno opisani.

5. LITERATURA

Abdel-Aty, M. A., & Radwan, A. E. (2000). Modeling traffic accident occurrence and involvement. Accident Analysis & Prevention, 32(5), 633–642. https://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00094-9

Ackaah, W., & Salifu, M. (2011). Crash prediction model for two-lane rural highways in the Ashanti region of Ghana. IATSS Research, 35(1), 34–40. https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2011.02.001

Lord, D., & Mannering, F. (2010). The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 44(5), 291–305. https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.02.001

Mićić Spasoje, 2019, Doktorska disertacija: Prediktivni model frekvencije saobraćajnih nezgoda na ruralnim putevima, Novi Sad

Washington, S., Karlaftis, M., Mannering, F. (2011). Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, FL.

World Health Organization, 2018. Global Status Report on Road Safety 2018. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

LEGAL BASIS AND REGULATIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF ROAD WORK ZONES IN THE REPUBLIC OF SERBIA

ZAKONSKA OSNOVA I PROPISI ZA SPROVOĐENJE ZONA RADOVA NA PUTEVIMA U REPUBLICI SRBIJI

Dalibor Pešić[a], Aleksandra Obradović[b]

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

[b] *Beograd, Serbia, a.obradovic998@gmail.com*

Abstract: *Managing a system or process means taking management measures to bring the current state of the System closer to the desired state. In most cases, when carrying out works on certain sections of the road, there is no alternative direction to which traffic flows can be diverted, so in that case the work zone becomes a potentially dangerous place. The part of the work zone that is the most risky for the occurrence of traffic accidents, especially with fatal consequences, is the construction site itself, as well as the narrowing area itself.*

The transition from the normal traffic regime, without interruptions and unusual situations, to the traffic regime in the work zone must be gradual, clearly marked and noticeable. In the Republic of Serbia, there is a Rulebook on how to regulate traffic on roads in the work zone, which clearly defines what is meant by safely marked work zones, from the traffic aspect.

The goal of the Republic of Serbia, which is not a member of the European Union, is to adapt its rules and criteria, that is, to bring them closer to the already existing rules applied by the members of the European Union.

Key words: *regulations, traffic safety, road work zone*

Apstrakt*: Upravljanje nekim sistemom ili procesom znači preduzeti upravljačke mere kako bi se postojeće stanje Sistema približilo željenom stanju. U većini slučajeva prilikom izvođenja radova na određenim deonicama puta ne postoji alternativni pravac na koji se mogu preusmeriti saobraćajni tokovi, pa u tom slučaju zona radova postaje potencijalno opasno mesto. Deo zone radova koji je najrizičniji za nastanak saobraćajnih nezgoda, naročito sa smrtnim posledicama, predstavlja samo gradilište, kao i samo područje suženja.*

Prelaz sa normalnog režima saobraćaja, bez prekida i neuobičajenih situacija, na režim saobraćaja u zoni radova mora biti postepen, jasno obeležen i uočljiv. U Republici Srbiji postoji Pravilnik o načinu regulisanja saobraćaja na putevima u zoni radova kojim je jasno definisano šta sve podrazumeva bezbedno obeležene zone radova, sa saobraćajnog aspekta.

Cilj Republike Srbije, koja nije članica Evropske unije, predstavlja da svoje pravilnike i kriterijume prilagodi, odnosno približe, već postojećim pravilnicima koje primenjuju članice Evropske unije.

Ključne reči: *propisi, bezbednost saobraćaja, zona radova na putevima*

1. UVOD

Na globalnom nivou, saobraćajne nezgode u drumskom saobraćaju prouzrokuju skoro 1,3 miliona poginulih lica i oko 50 miliona teško povređenih lica svake godine – što čini vodećim uzrokom smrti dece i omladine u svetu (WHO, 2021).

Upravljanjem nekim sistemom ili procesom znači preduzeti upravljačke mere kako bi se postojeće stanje sistema približilo ciljanom (željenom) stanju (Vujanić, i dr., 2011). U većini slučajeva prilikom izvođenja radova na

određenim deonicama puta ne postoji alternativni pravac na koji se mogu preusmeriti saobraćajni tokovi, pa u tom slučaju zona radova postaje potencijalno opasno mesto. Deo zone radova koji je najrizičniji za nastanak saobraćajnih nezgoda, naročito sa smrtnim posledicama, predstavlja samo gradilište, kao i samo područje suženja.

Prelaz sa normalnog režima saobraćaja, bez prekida i neuobičajenih situacija, na režim saobraćaja u zoni radova mora biti postepen, jasno obeležen i uočljiv. U Republici Srbiji postoji Pravilnik o načinu regulisanja saobraćaja na putevima u zoni radova kojim je jasno definisano šta sve podrazumeva bezbedno obeležene zone radova, sa saobraćajnog aspekta. Put kao jedan od faktora bezbednosti saobraćaja utiče na ranjive učesnike u saobraćaju. Prema klasifikaciji puta, najbezbedniji su autoputevi, dok su najnebezbednije gradske ulice.

Osnovni uslov bezbednog izvođenja radova na putu predstavlja usklađenost, adekvatna raspodela, kao i konstantno praćenje samih radova. Obzirom da postoje dugotrajni, kratkotrajni i mobilni radovi koji se mogu izvoditi na deonici, u zavisnosti od tipa zone radova, nivo detaljnosti pomenutih procesa se razlikuje. Pored tipa radova, na zonu radova takođe utiče i kategorija puta. U radu su prikazani različiti nivoi primenjene saobraćajne opreme u zoni radova na različitim kategorijama puta.

Najviši pravni akt u Republici Srbiji, na osnovu kog nastaju važeći Pravilnici, predstavlja Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima. Cilj Republike Srbije, koja nije članica Evropske unije, predstavlja da svoje pravilnike i kriterijume prilagodi, odnosno približe, već postojećim pravilnicima koje primenjuju članice Evropske unije.

2. ZAKONSKA OSNOVA I PROPISI U REPUBLICI SRBIJI

Najviši pravni akt na osnovu kog se postupa u zoni radova i proističu postojeći Pravilnici predstavlja Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima. Ovim zakonom uređuju se osnovni uslovi koje moraju ispunjavati putevi u pogledu bezbednosti saobraćaja, a dok bliže propise o načinu vršenja neposrednog regulisanja saobraćaja na putevima na delu u kome se izvode radovi donosi ministarstvo nadležno za poslove saobraćaja.

U Republici Srbiji Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture u decembru 2014. godine donosi Pravilnik o načinu regulisanja saobraćaja na putevima u zoni radova. Ovim pravilnikom propisuje se način vršenja neposrednog regulisanja saobraćaja na putevima na delu na kome se izvode radovi, način izvođenja radova na putu, izgled i način davanja znakova koje daju određena lica (član 1.). Pod načinom izvođenja radova na putu u smislu ovog pravilnika podrazumeva se tehničko regulisanje saobraćaja na delu puta na kome se izvode radovi.

Pod načinom vršenja neposrednog regulisanja saobraćaja na putevima na delu na kome se izvode radovi i način davanja znakova koje daju određena lica, u smislu ovog pravilnika podrazumeva se tehničko regulisanje saobraćaja koje obavljaju najmanje dva, za to određena radnika izvođača radova, odnosno upravljača puta (član 2.).

Ovim pravilnikom zona radova definisana je kao deo puta na kojem je utvrđen poseban režim saobraćaja u toku izvođenja radova na putu. Zona radova počinje od prvog saobraćajnog znaka privremene saobraćajne signalizacije na putu u zoni upozorenja i završava se poslednjim saobraćajnim znakom privremene saobraćajne signalizacije na kraju završne zone. Zona radova sadrži: zonu upozorenja i područje suženja. Područje suženja sadrži: prelaznu zonu, zonu aktivnosti i završnu zonu. Prelazna zona sadrži: oblast početnog suženja, oblast smirivanja i oblast završnog suženja kolovoza. Zona aktivnosti sadrži: zaštitnu zonu i gradilište. Zona upozorenja predstavlja deo puta na kojem se učesnici u saobraćaju informišu o nailazećoj zoni radova na putu i prilagođavaju svoje ponašanje novonastaloj situaciji. Prelazna zona predstavlja deo puta na kojem se učesnici u saobraćaju preusmeravaju sa svoje putanje kretanja i dalje vode kroz oblasti koje čine ovu zonu (oblast početnog suženja kolovoza, oblast smirivanja saobraćaja i oblast završnog suženja kolovoza). Zaštitna zona je bočni i uzdužni deo puta na kojem se saobraćajni tok vozila odvaja od gradilišta, omogućava zaustavljanje vozila koje je izgubilo kontrolu, zaštitu radnika od vozila i zaštitu učesnika u saobraćaju od radnika i mašina. Gradilište je deo puta, odnosno putnog pojasa, u kojem se obavljaju građevinski radovi, skladišta alat, iskopani materijal i oprema, kao i prostor koji je potreban za kretanje tokom obavljanja posla. Završna zona je deo puta na kojem se saobraćaj vraća na prvobitnu putanju.

Izgled zone radova zavisi od sledećih kriterijuma:

- *Tip puta* – autoput, javni put van naselja i javni put u naselju,
- *Vremenska dužina trajanja i mobilnost radova* – dugotrajna, kratkotrajna stacionarna, kratkotrajna pokretna i pokretna zona radova,

- *Režim saobraćaja i mesto izvođenja radova na putu* - suženje saobraćajne trake bez smanjenja broja trake, zatvaranje saobraćajne trake sa smanjenjem broja traka, preusmeravanje saobraćaja sa jednom puta na drugi (obilazak), preusmeravanje saobraćaja na suprotnu kolovoznu traku, naizmenično propuštanje saobraćaja kada se jedna saobraćajna traka koristi za oba smera kretanja vozila, radovi na raskrsnici, radovi na bankini i u putnom pojasu, radovi na razdelnom ostrvu, radovi na pešačkim i biciklističkim stazama i radovi na prelasku puta preko železničke pruge,
- *Dužine zone radova* – kratka (do 50 metara), srednja (od 50 do 300 metara) i duga (duža od 300 metara).

Kada je u pitanju način regulisanja saobraćaja u zoni radova na putevima, Pravilnikom je definisano da je to moguće saobraćajnim znakovima, ručno ili semaforom. Članom 10. definisan je način obeležavanja zone radova i to „ Na početku zone radova postavlja se saobraćajni znak I-19 „radovi na putu" u smeru vožnje na koji se odnosi. Na saobraćajni znak I-19 „radovi na putu" koji je prvi u nizu može se postaviti trepćuće svetlo, a obavezno na autoputu. Na kraju zone radova postavlja se saobraćajni znak III-17 „prestanak svih zabrana" u smeru vožnje na koji se odnosi, na rastojanju do 50 m od kraja završne zone.

Saobraćajna signalizacija se uklanja sa puta na način da se prvo ukloni znak III-17 „prestanak svih zabrana" i zatim redom znakovi u smeru suprotnom od smera odvijanja saobraćaja do saobraćajnog znaka I-19 „radovi na putu" na početku zone radova.

Saobraćajna signalizacija u zoni radova se uklanja u celosti sa puta odmah po obavljenim radovima, a najkasnije u roku od 24 časa po završetku radova i uspostavlja se prvobitni režim saobraćaja.

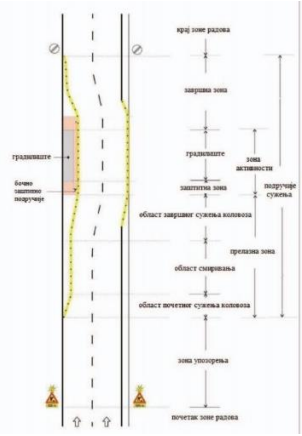
Mesto na putu na kojem se postavlja prvi saobraćajni znak I-19 „radovi na putu" zavisi od dužine, preglednosti i vidljivosti zone upozorenja.

Rastojanje od mesta postavljanja prvog znaka I-19 „radovi na putu" do područja suženja iznosi:

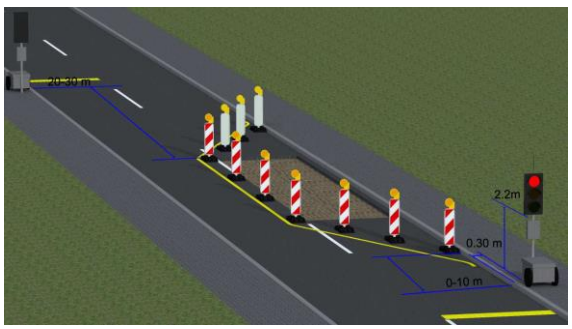
- 1200 m na autoputu sa najvećom dozvoljenom brzinom vozila od 120 km/h sa ponavljanjem znaka na 800 m i 400 m;
- 400 m na ostalim javnim putevima sa najvećom dozvoljenom brzinom vozila od 80 km/h (po potrebi ponoviti znak);
- najmanje 50 m za saobraćajnice u naselju.

Privremene oznake na putu u zoni radova se obeležavaju u slučaju dugotrajnih radova na putu i to žutom bojom. Neophodno je postaviti ih u sprezi sa odgovarajućom ostalom privremenom saobraćajnom signalizacijom. Prekid važenja postojećih oznaka na putu vrši se njihovim uklanjanjem, precrtavanjem ili prekrivanjem aplikativnom trakom žute boje.

Pravilnikom o načinu regulisanja saobraćaja na putevima u zoni radova definisana je saobraćajna oprema puta i ona predstavlja čeone, horizontalne i vertikalne zapreke, zaprečne trake, zaštitnu ogradu, signalne table, saobraćajni čunj, montažni ivičnjak, univerzalno postolje, markeri, delineator, trepćuće svetlo, zastavice za ručno regulisanje saobraćaja, trake za poništavanje važnosti saobraćajnih znakova i aplikativna traka za obeležavanje privremenih oznaka na putu.



Slika 1. Primer izgleda zone radova (u opštem smislu)



Slika 2. Primer načina regulisanja saobraćaja semaforom u zoni radova

Pomenuti Pravilnik sadrži 6 priloga koji predstavljaju izgled zone radova (u opštem smislu), najveća dozvoljena brzina u zavisnosti od širine saobraćajne trake u području suženja, način davanja znakova radnika prilikom obavljanja ručnog regulisanja saobraćaja u zoni radova, način regulisanja saobraćaja semaforom u zoni radova, način postavljanja zapreke u odnosu na ivicu gradilišta i saobraćajnu traku u zoni radova i vrsta i način primene trepćućih svetala. Svi pomenuti saobraćajni znakovi i saobraćajna oprema koji se odnose na privremenu signalizaciju grafički su prikazani u Pravilniku o saobraćajnoj signalizaciji Republike Srbije, gde je ujedno dat opis njihove namene.

Javno preduzeće „Putevi Srbije", 2016. godine objavljuje Tehničko uputstvo za označavanje zona radova na održavanju državnih puteva u Republici Srbiji koji postaje obavezujući dokument za projektante, nadzorne organe i izvođače radova na održavanju državnih puteva, a preporučenu primenu za projektante, nadzorne organe i izvođače radova na održavanju opštinskih puteva. Pri izradi Tehničkog uputstva došlo je do odstupanja od važećih Pravilnika, a sve u cilju povećanja bezbednosti.

Tehničkim uputstvom date su tačne dimenzije, koje su slikovno prikazane, kako treba postaviti određenu saobraćajnu opremu i na kojoj poziciji. Ono što predstavlja početak svakog regulisanja odnosi se na to da je neophodno omogućiti minimalnu širinu saobraćajne trake u području suženja od 2,5 metara. U zavisnosti od broja traka i smera kretanja, ta širina se povećava. Takođe, na širinu trake može uticati i prosečan godišnji dnevni saobraćaj na deonici na kojoj se realizuju radovi na putu. Kada je u pitanju bočna zaštitna zona, u naselju je neophodno da to minimum bude širina od 0,85 metara, dok je van naselje 1,05 metara. Kada je u pitanju autoput, ukoliko su radovi u zastavnoj traci, neophodna širina bočne zone iznosi 1,20 metara, osim ukoliko zaštitna zona ne razdvaja smerove kretanja vozila, tada je minimalna širina bočne zaštitne zone 0,95 metara.

Tabela 1. Ograničenja brzine u području suženja

Širina saobraćajne trake (metar)	Najveća dozvoljena brzina (km/h)
Od 2,50 do 2,75	*40*
Od 2,75 do 3,00	*50*
Od 3,00 do 3,25	*60*
Od 3,25 do 3,75	*80*

Zabrana preticanja je neophodna u slučajevima gde je važno da vozila ostanu u svojoj saobraćajnoj traci.

Kada je u pitanju izvođenje radova na trotoarima i biciklističkim stazama, neophodno je pešacima i biciklistima obezbediti širinu za nesmetano kretanje od:

- 1,00 metar na trotoarima,
- 0,80 metara na jednosmernim biciklističkim stazama,
- 1,60 metara na dvosmernim biciklističkim stazama i
- 1,60 metara na kombinovanim pešačko/biciklističkim stazama.

Pri projektovanju zone radova neophodno je takođe voditi računa o dužini samog gradilišta, kao i udaljenosti između dva gradilišta. Tehničkim uputstvom data je informacija minimalne dužine gradilišta, kao i minimalne udaljenosti između dva gradilišta u zavisnosti od tipa puta (autoput, državni put van naselja i državni put u naselju).

Saobraćajni znakovi i uređaji za regulisanje saobraćaja treba da budu izrađeni od mekog materijala (plastika, guma, aluminijum i sl.). Upotreba retroreflektujućih materijala za izradu lica saobraćajnog znaka u zoni radova zavisi od kategorije puta, i to na autoputu i motoputu, od materijala klase 3, na ostalim putevima, od materijala klase 2. Izuzetno, znakovi u zoni radova izrađuju se od materijala klase 1, samo ukoliko radovi započnu i završe se u toku jednog dana, za vreme dnevne vidljivosti.

Saobraćajna oprema zone radova čine čeona zapreka, horizontalna zapreka, vertikalna zapreka, zaprečna traka, razdvajajuća ograda, rastegljiva ograda, signalna tabla, saobraćajni čunj, montažni ivičnjak, univerzalno postolje, marker, delineator, svetlo upozorenja, zastavice za ručno regulisanje saobraćaja, traka za poništavanje važnosti saobraćajnih znakova i aplikativna traka za obeležavanje privremenih oznaka na putu.

Horizontalne zapreke (složive ograde) služe za ograđivanje gradilišta, posebno na trotoarima prilikom jednodnevnih ili kratkotrajnih radova za zaštitu pešaka. Složive ograde služe za ograđivanje gradilišta pored kolovoza, trotoara (pešačkih staza), biciklističkih staza i kombinovanih pešačko/biciklističkih staza. Iste se postavljaju duž trotoara/biciklističke staze celom dužinom gradilišta uključujući i dužinu prelazne i završne zone na putu. Univerzalna postolja za montažu složivih ograda, u zoni kretanja vozila, pešaka ili biciklista, mogu biti šira od konstrukcije složive ograde do 25 cm.

Vertikalne zapreke su jednostrane ili dvostrane table postavljene na sopstvenim nosačima, vertikalno u odnosu na kolovoz, sa naizmeničnim poljima bele i crvene boje pod uglom od 45° u odnosu na površinu kolovoza. Koriste se skretanje saobraćaja, podelu smerova kretanja i označavanje bočne ivice gradilišta i postavljaju se na način da učesnici u saobraćaju sve vreme sagledavaju površinu lica zapreke. Mogu biti jednostrane i dvostrane. Vertikalne zapreke se postavljaju isključivo na kolovozu.

Razdvajajuću ogradu čine plastični montažni elementi neizmenično bele i crvene boje (VII-6.1) izrađeni prema tipu ograde „Nju Džersi", koji se postavljaju kontinualno i metalni montažni elementi (VII-6.2) koji se postavljaju kontinualno.

Slika 3. Plastične montažne razdvajajuće ograde punjene vodom

Stavljanje postojeće signalizacije van snage važnosti vrši se demontažom ploče saobraćajnih znakova, zakretanjem za 90° lica saobraćajnih znakova, prekrivanjem celog simbola znaka odgovarajućom neprovidnom folijom ili upotrebom traka za poništavanje važnosti saobraćajnih znakova čije uklanjanje ne oštećuje simbol saobraćajnog znaka.

Privremene oznake na putu u zoni radova na putu mogu budu izvedene žutom bojom, žutim termo plastičnim materijalom, žutom aplikativnom trakom širine 12 cm i 15 cm I horizontalnim markerima žute ili narandžaste boje.

Svetlosni saobraćajni znakovi za regulisanje saobraćaja vozila u zonama radova na putevima su deo privremene saobraćajne signalizacije koji se primenjuju na deonicama puteva na kojima se javljaju smetnje za normalno odvijanje saobraćaja i omogućuju prioritet i pravo prolaska pri naizmeničnom kretanju vozila. Svrha njihove upotrebe je optimalno korišćenje raspoloživih saobraćajnih traka.

Svetla upozorenja u zonama radova na putevima se upotrebljavaju danju, noću i u uslovima smanjene vidljivosti (magla, prašina, kiša ili slično). Svetla upozorenja koja su predviđena za dnevnu upotrebu treba da budu intenzivna i uočljiva pri jakoj sunčevoj svetlosti. Njima se vrši dodatno upozoravanje učesnika u saobraćaju na povećanu opreznost prilikom nailaska na zone radova na ili pored puta ili na prepreke na putu. Svetla upozorenja treba da budu čvrsto povezana sa uređajima i znakovima, kako se pri udaru vozila u uređaj ili znak ne bi odvojili i predstavljali opasnost za učesnike u saobraćaju.

Svi zaposleni koji na putu obavljaju poslove merenja, održavanja, popravke i izgradnje puteva moraju nositi zaštitnu odeću žute boje, visoke uočljivosti, koja je izrađena prema evropskom standardu EN 471, koji propisuje minimum zahteva u pogledu visoke uočljivosti radne odeće, i obezbeđuje dobru vidljivost zaposlenih, kako u toku dana, tako i u noćnim uslovima.

Takođe, propisana je obuka zaposlenih koja se sastoji od kursa bezbednosti saobraćaja i kursa upravljanja saobraćaja koji predstavljaju jednodnevne obuke i neophodno ih je pohađati svake druge godine. Kurs bezbednosti saobraćaja ima za cilj podizanje svesti o bezbednosti saobraćaja, naročito u zoni radova, razumevanje važnosti bezbednosti saobraćaja i kako se bezbednost može unapređivati kroz edukaciju zaposlenih u zonama radova, shvatanje važnosti nošenja odeće adekvatne uočljivosti i zaštitne opreme, definisanje odgovornosti svakog zaposlenog u zoni radova, razumevanje ponašanja učesnika u saobraćaju i kako oni utiču na bezbednost saobraćaja, sticanje znanja iz oblasti saobraćaja, a naročito razumevanje pravila postavljanja saobraćajne signalizacije i opreme u zoni radova. Na kursu upravljanja saobraćajem stiču se znanja o tome kako doraditi, koristiti i razumeti tipske šeme za označavanje zona radova. Stiču se znanja o saobraćajnoj signalizaciji i uređajima za regulisanje saobraćaja u zonama radova na putu, radnim vozilima i sistemima za zadržavanje na putevima. Takođe, tema kursa je zakonska regulativa i standardi koji regulišu bezbednost saobraćaja, puteve i zaštitu na radu.

Komunikacija sa učesnicima u saobraćaju treba da bude jedan od prioriteta u procesu planiranja i izvođenja samih radova na putu. Informacije o zoni radova mogu biti na dva nivoa:

- Strateški – opšte informacije o zoni radova, trajanju radova, trenutnom stanju i alternativnim pravcima i
- Na licu mesta (operativni) – operativne informacije o uslovima saobraćaja u zoni radova koje se prenose korisnicima pomoću stalne i izmenljive saobraćajne signalizacije.

Pored opštih uslova za način projektovanja i sprovođenja zone radove na putevima, Tehničko uputstvo daje informacije i o izgledu, dimenziji, zahtevu, materijalu i konstrukciji, stabilnosti, pasivnoj bezbednosti, atestu, vrsti i načinu postavljanja za većinu saobraćajne opreme koja se najčešće primenjuju u zoni radova na putevima u Republici Srbiji. Postavljanje saobraćajne signalizacije i opreme u zoni radova i prepreka na putu vrši se isključivo na osnovu prethodno pribavljene saglasnosti organa nadležnog za poslove saobraćaja (nadležno ministarstvo Republike Srbije za državne puteve, odnosno nadležni gradski ili opštinski organ za opštinske puteve).

3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Zona radova definisana je kao deo puta na kojem je utvrđen poseban režim saobraćaja u toku izvođenja radova na putu. Tip zone radova je isti u svim analiziranim državama, što govori o tome da Republika Srbija primenjuje iste pojmove kao i države Evropske unije.

U Republici Srbiji odgovorno lice ima zadatak da prepozna koji je tip zone radova i da u skladu sa Pravilnikom i Tehničkim uputstvom primeni adekvatno obeležavanje i obaveštenje o postojanju radova na putu. Republika Srbija je kroz svoje postojeće propise više pažnje posvetila samoj specifikaciji saobraćajne opreme koja daje informacije o izgledu, dimenziji, zahtevu, materijalu i konstrukciji, stabilnosti, pasivnoj bezbednosti, atestu, vrsti i načinu postavljanja za većinu saobraćajne opreme koja se najčešće primenjuju u zoni radova na putevima, za razliku od ostalih prikazanih država. Ovakav pristup je takođe neophodan kako bi se zona radova adekvatno i na bezbedan način izvela, ali treba raditi na stvaranju normativa koji bi se odnosili na proces upravljanja saobraćajem u zoni radova.

Jedna od glavnih preporuka, koja bi predstavlja predmet daljeg ispitivanja i analiziranja, predstavlja uticaj zone radova na ranjive učesnike u saobraćaju. U Republici Srbiji postoji Tehničko uputstvo koje je obavezujuće za radove na državnim putevima, ali ne postoji pravni dokument koji je obavezujuć za deonice nižeg ranga. Jedan od primera dobre prakse predstavlja Primena zakona o Amerikancima sa invaliditetom u zoni radova, koja bi zapravo predstavlja brigu same države o ranjivim učesnicima u saobraćaju, kao i njihovim sposobnostima i mogućnostima, a ujedno im omogućila obavljanje normalnih životnih aktivnosti u svim uslovima rada. Takođe, jedna od važnijih tema, a koja može biti predlog budućeg unapređenja jeste uticaj na životnu sredinu. Odnosno, postavlja se pitanje da li se pojedini radovi na putu mogu objediniti i sprovesti kroz jednu zonu radova, kako bi se broj prekida i same izmene režima saobraćaja smanjio, a ujedno i broj dolazaka radnika i samih mašina koje znatno utiču na životnu sredinu i okolinu?

4. LITERATURA

World Health Organization, https://www.who.int,

Lipovac K., Jovanovć D.,Nešić M., Osnove bezbednosti saobraćaja, Beograd, Republika Srbija, 2020.

Lipovac K., Pešić D., Antić B., Bezbednost saobraćaja – Metode i analize, Beograd, Republika Srbija, 2019.

Pravilnik o načinu regulisanja saobraćaja na putevima u zoni radova („Službeni glasnik RS", broj 134 od 11.decembra 2014.)

Tehničko uputstvo za označavanje zona radova na održavanju državnih puteva u Republici Srbiji (Javno preduzeće „Putevi Srbije", 2016.)

Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji („Sl. glasnik RS", br. 85/2017 i 14/2021)

Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima („Sl. glasnik RS", br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 – odluka US, 55/2014, 96/2015 – dr. zakon, 9/2016 – odluka US, 24/2018, 41/2018, 41/2018 – dr. zakon, 23/2019 i 128/2020 – dr. zakon)

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

ANALYSIS OF PARENT'S INFLUENCE ON CHILDREN'S BEHAVIOR IN TRAFFIC

ANALIZA UTICAJA RODITELJA NA PONAŠANJE DECE U SAOBRAĆAJU

Boris Antić[a], Vojislav Krstić[b], Dragan Stanimirović[c], Aleksandar Mićović[b], Mesud Ajanović[c]

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

[b] *University of Priština, Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, Knjaza Milosa no. 7, Kosovska Mitrovica 38220, Serbia, vojislav.krstic@pr.ac.rs, aleksandar.micovic@pr.ac.rs*

[c] *Ministry of Transport and Communications of Republika Srpska, Trg Republike Srpske 1, Banja Luka 78000, d.stanimirovic@msv.vladars.net*

[d] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, mesud.ajanovic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Children's safety in traffic can be increased by increasing the awarenesses, knowledge and behavior of parents as the main support in raising children. The joint engagement of parents, educators and the local community is necessary, along with serious and systematics work in order to improve the situation.*

Key words: *traffic safety, children, parents*

Apstrakt: *Bezbednosti dece u saobraćaju može se povećati kroz povećanje svesti, znanja i ponašanja roditelja kao glavnog oslonca u vaspitanju dece. Neophodna je zajedničko angažovanje roditelja, vaspitača ali i lokalne zajednice, uz ozbiljan i sistematičan rad kako bi se stanje poboljšalo.*

Ključne reči: *bezbednost saobraćaja, deca, roditelji*

1. UVOD

Danas, drumski saobraćaj predstavlja osnovni vid kako individualnog, tako i masovnog transporta i sa oko 90% je zastupljen u odnosu na ostale vidove transporta. Osnovne karakteristike koje mu daju prednost u odnosu na druge vidove transporta su: efikasnost, elastičnost, sloboda izbora puta, vreme putovanja, prilagodljivost, udobnost, brzina, nezavisnost od drugih vidova transporta i sl. Uprkos svim prednostima koje pruža, drumski saobraćaj prate i neželjene posledice, kao što su: buka, izduvni gasovi i odpadne materije koje zagađuju vazduh, vodu i tlo, tako i one najznačajnije koje se ogledaju kroz ljudska stradanja.

Posmatrajući lanac faktora bezbednosti saobraćaja čovek-vozilo-put-okolina, nameće se zaključak da je najznačajniji faktor bezbednosti saobraćaja zapravo čovek. Čovek kao faktor bezbednosti saobraćaja prisutan je direktno, kao učesnik u saobraćaju, i indirektno, kao graditelj puteva i onaj koji ih održava, kao konstruktor vozila i onaj koji ih održava, kao onaj koji donosi zakone o bezbednosti saobraćaja i brine se o njihovoj primeni. Različite starosne grupe ljudi imaju različita znanja, stavove, sposobnosti i ponašanja i različitu izloženost saobraćaju. Kao posebna grupa izdvajaju se deca. Deca su najranjiviji učesnici u saobraćaju. Uloga dece u saobraćaju kao samostalnih učesnika je ograničena na ulogu pešaka i biciklista. Deca su ugrožena i kao putnici, zbog nepažnje starijih.

Problem stradanja koji se ogleda kroz broj poginulih, teško i lako povređenih, i materijalne štete postao je veoma ozbiljan, obzirom da u svetu godišnje strada više ljudi u saobraćaju, nego od požara, poplava, zemljotresa itd.

Porast saobraćajnih nezgoda uzeo je maha u urbanoj sredini u kojoj se deca nalaze u stalnoj opasnosti zbog veće ekspozicije motornim vozilima na gradskim ulicama i zbog manjka slobodnih površina za igru. Nedovoljna

saobraćajna kultura pešaka i vozača, neregulisan saobraćaj u zastareloj putnoj mreži čine da se povrede dece i omladine nalaze iz dana u dan u intenzivnom porastu. Deca i stariji predstavljaju najranjiviju grupaciju u saobraćaju, posebno ako su pešaci, i sedam do deset puta je veća verovatnoća da će stradati u saobraćajnoj nezgodi nego putnici u vozilu.

Da bi se smanjio broj nezgoda potrebno je da sve institucije i akteri koji učestvuju u saobraćaju počnu da preduzimaju mere ka poboljšanju trenutnog stanja u saobraćaju Jedan od načina unapređenja jeste i edukacija stnovništva, posebno dece kao najranjivije kategorije, o bezbednom učestvovanju u saobraćaju.

Odgovornost za sprovođenje mera saobraćajnog obrazovanja i vaspitanja u cilju sticanja znanja, veština i navika neophodnih za bezbedno učešće u saobraćaju, unapređivanja i učvršćivanja pozitivnih stavova i ponašanja značajnih za bezbedno učešće u saobraćaju imaju:

1. Porodica za saobraćajno obrazovanje i vaspitanje dece;
2. Organi i organizacije nadležni za brigu o deci za donošenje programa saobraćajnog obrazovanja i vaspitanja dece predškolskog uzrasta i za praćenje realizacije ovog programa;
3. Organi i organizacije nadležni za poslove obrazovanja za donošenje programa saobraćajnog obrazovanja i vaspitanja u predškolskim ustanovama i za praćenje realizacije ovog programa;
4. Organi nadležni za unutrašnje poslove za realizaciju dela programa saobraćajnog obrazovanja i vaspitanja u predškolskim ustanovama, osnovnim i srednjim školama na zahtev ovih ustanova, a posebno za rad školskih saobraćajnih patrola i saobraćajnih patrola građana;
5. Organi nadležni za poslove saobraćaja za unapređenje saobraćajnog okruženja u zonama škola i drugim zonama sa povećanim prisustvom ranjivih učesnika u saobraćaju i za unapređenje ponašanja učesnika u saobraćaju u ovim zonama;
6. Organi nadležni za poslove zdravlja za edukaciju građana o zdravstvenim aspektima bezbednog ponašanja u saobraćaju;
7. Agencija za bezbednost saobraćaja za analizu, praćenje i unapređenje bezbednosti saobraćaja;
8. Organi lokalne samouprave za podršku u planiranju i sprovođenju svih mera i aktivnosti saobraćajnog obrazovanja i vaspitanja na nivou lokalne samouprave, kao i za preduzimanje posebnih mera zaštite ranjivih učesnika u saobraćaju i zaštite u određenim zonama;
9. Predškolske ustanove, osnovne i srednje škole za realizaciju programa saobraćajnog obrazovanja i vaspitanja dece u okviru svojih nadležnosti;
10. Stručne i naučne institucije koje se bave bezbednošću saobraćaja za unapređenje naučnih osnova sistema saobraćajnog obrazovanja i vaspitanja;
11. Sredstva javnog informisanja za informisanje građana u pogledu bezbednog učestvovanja u saobraćaju i obaveštavanju o posledicama nebezbednog ponašanja u saobraćaju;
12. Udruženja i grupe građana koje se bave bezbednošću saobraćaja, brigom o deci i omladini da u skladu sa svojim delokrugom rada učestvuju u saobraćajnom obrazovanju i vaspitanju.

Nastavni planovi i programi u predškolskim ustanovama i osnovnim i srednjim školama moraju da sadrže poglavlja koja se odnose na bezbednost dece i učenika u saobraćaju. Bliže propise o sadržaju nastavnih planova i programa koji se odnose na bezbednost dece i učenika u saobraćaju donosi ministar nadležan za poslove obrazovanja.

Ovaj rad se pre svega bavi roditeljima kao nosiocima edukacije i uzora dece. Da bi razumeli koje su to stvari na koje roditelji treba da obrate pažnju prvo ćemo preko brojnih istraživanja iz sveta i kod nas pokušati da objasnimo kako se deca razvijaju i zašto stradaju u saobraćaju, a potom ćemo ispitati koji su to stavovi i znanja zastupaju roditelji prilikom edukacije dece, kao koji su to ključni problemi prilikom vaspitanja sa aspekta bezbednosti saobraćaja.

Na osnovu istraživanja je prikazan obim problema. Potom su definisani ključni faktori problema. Zatim su prikazane specifične okolnosti nastanka saobraćajnih nezgoda u kojima učestvuju deca a onda je otkrivena i priroda problema. U nastavku su prikazani rezultati anketiranja. Naime, sledeće poglavlje sadrži rezultate istraživanja stavova i ponašanja roditelja u saobraćaju. Takođe prikazuju se i rezultati upoređivanja stavova i ponašanja roditelja muškog pola sa roditeljima ženskog pola. Posle toga usledilo je upoređivanje stavova roditelja iz ruralne i urbane sredine. Na kraju su data zaključna razmatranja i predložene odgovarajuće mere.

Metod prikupljanja podataka bio je anketa. Ispitanicima su tokom školskog časa podeljeni upitnici u papirnoj formi, koje su oni onda nosili kući roditeljima da popunjavaju. U istraživanju je pored ankete korišćen i metod komparacije-upoređivanja.

2. DECA I SAOBRAĆAJ

Savremeni saobraćaj postavlja pred čoveka, kako u pogledu psihofizičkih sposobnosti, tako i u pogledu adaptacije, visoke zahteve. Deca zbog nedovoljne psihofizikče zrelosti, nedovoljnog životnog i saobraćajnog iskustva, često nisu u mogućnosti da udovolje ovako visokim zahtevima, gde i najmanji trenutak nepažnje, neopreznosti ili ne snalaženja može imati za posledicu saobraćajnu nezgodu sa nekim posledicama. Saobraćaj je najteži i najsloženiji deo okoline u iskustvu deteta. Prilagoditi se tako složenim uslovima detetu nije lako, pa možemo smatrati da je to osnovni razlog zbog kojeg je ono ugroženo u saobraćaju. Dete nije u stanju da vrši uočavanje i selekciju prema značenju pojava u saobraćaju kao odrasli čovek. Njegovu pažnju privlači i zadržava upadljiva, a za ponašanje u saobraćaju nevažna pojava. Greške kod dece i nastaju upravo usled nemogućnosti opažanja i predviđanja opasnosti. Imajući u vidu ovo postavlja se osnovno pitanje: Da li su naša deca bezbedna u saobraćaju?

Sva složenost uzroka saobraćajnih nezgoda uopšte odražava se i na utvrđivanje uzroka stradanja dece i omladine u saobraćaju. Osim toga, ova kategorija učesnika u saobraćaju specifična je po svojim obeležjima, svojstvima, sposobnostima i ponašanju pa samim tim ove specifičnosti donekle utiču i na fenomenologiju i etiologiju nezgoda u kojima stradaju, odnosno koje izazivaju.

Jedan od preduslova za uspešno rešavanje problema jeste poznavanje uzroka problema. Kao uzrok 95% saobraćajnih nezgoda navodi se ljudski faktor. Rezultati koji ukazuju na ušestalost pojedinih grešaka učesnika u saobraćaju sugerišu, da nedostatak znanja, informacija, iskustva i nerazvijene fizičke građe, predstavljaju osnovu za određivanje mogućih pravca delovanja.

Najviše stradaju deca u vozilu, kao putnici ili vozači. Iz tog podatka može se zaključiti da je odnos roditelja prema bezbednosti dece veoma loš, i to je jedan od ključnih pravaca u kom u narednom periodu treba usmeriti i mere prevencije, ali i represivne mere. Druga najbrojnija kategorija učesnika po učestalosti stradanja su deca pešaci. Taj podatak ukazuje na potrebu neprestanog obrazovanja dece o pravilnom i bezbednom učešću u saobraćaju, a sa druge strane i obrazovanju vozača o merama koje trebaju preduzeti kako bi izbegli rizične situacije koje dovode do teških posledica. Primena mera i rešenja za smirivanje saobraćaja u zoni škola svakako može dati značajan doprinos smanjenju stradanja dece.

Starosna raspodela dece nastradale u saobraćaju prilično je ravnomerna kod dece putnika, što govori u prilog ranije istaknutoj tezi da roditelji nedovoljno ozbiljno shvataju značaj korišćenja bezbednosnih sedišta i pojaseva. Sa druge strane, može se primetiti broj nezgoda dece kao pešaka i vozača raste sa godinama (što se može obajsniti sve većom samostalnošću koju roditelji pružaju deci), tako da najviše nezgoda ima kod dece uzrasta od 8 godina, to je period kada deca počinju da idu samostalno u školu .

Veliki probem predstavlja i sama pojava kategorije dece kao vozača, deca koja se nalaze u krilu osobe koja upravlja vozilom. Ovo govori u prilog tezi da vozači iako imaju određena iskustva i znanja po pitanju pravilnog ponašanja za volanom, ipak ne shvataju dovoljno ozbiljno moguće posledice koje takvo ponašanje može da ima.

Kada je u pitanju raspodela po mesecima, manje stradanje dece izraženo je zimskom periodu, dok je najviše izražena u letnjim mesecima (tabela 5). Ovakva statistika zimskih meseci se može objasniti lošim vremenskim uslovima zbog čega su aktivnosti stanovništva znatno smanjene, kao i smanjene brzine kretanja vozila. Tokom leta roditelji često rade, dok su deca na raspustu, što zanči da su deca često sama i bez nadzora roditelja, što u kombinaciji sa njihovim sposobnostima u saobraćaju kao i povećanom mobilnošću stanovništva dovodi do nezgoda. Časovna raspodela pokazuje da deca najviše stradaju u jutarnjem periodu (vreme odlaska u školu), oko podneva (povratak iz škole), ali i u večernjim časovima, u sumrak.

U planiranju mera zaštite ove ranjive kategorije učesnika u saobraćaju rezultati ovakve analize imaju veoma bitan značaj, jer određuju pravac prema kome treba intenzivirati kako sistemeske tako i ostale mere za unapređenje bezbednosti dece kao učesnika u saobraćaju.

3. SITUACIJE U KOJIMA NAJČEŠĆE STRADAJU DECA

Na osnovu sprovedenih istraživanja došlo se do podatka da deca kao pešaci najčešće stradaju zbog: Prelaženja (pretrčavanja) kolovoza van pešačkog prelaza; Iznenadnog zakoračenja; Prelaženja kolovoza; Nepravilnog kretanja kolovozom; Zadržavanja i igre na kolovozu.

Deca do 14 godina koja su kao vozači, najčešće bicikla, učestvovali u nezgodama, stradala su zbog: Neustupanja prava prvenstva prolaza; Grešaka koja su pravila kretanjem kolovozom; Prilikom stajanja i drugih grešaka koje su posledica nedovoljnog iskustva; Neprilagođene brzine.

Problem se javlja takođe i prilikom prelaska ulice na pešačkom prelazu. Naime edukacijom koju pružaju roditelji da je pešački prelaz mesto na kome imaju prvenstvo prolaza i mesto na kome treba da prelaze ulicu, deca stiču subjektivan osećaj bezbednosti i obično ne pridaju veću pažnju okruženju kada prelaze ulicu.

Podaci govore da su deca u prigradskim naseljima izložena većem riziku jer se tamo vozila brže kreću odnosno manje poštuju ograničenja brzine zbog nedostatka kontrole, manje je semafora i druge opreme za regulisanje saobraćaja.

Greške koje prave deca u saobraćaju uslovljene su ograničenim sposobnostima primanja više informacija odjednom, nemogućnošću pravilne procene brzine i udaljenosti vozila, nerazumevanjem saobraćajnih znakova i semafora, precenjivanjem svojih sposobnosti upogledu pretrčavanja ulice, ograničenošću mogućnosti selekcije bitnih okolnosti, neposedovanjem navika za primenu pravila „vidi i budi viđen“. Deca često greše i uproceni vremena potrebnog za prelazak ulice, pri čemu na njihovo ponašanje utiču i karakteristike njihove ličnosti, problemi koji ih trenutno okupiraju, dešavanja i pojave u okolini.

Istražujući okolnosti povređivanja konstatovano je da su u najvećem broju slučajeva, 51,9%, deca pretrčavala ulicu van obeleženog pešačkog prelaza ili nepažljivo sa neograđenih igrališta i dvorišta u toku igre istrčavala na ulicu. Ovaj način povređivanja naročito je zastupljen kod dece uzrasta između 7 i 9 godina. Više od dve trećine, tačnije 68,8% dece ovog uzrasta, smrtno je povređeno usled nepažljivog izlaska na kolovoz. Za razliku od njih, deca starijeg uzrasta, od 10 do 15 godina, povređena su najčešće prilikom prelaska ulice na obeleženom pešačkom prelazu ili dok su se nalazila na trotoaru, isključivo usled nepažnje vozača.

4. FAKTORI KOJI UTIČU NA STEPEN RIZIKA NASTANKA NEZGODE

Studije nezgoda sa decom pokazuju da neke grupe imaju veći stepen rizika od drugih. Istraživanja su identifikovala sledeće faktore koje utiču na povećanje rizika: Porodice; Socijalni status; Okolina; Uzrast; Etnička pripadnost; Pol.

Sve ovo kao i karakteristike dece kao što su, nedovljna emotivna i socijalna zrelost; nepostojanje veština i navika koje se stiču tek u kasnijem dobu, a bitne za bezbedno ponašanje u saobraćaju, manje su telesno razvijena (niži su rastom te imaju lošiji pregled saobraćajne situacije), manjak iskustva, manjak motoričkih sposobnosti, deca žive u drugom pojmovnom svetu za razliku od odraslih pešaka, samo delimično shvataju previla i strukturu saobraćajnog sistema, nivo njihove pažnje podložniji je čestim promenama, nemogućnost shvatnja i analize utisaka kao odrasle osobe, lakše se zbunjuju i podložnija su panici i strahu u saobraćajnoj gužvi, nedovoljno poznaju saobraćajne znake i pravila saobraćaja, povećavaju rizik od nastanka nezgode.

Deca su veoma osetljiva na događaje u porodici i školi što može znatno umanjiti njihovu pažnju na vozila i način prelaska preko kolovoza ili kretanje po kolovozu. Po izlasku iz škole deca često neoprezno trče, igraju se ili guraju, tako da neoprezno stupaju na kolovoz. Neretko je prisutno i međusobno dokazivanje i takmičenje između dece ko će brže pretrčati ulicu ispred vozila i dr (Lipovac, Vasiljević, Vukašinović, Vranješ, 2007).

Deca samostalnih roditelja imaju veći stepen smrtnosti od drugih socijalnih grupa (Whitei saradnici, 2000). To je takođe tačno za saobraćajne nezgode, Judge i Benzeval (1993) su otkrili da deca samohranih roditelja imaju 50% veći rizik da budu povređeni kao pešaci u poređenju sa decom u drugim socijalnim grupama. Faktori kao što su zdravlje roditelja, zaposlenost i broj članova porodice dovodi do smanjenja nadzora dece i vaspitanja dece.

Majke podučavaju više nego očevi i da obrazovaniji roditelji podučavaju manje od najmanje obrazovane grupe.

Većina istraživanja ističe nekoliko važnih kontradikcija:Roditelji shvataju bezbednost u saobraćaju kao važnu stvar, ali njihova očekivanja prema deci su neodgovarajuća za uzrast te dece; Iako deca nisu dovoljno razvijena za učestvovanje u saobraćaju, nemaju postavljene zabrane za to; Iako je poznato da roditelji ne smeju da ostavljaju decu samu bez nadzora u automobilu dok obavljaju neke poslove, oni to čine.
Deca sa nižim socijalno-ekonomskim statusom u pet puta većem riziku od povreda kao pešaci u poređenju sa decom sa višim socijalno-ekonomskim statusom. Deca roditelja sa nižim primanjima u 50% slučajeva više pešače od deca roditelja sa većim primanjima. Deca sa nižim socio-ekonomskim statusom imaju tri puta veći rizik da budu učesnici u saobraćajnim nezgodama od dece višeg socio-ekonomskog statusa. Deca nižeg socioekonomskog statusa i imigrantni su mnogo češće izloženi nezgodama kao pešaci od opšte populacije.

Ključni izvori rizika zapaženi kod roditelja nižeg socioekonomskog statusa uključuju vožnju bez dozvole, nepoštovanje brzine i pravila u saobraćaju, nepravilne navike parkiranja, i rizično ponašanje dece.

Na bezbednost na putu kod dece iz etničkih manjina utiču socijalni i ekonomski faktori određenim načinom života njihove porodice.

Pored ekonomskih uslova studije su pokazale da i faktori susedstva utiču na stepen rizika od nastanka nezgode. Faktori kao što su naseljenost i gustina saobraćaja, način i put do škole, limitiran prostor za igru dece, osećaj sigurnosti zbog poznatih ljudi i okoline i nedovoljnog nadzora roditelja, igraju važne uloge u bezbednosti.Deca koja stanuju u susedstvu sa sa visokom obimom saobraćaja, velikim broj parkiranih automobila, i deca u porodicama bez automobila imaju veći rizik od dece koja ne žive u ovakvom okruženju. U slučaju dece koja žive u zoni sa visokim obimom saobraćaja iznose podatak da je rizik od povreda čak 13 puta veći od druge dece.

Osetljivija su ona deca koja žive u zoni gde ima manje prostora za igru blizu mesta stanovanja dece, i gde je distanca do škole, igrališta itd. velika, od druge dece.

Ograničen je broj istraživanja koja su sprovedena da bi utvrdile rizike sa kojima se suočavaju deca koja žive u ruralnoj sredini i faktori koji utiču na to. Broj nezgoda koja se dese u ovakvom okruženju su manje zastupljene i posledice su manje. Ono što se primećuje to da u ovakvom okruženju najčešće nezgode dece su kao putnici u vozilu. Ovo se objašnjava dužinom putovanja da bi se stiglo do neke lokacije, infrastrukturom, brzinama kojima se kreću vozila ali posebno se ističe nezgode usled uticaja alkohola. Uz sve navedeno treba napomenuti i upotrebu pojaseva koja se u ovakvim okruženjima skoro i ne upotrebljava.

Deca uzrasta između 5 i 9 godina susa najvećim rizikom da budu učesnici saobraćajne nezgode. Deca su posebno osetljiva kada krenu u osnovnu školu, i kada im se da malo više nezavisnosti. Uzbuđenje što kreću u školu zajedno sa kritičnim uzrastnim dobom povećava izloženost dece povredama i smrti na putu.

Razlike u polu su takođe zapažen faktor rizika. Zapaženo je da su dečaci dva puta više uključeni u saobraćajne nezgode kao pešaci ili biciklisti nego devočice. Ovo se objašnjava time što dečaci provode mnogo više vremena napolju bez nadzora starijih i stavovi roditelja prema muškoj nezavisnosti doprinose tome. Takođe je moguće da karakterne osobine dečaka ih čine mnogo više izloženim nezgodama. Dečaci su često više impulsivni, često manje pažljivi u situacijama u saobraćaju i brzopleti na ulici.

Devojčice poseduju više znanja i poštuju propise bez otpora nego dečaci. Dečaci pokazuju manje kontrole i koncentracije, i često pokazuju otpor prema pravilima.

Deca iz nekih etničkih manjina imaju veći procenat nezgoda kao pešaci u poređenju sa njihovim vršnjacima.

Deca azijskog porekla skoro dva puta u većem riziku od pešačkih povreda nego druge grupe, ali ovaj factor je očigledniji u uzrastu do 10 godina. Faktori koji utiču na ove trendove su manje jasni. Uglavnom se ovo objašnjava time da je većina pripadnika etničkih manjina u mnogim zemljama nižeg socioekonomskog statusa, što je faktor rizika za nebezbedno ponašanje u saobraćaju. Takođe pominjenu se faktori kao što su kulturološka razlika i mogućnost za edukaciju.

Teorije razvoja predstavljaju teoretsku podlogu stava da je znanje do kojeg se dolazi praktičnim iskustvom efikasnije od onog do koga se dolazi klasičnim putem. Ipak ovim teorijama se ne dobijaju smernice o preciznim oblicima i metodama sticanja praktičnog iskustva koje je najefikasnije, već se obezbeđuju okviri za postavljanje ovog pitanja.

Postoje različiti mehanizmi za unapređenje razvoja kod dece. Najvažniji element razvoja je iskustvo koje se stiče konfliktom između ideja i praktičnog iskustva, ili između vlastitih i tuđih ideja koje se ispoljavaju tokom dijaloga. U ovom pogledu diskusija može biti od velikog značaja, jer obezbeđuje veliki domen za konflikt. Međutim diskusija kao oblik sticanja saznanja, može biti od velikog značaja za decu školskog uzrasta, dok je za decu predškolskog uzrasta njen uticaj ograničen zbog određenog stepena verbalnih sposobnosti. Zato postoje ograničenja uslova pod kojim dijalog može biti koristan. U vezi sa tim vlada mišljenje da bi diskusija vršnjaka bila mnogo efektivnija nego između odraslih i dece. Na prvom mestu, verbalne sposobnosti vršnjaka nalaze se na približno istom nivou razvoja, i osim toga deca imaju slične aspekte iz kojih dolaze do iskustva. Sa druge strane u diskusiji koju iniciraju odrasli postoji mogućnost prihvatanja perspektive koja nije primerena uzrastu dece i samim tim nije u potpunosti razumljiva.

Mehanizam učenja je rukovođenje akcijom, posebno preko korektivnog dijaloga. Osnovna ideja sastoji se u tome da se dijalog odvija na nivou trenutnih sposobnosti deteta, odnosno unutar zone približnog razvoja. Uprkos očiglednim razlikama nije neophodno pretpostaviti da su ovi mehanizmi međusobno isključivi. U oba slučaja, postoji naglasak na društvenoj interakciji i postoji činjenica da oba deluju kao alternativni procesi unutar interakcije. Što znači da će biti primenjen metod koji trenutno trenutno može dati bolje rezultate. Izgleda

verovatnije da će do većeg napretka pri učenju veština doći interaktivnim učenjem i transferom znanja na samu veštinu.

U praksi se pokazalo da je za dostizanje odgovarajućeg nivoa veština i drugih karakteristika odgovarajućeg stadijuma deteta, bitnije dobiti odgovarajuće iskustvo i način obuke nego imati potrebne godine. Odavde proizilazi da svaku od pomenutih faza treba postojati odgovarajući stepen informacija i posebni načini prezentovanja istih deci.

Deca nisu u stanju da diferenciraju prostor i vreme sve do svoje 8-9 godine, te iz tog razloga prave mnogo grešaka kod ovakvih zadataka. Osim toga deca u tom uzrastu imaju tendenciju vezivanja za svoj sopstveni udeo gledanja, kao na primer da vozač može da ih vidi onda kada oni mogu da vide vozilo.

Deca mlađa od 7-8 godina su nebezbedni pešaci zato što njima nedostaju potrebne kognitivne sposobnosti da bi bili u stanju da ispune zadatke u kojima su uključena (na primer ona imaju tendenciju da se vežu za pojedinačne elemente okruženja saobraćaja više nego što su svesna kompleksne interakcije različitih faktora).

Saobraćaj je najteži i najsloženiji deo okoline deteta. Prilagođavanje tako složenim uslovima za decu nije lako. Savremeni saobraćaj postavlja visoke zahteve pred čoveka kako u pogledu psihofizičkih sposobnosti tako i u pogledu prilagođavanja. Deca usled nedovoljne psihofizičke zrelosti, i nedovoljnog životnog i saobraćajnog iskustva nisu u mogućnost da udovolje ovako visokim zahtevima, pri čemu i najmanji trenutak nepažnje, nedoraslosti, nesnalaženja i neopreznosti za posledicu može da ima saobraćajnu nezgodu.

Kod manje dece su smanjene sposobnosti uviđanja, shvatanja, predviđanja, odlučivanja, upravljanja posledicama i opšte snalažnje u saobraćaju jer su psihičke funkcije potrebne za to još uvek nedovoljno konsolidovane. Osim toga, usled nedovoljnog iskustva, dete nije sposobno da opaža, vrši selekciju pojava i reaguje kao odrasla osoba. Starija deca imaju razvijene sposobnosti jer u doba puberteta doživljavaju fizičke i psihičke promene koje imaju značaj za njihovo snalaženje u saobraćaju. Dete nije u stanju da vrši uočavanje i selekciju pojava po značenju, već njegovu pažnju privlači i zadržava upadljiva ali za ponašanje u saobraćaju nebitna pojava.

Broj i sadržaj informacija koje dete dobija često nije dovljan da procenu opasnosti i bezbedno ponašanje. Odrasla osoba na osnovu prikupljenih informacija i stečenog iskustva, koje mališani nemaju, donosi odluke koje se bitno razlikuju od dečijih. Greške kod dece često nastaju usled nemogućnosti opažanja i predviđanja opasnosti. Reakcija odraslih u opasnim situacijama je brza i snažna, dok je dečija neodlučna, kolebljiva, a usled straha može doći i do kočenja motornih reakcija. Neotpornost na stresne situacije, značajno može uticati na ponašanje i reakcije deteta, koje se mogu negativno odraziti i na njegovo ponašanje u saobraćaju. Stresovi u školi emotivno utiču na dete i njegovo ponašanje na putu do kuće.

Deca najčešće uče po modelu odraslih. Prate i opažaju sve što rade odrasli, u najvećem broju slučajeva ono što rade upravo njihovi roditelji. Saradnja sa roditeljima u oblasti saobraćajne kulture je izuzetno važna, jer su roditelji, kao i nastavnici uzor i model ponašanja i u ovoj oblasti. Ako odrasli ne poštuju pravila i propise, velika je verovatnoća da ih neće poštovati ni deca. Svima je važno da decu što bolje pripreme za život, ali je još važnije naučiti ih kako da ga sačuvaju. Psihofizičke karakteristike dece u pojedinim uzrastima imaju veliki uticaj nanjihovoponašanje u saobraćaju.Kritične situacije u saobraćaju vezane su za prelazak kolovoza. Deca najčešće stradaju kao pešaci, a zatim kao putnici u vozilu i kao vozači bicikla.

Ponašanje dece u saobraćaju, po metodu opservacije, se razlike pri prelasku ulice u zavisnosti od starosti deteta: Većina dece uzrasta 3 - 5 godina ulicu prelaze brzo, bez zaustavljanja na ivičnjaku ili na položaju linije preglednosti (između parkiranih automobila) kao i gledanja u levu i desnu stranu pre izlaska na ulicu; Deca uzrasta 6 - 7 godina zastanu na ivičnjaku i gledaju pre nego što pređu, ali se ne zaustavljaju na položaju linije preglednosti. Ponašanje postaje još nebezbednije kada im je pažnja ometena (igrom, drugovima, životinjama...); Većina dece uzrasta 8 - 9 ulicu prelaze bezbedno, zaustavljaju se na ivičnjaku i liniji preglednosti i takođe gledaju pri prelasku ulice.

Ovi rezultati pokazuju da se deca pri prelasku kolovoza ponašaju relativno nebezbedno do uzrasta 8 godina.

Zadatak prelaska kolovoza može se posmatrati kroz četiri nivoa: opservacija,percepcija,procena iodluka.

Najveći broj saobraćajnih nezgoda u kojima stradaju deca pešaci kao osnovni uzrok imaju istrčavanje deteta na kolovoz bez prethodne provere. Česta greška koju deca prave prelazeći ulicu jeste da ne vode računa o vozilima koja im nailaze sa leđa. Može se učiniti da je rešenje ovog problema sasvim jednostavno, odnosno da je potrebno deci reći da bolje gledaju. Problem je u stvari u tome što mala deca treba da imaju jasniju ideju šta se od njih očekuje da traže osmatrajući saobraćaj. Ponekad se čini da ona osmatraju saobraćaj gledajući levo i desno, ali brzina kojom ona to urade dovodi do pitanja da li su zapravo nešto i mogla da vide. Za bezbedno prelaženje ulice

pešaci moraju prepoznati lokacije koje zaklanjaju njihov pogled na celokupnu situaciju na ulici. Ovakve lokacije smanjuju mogućnost uočavanja vozila koja nailaze.

Kod male dece vizuelna percepcija se pre svega karakteriše ograničenim vidnim poljem zbog niskog nivoa očiju (sa 2 godine - 80 cm, sa 6 godina - 110cm, sa 8 godina - 125cm). Proces pretrage vidnog polja je potpuno usmeren ka upadljivim elementima, i kod dece do uzrasta 5 godina gotovo da ne postoji kontrola pažnje. Deca uzrasta do 6 godina ne pretražuju sistematski vidno polje, već im pažnju privlače i atraktivniji objekti u okolini. Deca uzrasta do 6 godina imaju problema pri lokalizovanju zvuka koji dolazi sa leve ili desne strane bez okretanja glave. Tek deca uzrasta 6 - 7 godina počinju da prepoznaju situacije kada je potrebno usmeriti pažnju. Stvarno fokusiranje pažnje na relevantne informacije i ignorisanje nebitnih informacija se javlja tek posle uzrasta 11 godina. Istraživanja su pokazala da tek deca starija od 8 godina za detekciju saobraćaja koriste i sluh**.**

Najvažnija procena vezana je za kretanje saobraćaja. Samo 60% dece 4 - 7 godina poseduje u adekvatnoj meri znanja koje se brzine mogu očekivati od kojeg vozila.

Deca uzrasta od 5 godina su u stanju da procene brzinu nadolazećih vozila, sa mogućom greškom, obično procenjivanje (naročito devojčice i kada su u pitanju mali i bučni automobili, za razliku od velikih i tiših). Deca uzrasta 6 - 13 godina pokazuju znake nepouzdane procene daljine, naročito kada je u pitanju veća udaljenost. Deca uzrasta od 8 godina prilično tačno opažeju kretanje, dok kod mlađe dece opažanje pravca kretanja predstavlja problem.

Procena brzine vozila je osnova za procenu vremena koje je vozilu potrebno da dođe do deteta.

Deca uzrasta do 5 godina (kao i neka starija deca) koja nemaju izgrađen pojam stvarnog vremena, smatraju da je vreme direktno povezano sa udaljenošću. Procene vremenskih intervala su naročito dobre za kraće vremenske intervale (do 5 sekundi), dok za duže vremenske intervale (od 5 - 20 sekundi) nisu tako dobre.

Završna procena vrši se po pitanju rizika prelaska kolovoza.

Deca uzrasta 5 - 8 godina daju prilično ispravnu ocenu opasnosti. Deca uzrasta do 6 godina u izvesnoj meri shvataju rizik.

Na odluku o prelasku ulice utiče nekoliko procesa: memorisanje opažajnog saobraćaja, procene, predviđanja mogućih akcija ostalih učesnika u saobraćaju, uzimanje u obzir vremena potrebnog da se odluka donese. Sve ovo uz kombinaciju iskustva i znanja koja se poseduju utiče na to do kakve će se odluke doći. Prilikom samog opažanja saobraćaja deca moraju da vide koje su informacije iz okruženja bitne a koje ne. Deca dakle treba da iz velikog skupa informacija izaberu one koje su značajne za njihovo bezbedno prelaženje ulice i da ih integrišu u jednu celinu.

Međutim, istraživanjia su pokazala da od dece do 7 godina ne treba očekivati da znaju da integrišu informacije kao što su brzina i udaljenost. Tj., deca ne mogu da obrađuju više informacija istovremeno tako da se koncentrišu ili na brzinu ili udaljenost. Takođe u ovom uzrastu oni ne prepoznaju znakove i njihovu korisnost, koji pokazuju ostali učesnici u saobraćaju, čime često ne mogu da procene gde se oni kreću.

Ono što je drugi veliki problem je razlika između uzroka i posledice. Racionalnost u određivanju uzroka se pojavljuje tek sa uzrastom 7 - 8 godina, pa se ne može očekivati od dece mlađeg uzrasta da imaju izgrađeno mišljenje o mogućnostima i ograničenjima motornog saobraćaja.

Deca mlađa od 9 godina imaju tendenciju da se usresrede na pojedinačne faktore pri donošenju odlike. Ukoliko deca mogu da vide vozilo bilo gde u okruženju, ona donose sud da je lokacija za prelazak opasna. Ukoliko ne vide vozilo u pokretu ona zaključuju da je lokacija bezbedna. Odavde se može zaključiti da se deca oslanjaju na pravila koja su naučila, to jest, da ne prelaze ulicu ukoliko vide da vozilo nailazi. Ukoliko ne mogu da vide vozilo ona jednostavno pretpostavljaju da vozila nema.

5. RODITELJI KAO UZORI DECI

Roditelji predstavljaju najvažnije ličnosti u razvoju i vaspitavanju deteta, to su osobe koje najviše vremena provode sa svojom decom do njihovog polazka u školu, ili bi barem tako trebalo da bude. Jasno je da su oni osobe koje jedino u ranijim stadijumima života mogu uticati na sticanje saobraćajne kulture i na formiranje pozitivnih stavova prema pitanjima koja su važna za bezbedno učešće u saobraćaju. Pored toga deca uče na osnovu primera koji im pružaju drugi, a pre svega roditelji. Iz tog razloga veoma je važno deci pružati pozitivne primere. Roditelji predstavljaju grupaciju koja već ima formirane stavove. Ovo je važno jer deca uče i na osnovu pozitivnih i negativnih stavova, pošto ona ne mogu razlikovati da li je nešto dobro ili ne. Dece imaju tendencije da se poistovećuju sa svojim roditeljima, prihvatajući na taj način njihove stavove kao lične i ponašajući se

gotovo indentično. Zbog toga je važno da deca formiraju pozitivne stavove u ranom detinjstvu, jer osim što predstavlja osnovu za bezbedno učešće dece kao ušesnike u saobraćaju utiče i na razvoj osećaja lične odgovornosti za posledice koje može izazvati određen oblik ponašanja. Roditelji nisu samo važni zato što su modeli svojoj deci već i zato što oni mogu pomoći deci u razvoju veština.

Roditelji često misle da je dovoljno reći detetu da gledaju pre nego što pređu ulicu misleći da deca već imaju istu perspektivu posmatranja problema. Roditelji moraju shvatiti, takođe da sama primena ovakvih i sličnih instrukcija nije od koristi ukoliko se primenjuje na nebezbednim lokacijama. Prema tome svi roditelji moraju shvatiti da probleme posmatraju iz perspektive dece u zavisnosti od uzrasta deteta.

Kao što se iz svega može videti obuka i edukacija dece predstavlja jedan kompleksan problem. Iz tog razloga potrebno je na vreme početi sa obukom i edukacijom dece kako bi se od njih moglo očekivati da će se bezbedno ponašati u saobraćaju kao samostalni učesnici. Međutim, ne može se očekivati da roditelji znaju sve što je potrebno kako bi adekvatno pripremili svoje dete za bezbedno učestvovanje u saobraćaju, oni se međusobno razlikuju prema stečenom znanju, nivou obrazovanja, stavovima... Zato je potrebno roditelje usmeriti na najosnovnije stvari koje bi trebalo da znaju.

Ono što bi roditelji trebalo da znaju:

1. Deca mlađa od 8 godina imaju poteškoća sa ponašanjem u saobraćaju, zato ih nikad ne treba ostavljati same blizu ulice ili ih ostavljati da sama pređu ulicu;
2. Deci je potrebno objasniti šta je saobraćaj i da je put za vozila, a trotoar za pešake. Takođe im je potrebno pokazati gde je ivičnjak, i pri tome deca moraju shvatiti da je to linija razgraničenja površine namenjene pešacima i vozilima, na kojoj je potrebno zaustaviti se uvek pre prelaska ulice;
3. Decu je potrebno upoznati sa pešačkim prelazom i njegovim značenjem, ali nikako ne isticati da je to mesto na kome pešaci imaju prioritet pošto deca zbog toga mogu ispustiti prethodne provere pre prelaska ulice;
4. Kada se nalaze sa detetom na ulici potrebno je voditi računa o tome da se ono nalazi sa one strane trotoara koji je dalje od vozila koja se kreću kolovozom, i pritom je važno uvek držati dete za ruku;
5. Kad se kreću putem koji nema trotoara važno je kretati se stranom tako da budu okrenuta saobraćaju koji nailazi. Takođe im je potrebno objasniti zašto je potrebno da vide saobraćaj, kao i da budu viđena;
6. Ukoliko roditelji uvek traže bezbedno mesto za prelaženje ulice deca će to vremenom usvojiti. Jasno je da u tom uzrastu nemaju razvijenu koncepciju bezbednih i opasnih lokacija, ali im je moguće reći da uvek prelaze na pešačkom prelazu kada on postoji;
7. Pre prelažeja ulice važno je imati pregled oba pravca, objasniti deci da je potrebno zaustaviti se na ivičnjaku, zatim pogledati na obe strane i oslušnuti saobraćaj pre prelaženja;
8. Deci je potrebno objasniti da ne prelaze na mestima gde ih vozači ne mogu videti, ili gde oni ne mogu videti put u celosti. Takođe im je potrebno objasniti da ne prelaze ulicu između parkiranih vozila;
9. Nikada ne prelaziti ulicu na crveno. Ako postoji dugme za aktiviranje pešačke faze potrebno je pritisnuti ga i obavezno sačekati zeleni signal;
10. Važna je uočljivost pešaka, prilikom kupovine odeće, obuće, školskih torbi prednost davati svetlim i flurescentnim bojama.

I pored svih pravila i pažnje koju posvećuju roditelji ne mogu uvek zaštiti svoje dete. Sama deca uvek moraju da drže pažnju i budu spremna da reaguju kada je to potrebno. Istraživanja su pokazala da je uključenost roditelja u obrazovanju i zaštiti dece najvažniji faktor zaštite dece od nezgoda. Deca nadgledana od strane odraslih prave manje nezgoda, a nedostatak nadzora povećava rizik od nezgoda. Između četvrtine i trećine saobraćajnih nezgoda dogodi u prisustvu roditelja. Deca stiču lažan osećaj bezbednosti i previše se opuštaju kada su roditeljima. Deca koja su uvek nadgledana pri prelasku ulice nemaju dovoljno znanja da izaberu sigurnije mesto za prelazak između dve zadate lokacije. Potrebno je ohrabrivati roditelje da deci daju određenu nezavisnost kada su ona kognitivno spremna.

Prednosti uključivanja roditelja u edukaciju o bezbednom ponašanju u saobraćaju, bazirano na tome kako, kada i gde deca razvijaju ove veštine. To je sledeće:

1. Roditelji brinu za dobro svog deteta i motivisani su da ono bude bezbedno;

2. Roditelji prihvataju i osetljivi su prema načinu ponašanja svoje dece i uzavisnosti od njega reaguju;
3. Roditelji su modeli (što možda shvataju ili ne) kao pešaci, putnici ili vozači svojoj deci koja ih imitiraju od prve godine života;
4. Roditelji su sa svojom decom često u okruženju gde se odvija saobraćaj i imaju priliku da im pomognu u razvoju njihovih veština;
5. Roditelji mogu modifikovati i usavršiti svoje ponašanje;
6. Roditelji su na pravom mestu u vreme kada su deca najspremnija da uče;
7. Obdaništa i škole u početnim razredima nisu u mogućnosti da često izvode decu van školskog dvorišta (ali mogu pomoći u razumevanju stečenih iskustva);
8. Teško je i iziskuje mnogo para i vremena da se promeni ponašanje odraslog čoveka, tako da je potrebno da deca budu pravilno vaspitavana i učena od ranog detinjstva.

Roditelji često nisu svesni koliki uticaj imaju kao modeli ponašanja tokom prve tri godine života i kako se trebaju postaviti u učenju dece dok su još mala veštinama potrebnim za učestvovanje u saobraćaju. Roditelji su često nesvesni najboljeg pristupa u vaspitanju dece (na primer da dete uči bolje kroz otkrivanje i samorefleksiju nego pravilima, da obučavanje na ulici treba biti primarno fokusirano na vizuelne sposobnosti kad je dete razvojno spremno). Zato roditelji i drugi odrasli moraju biti edukovani o metodama koje se koriste u različitim situacijama (na primer pri prelasku ulice), kako bi usadili pravilno ponašanje u svoju decu. Imperativ je obezbediti roditeljima i drugim odraslima odgovarajuće informacije, ali ih i edukovati kada, gde i kako da uče svoju decu veštinama koje su potrebne za bezbedno ponašanje u saobraćaju.

Pristup u prevenciji saobraćajnih nezgoda, čija primena iziskuje najviše vremena ali može obezbediti dalekosežne rezultate bazira se na edukaciji učesnika u saobraćaju. Edukacija predstavlja osnovni metod koji za cilj može imati proširivanje znanja iz određene oblasti kod subjekta koji predstavljaju ciljanu grupu delovanja. Određena znanja mogu uticati na formiranje pozitivnih stavova prema društveno prihvatljivim kodeksima ponašanja, u smislu bezbednog učestvovanja u saobraćaju. Stavovi formirani na ranijim nivoima razvoja ličnosti mogu imati pozitivnog uticaja na ponašanje i u kasnijim stadijumima života. U tom smislu važno je shvatiti značaj edukacije kao opšteg interesa društvene zajednice koji će biti manifestovan povećanjem nivoa bezbednosti svih učesnika u saobraćaju.

U cilju povećanja nivoa bezbednosti dece u saobraćaju delovanje je moguće izvršiti u nekoliko pravaca. Naime, osim što je moguće izvršiti direktan uticaj na decu kao posebnu kategoriju učesnika u saobraćaju, moguće je izvršiti i edukaciju roditelja i nastavnika koji imaju neposredan uticaj na formiranje ličnosti deteta. Najbolji efekat može se očekivati u slučaju delovanja na sve tri ciljne grupe.

Roditelji predstavljaju najvažnije ličnosti u razvoju i vaspitavanju deteta, to su osobe koje najviše vremena provode sa svojom decom do njihovog polazka u školu, ili bi barem tako trebalo da bude. Jasno je da su oni osobe koje jedino u ranijim stadijumima života mogu uticati na sticanje saobraćajne kulture i na formiranje pozitivnih stavova prema pitanjima koja su važna za bezbedno učešće u saobraćaju. Pored toga deca uče na osnovu primera koji im pružaju drugi, a pre svega roditelji. Iz tog razloga veoma je važno deci pružati pozitivne primere. Osim toga imaju indirektan uticaj na uobličavanje stavova deteta putem metoda nege i vaspitanja koje primenjuju. Osim dobrog ličnog primera potreban je i određeni vid komunikacijekoji će obezbediti deci elementarno znanje koje će omogućiti razvoj njihovih sposobnosti za bezbedno učestvovanje u saobraćaju.

Roditelji predstavljaju grupaciju koja već ima formirane stavove. Ovo je važno jer deca uče i na osnovu pozitivnih i negativnih stavova, pošto ona ne mogu razlikovati da li je nešto dobro ili ne. Tako da roditelji treba da shvate koji su to negativno primeri koji daju decu i da ih promene. Deca imaju tendencije da se poistovećuju sa svojim roditeljima, prihvatajući na taj način njihove stavove kao lične i ponašajući se gotovo indentično. Zbog toga je važno da deca formiraju pozitivne stavove u ranom detinjstvu, jer osim što predstavlja osnovu za bezbedno učešće dece kao ušesnike u saobraćaju utiče i na razvoj osećaja lične odgovornosti za posledice koje može izazvati određen oblik ponašanja. Roditelji nisu samo važni zato što su modeli svojoj deci već i zato što oni mogu pomoći deci u razvoju veština.

Delovanje je potrebno izvršiti u smeru povećanja znanja o razvoju deteta i njegovim mogućnostima kao i znanjima koje ono mora posedovati u zavisnosti od uzrasta da bi moglo bezbedno učestvovati u saobraćaju. Roditelji često misle da je dovoljno reći detetu da gledaju pre nego što pređu ulicu misleći da deca već imaju istu perspektivu posmatranja problema. Roditelji moraju shvatiti, takođe da sama primena ovakvih i sličnih instrukcija nije od koristi ukoliko se primenjuje na nebezbednim lokacijama. Prema tome svi roditelji moraju shvatiti da probleme posmatraju iz perspektive dece u zavisnosti od uzrasta deteta.

Osim toga, potrebno je uticati na povećanje svesti o važnosti uticaja na ponašanje dece kao učesnika u saobraćaju. Propagandni materijali koji se koriste u ovom smislu mogu se bazirati na emocijama koje njihova primena izaziva na ciljnu grupu, kako bi se povećala svest o značaju obuke dece za bezbedno učestvovanje u saobraćaju. Osim propagande koja se može vršiti posredstvom sredstava javnog informisanja, moguće je organizovati javne tribine na kojima bi bila razmatrana ova tema. Delovanje treba izvršiti tako da se ne izazove kontraefekat. Edukacija ne zahteva povećanje znanja o saobraćaju jer ta znajnja već postoje već o načinu i značaju delovanja koje je potrebno izvršiti. Roditelji moraju da znaju kako da postupaju sa decom da ne bi izazvali kontraefekat.

Kao što se iz svega može videti obuka i edukacija dece predstavlja jedan kompleksan problem. Iz tog razloga potrebno je na vreme početi sa obukom i edukacijom dece kako bi se od njih moglo očekivati da će se bezbedno ponašati u saobraćaju kao samostalni učesnici. Međutim, ne može se očekivati da roditelji znaju sve što je potrebno kako bi adekvatno pripremili svoje dete za bezbedno učestvovanje u saobraćaju, oni se međusobno razlikuju prema stečenom znanju, nivou obrazovanja, stavovima... Zato je potrebno roditelje usmeriti na najosnovnije stvari koje bi trebalo da znaju. Ovo usmeravanje može se vršiti na više načina. Na primer, moguće su emisije i tribine edukativnog karaktera, kratki spotovi kojima bi se osim važnosti problema predočili i određeni oblici ponašanja i slično. Ono što bi roditelji trebalo da znaju:

1. Deca mlađa od 8 godina imaju poteškoća sa ponašanjem u saobraćaju, zato ih nikad ne treba ostavljati same blizu ulice ili ih ostavljati da sama pređu ulicu;
2. Deci je potrebno objasniti šta je saobraćaj i da je put za vozila, a trotoar za pešake. Takođe im je potrebno pokazati gde je ivičnjak, i pri tome deca moraju shvatiti da je to linija razgraničenja površine namenjene pešacima i vozilima, na kojoj je potrebno zaustaviti se uvek pre prelaska ulice;
3. Decu je potrebno upoznati sa pešačkim prelazom i njegovim značenjem, ali nikako ne isticati da je to mesto na kome pešaci imaju prioritet pošto deca zbog toga mogu ispustiti prethodne provere pre prelaska ulice;
4. Kada se nalaze sa detetom na ulici potrebno je voditi računa o tome da se ono nalazi sa one strane trotoara koji je dalje od vozila koja se kreću kolovozom, i pritom je važno uvek držati dete za ruku;
5. Kad se kreću putem koji nema trotoara važno je kretati se stranom tako da budu okrenuta saobraćaju koji nailazi. Takođe im je potrebno objasniti zašto je potrebno da vide saobraćaj, kao i da budu viđena;
6. Ukoliko roditelji uvek traže bezbedno mesto za prelaženje ulice deca će to vremenom usvojiti. Jasno je da u tom uzrastu nemaju razvijenu koncepciju bezbednih i opasnih lokacija, ali im je moguće reći da uvek prelaze na pešačkom prelazu kada on postoji;
7. Pre prelažeja ulice važno je imati pregled oba pravca, objasniti deci da je potrebno zaustaviti se na ivičnjaku, zatim pogledati na obe strane i oslušnuti saobraćaj pre prelaženja;
8. Deci je potrebno objasniti da ne prelaze na mestima gde ih vozači ne mogu videti, ili gde oni ne mogu videti put u celosti. Takođe im je potrebno objasniti da ne prelaze ulicu između parkiranih vozila;
9. Nikada ne prelaziti ulicu na crveno. Ako postoji dugme za aktiviranje pešačke faze potrebno je pritisnuti ga i obavezno sačekati zeleni signal;
10. Važna je uočljivost pešaka, prilikom kupovine odeće, obuće, školskih torbi prednost davati svetlim i flurescentnim bojama.

Osim svojih roditelja deca kada krenu u školu deca nalaze uzore u svom okruženju, i to najčešće učitelje ili vaspitače. Svako dete predstavlja individu koja se od drugih razlikuje po stepenu intelegencije, tempramentu, karakteru i drugim karakteristikama zbog čega se nekada zahteva drugačiji pristup edukaciji. Do sada u školama nije posebno obraćana pažnja ovoj problematici. Uglavnom su pitanja bezbednosti saobraćaja bila provlačena kroz razne predmete. Kada je reč o obuci dece za bezbedno učestvovanje u saobraćaju zahteva se drugačiji pristup u odnosu na klasične metode učenja koje se tradicionalno primenjuju u sistemima obrazovna. Naime, u ovom slučaju ne zahteva se prosta reprodukcija znanja, već razumevanje i transfer znanja na situacije sa kojima se deca mogu sresti u realnom saobraćajnom okruženju. Nastavno osoblje mora biti edukovano u cilju pravilnog usmeravanja nastavnih aktivnosti koje se odnose na bezbedno učešće dece u saobraćaju. Obzirom da se uglavnom predlažu razni oblici interaktivnog učenja nastavnici moraju znati kako započeti i usmeriti diskusiju. Koja su znanja koja deca moraju posedovati u zavisnosti od uzrasta. Od nastavnika se zahteva mogućnost procene razumevanja izrečenog. Potrebno je uključiti decu u interakciju da bi se navela na razmišljanje i ne bi

predstavljala pasivne posmatrače. Važno je shvatiti značaj kompleksnosti problema. Nije važno samo bezbedno ponašanje već ih naučiti i kako da se zaštite i kako da prepoznaju opasnost.

6. ZAKLJUČAK

Korisnici puteva su prva karika u lancu bezbednosti i jedna od najsklonijih greškama. Bez obzira na to da li su primenjene tehničke mere, efikasnost uredbi za bezbednost na putevima, na kraju sve zavisi od ponašanja korisnika. Obrazovanje, obuka i sprovođenje zakona su od presudnog značaja.Sistem obrazovanja predstavlja značajan segment bezbednosti u drumskom saobraćaju. Nedovoljna edukacija, nepoznavanje propisa u drumskom saobraćaju, značajan su uzrok saobraćajnih nezgoda. Posebna pažnja mora se posvetiti poboljšanju procesa edukacije učesnika u saobraćaju i unapređenju svesti o posledicama saobraćajnih nezgoda, koja je osnov podizanja nivoa bezbednosti drumskog saobraćaja i dostizanju evropskih standarda. Potrebno je organizovano, plansko i sistematsko razvijanje saobraćajne kulture koja se temelji na zakonski utvrđenim propisima i razvijanje saobraćajne kulture kao sastavnog dela opšte kulture svakog čoveka. Formalno obrazovanje se obezbeđuje programima redovnog obrazovanja za sticanje znanja i podizanje saobraćajne kulture, koje realizuju predškolske i školske ustanove, a obrazovanje odraslih u procesu pripreme kandidata za polaganje vozačkog ispita vrši se u auto školama.

Statistički podaci nam ukazuju na to da je poslednjih godina broj dece, saobraćajnih žrtava, velik i konstantan. Žrtva su u svakoj trećoj saobraćajnoj nesreći, a najčešće stradaju kao pešaci ili putnici u vozilu. Deca predškolskog i ranog osnovnoškolskog uzrasta predstavljaju najugroženije učesnike u saobraćaju. U tom uzrastu se deca osamostaljuju kao pešaci ili kao vozači bicikla, rolera, sanki, skejta i sl. Pojavljuju se na saobraćajnicama bez pratnje odraslih veoma rano, a od šeste godine njihovo učešce je masovnije. To je poslednja prilika za sistematičan rad na saobraćajnom vaspitanju dece uz učešce roditelja, školskih uprava i lokalnih samouprava.

Porodica je jedan od osnovnih faktora vaspitanja deteta, kako opšteg, tako i saobraćajnog. Uticaj porodice na vaspitanje deteta zavisi od odraslih članova porodice, njihovog obrazovanja, ponašanja, odnosa i stava prema saobraćaju, njihove saobraćajne kulture. Svojim ponašanjem, roditelji će uticati na dete. Roditelji, poštivanjem propisa i pravila saobraćaja, razviće navike kod deteta. Drugi važan faktor obrazovanja i pripreme deteta za učešće u saobraćaju, jesu predškolske ustanove i škole. Radom na saobraćajnom vaspitanju dece postiže se povećanje njihove bezbednosti kao samostalnih učesnika u saobraćaju. Obrazovne (predškolske) ustanove kroz igru, crtanje, pevanje i zabavu mogu dosta doprineti kvalitetu sticanja navika i ponašanja u saobraćaju. Kasnije, nakon što deca nauče čitati, razni stripovi i časopisi za decu, pomoći će u povećanju stepena obrazovanja dece kada je u pitanju saobraćaj i ponašanje u njemu.

Osposobljavanje dece za bezbedno učestvovanje u saobraćaju, podizanje stepana saobraćajne kulture, postići će se i organizovanjem kvizova, vežbanjem na poligonu za vožnju bickla, vežbanjem složenijih radnji na poligonu (vožnja po takmičarskim propozicijama),primenom stečenog znanja na konkretnom saobraćajnom prostoru(raskrsnica, pešački prelaz), i takmičenjima u školama.Podizanje stepana saobraćajne kulture i bezbednosti saobraćaja moguće je postići izradom projekata, studija, sprovođenjem kampanja, edukativno plasirati sadržaje koji ukazuju na drastične primere kršenja pravila saobraćaja (brza vožnja, vožnja pod uticajem alkohola i drugih opojnih sredstava, upotreba sigurnosnih pojaseva, upotreba mobilnog telefona, nošenje zaštitne kacige, nepropisno preticanje, poštovanje prava prvenstva prolaza, agresivna vožnja i dr.) i posledice izazvane takvim ponašanjem učesnika.Primeri aktivnosti: saobraćajno obrazovanje i vaspitanje, istraživanja stanja i lokalnih problema, finansiranje i realizacija kampanja u bezbednosti saobraćaja, rad sa ranjivim i rizičnim grupama učesnika u saobraćaju, informisanje javnosti i druge preventivno–propagandne aktivnosti, bolje saobraćajno uređenje zona škola i objekata velike atrakcije, organizacija i rad školskih saobraćajnih patrola i saobraćajnih patrola grada itd.

Cilj rada na saobraćajnom vaspitanju dece direktno utiče na povećanje njihove bezbednosti kao samostalnih učesnika u saobraćaju. Smatra se da dete pre navršenih 12 godina života nema razvijene sposobnosti neophodne za donošenje odluka u saobraćajnim situacijama. I pored toga, deca sa navršenih 5-6 godina su prisutna u saobraćaju bez pratnje odraslih. Detetu predškolskog uzrasta otežano je donošenje odluka u saobraćajnim situacijama. Među brojnim utiscima koji mu odvlače pažnju, ono ne ume da izdvoji bitno od nebitnog. Usmeravanje pažnje na relevantne informacije je za očekivati tek u uzrastu od 11 godina. Zato dete treba na njemu pristupačniji i zanimljiviji način izdvojiti najvažnije informacije kako bi moglo doneti ispravnu odluku. Nakon osme godine, dete u razmatranju ljudskih odnosa može da razlikuje uzrok i posledicu. Važno je organizovati aktivnosti u kojima dete uz pomoć odraslog razmatra sled događanja i otkriva uzročno-posledične veze. Deca u saobraćaju suviše brzo ili suviše sporo donose odluke. Važno je da saobraćajne situacije u kojima dete treba da donosi odluke budu što jednostavnije.

Šta je najvažnije? Lični primer i dosledno ponašanje odraslih. Usvajanje znanja i formiranje osnovnih pojmova saobraćajne kulture praktično vežbanje, ponavljanje, podsticanje razvoja misaonih procesa i sposobnosti kojima se stvara osnova za povećanje sigurnosti dece u saobraćaju. Kao roditelj važno je da: Svojim doslednim i bezbednim ponašanjem u saobraćajudate lični primer svom detetu; Upoznate svoje dete sa osnovnim saobraćajnim znakovima, pravilima i obavezama; Praktično vežbate sa svojim detetom različite situacije usaobraćaju; Ponavljate naučeno sa svojim detetom, i to na različite načine i u različitim situacijama.

Kada u prisustvu deteta roditelj donese odluku da postupi suprotno pravilima, odrasli mu šalje skrivenu poruku: ništa se loše neće desiti ako prelaziš ulicu van pešačkog prelaza, ili ne čekaš zeleni signal na semaforu, iako time dovodiš sebe u opasnost; pravila postoje, ali kad žuriš ona nisu važna; ne moraš sam da vodiš računa o svemu, vozač mora da pazi šta radi; neće baš meni i baš sad da se desi nezgoda.

Nasuprot tome, odrasli koji predstavlja dobar model za identifikaciju šalje detetu sledeće poruke: moram da poštujem pravila jer je bezbednost važnija od svih nagrada ili kazni; ne postoji dovoljno dobar razlog da sebe dovedeš u opasnost; ne postoji ništa važnije od tvoje sigurnosti.

Kao što smo videli na decu sa saobraćajnog aspekta treba što ranije upućivati u materiju, naravno jezikom koji oni mogu da razumeju. Gledajući ankete možemo videti da najviše roditelja saobraćajno vaspitava svoju decu iz spostvenog iskustva i znanja. Da li je to baš dobro, da li oni znaju ograničenja svoje dece, dali vrše nadzor na njima, kao što vidimo postoje mnoga pitanja, ali ono što je jasno je da prvo roditelj treba da bude upućen u materiju da bi mogao da to znanje prenese na svoju decu.

Kada treba početi sa obukom roditelja nisam siguran ali bi najkasnije trebalo da počne kada im deca krenu u obdanište ili školu. Tada treba da im se održati predavanje kao i podsetnik šta ne smeju da zaborave. U podsetniku bi prema mom mišljenju trebalo da se nalazi između ostalog: Idite više puta sa vašim detetom u školu, izaberite najsigurniji put, jer najkraći put nije i najsigurniji; Prdržavajte se sledećih pravila pri prelasku ulice sa vašim detetom. Pri istupanja na ulicu uvek se zaustaviti na ivičnjaku, pogledajte na obe strane i posmatrati saobraćaj, krenuti tek kada je ulica slobodna, nikada ne trčati,čak i za vreme prelaska posmatrati saobraćaj, za vreme izvođenja procedure objašnjavati detetu šta se radi i zbog čega; Voditi dete unutrašnjom stranom trotoara; Obavezna svetla odeća noću; Izbegavati kapuljašu jer ometa vidljivost; Igračke nositi samo u torbi jer u suprotnom ometaju pažnju; Pošaljite dete na vreme u školu, jer žurba povećava mogućnost nastanak nezgode; Kada dete greši u saobraćaju izbegavajte kažnjavanje, stavite mu do znanja kako je opasno nepravilno se ponašati u saobraćaju, pokažite mu kako je pravilno.

Roditeljska pratnja daje zaštitu deci. Pokušajte ipak da mu ulijete i malo samostalnosti na putu do škole. Razvijajte mu pozitivne stavove prema sebi, drugima i prema nebednosti saobraćaja. Obratite pažnju da ga nikad ne zovete sa suprotne strane ulice. Naročitu pažnju posvetite detetu na početku i kraju školske godine.

7. LITERATURA

Dragač, R.,Vujanić, M., Bezbednost saobraćaja II deo,Saobraćajni fakultet, Beograd, 2002

Lipovac, K., Bezbednost saobraćaja, Službeni list, Beograd, 2008

Statistički izveštaj o stanju bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji u 2022. godini, Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije, 2022

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

VEHICLE FLOW AS A CRITERION FOR THE IMPLEMENTATION OF LIGHT SIGNALING

PROTOK VOZILA KAO KRITERIJUM ZA UVOĐENJE SVJETLOSNE SIGNALIZACIJE

Bojana Ristić

University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, bojana.ristic@sf.ues.rs.ba

Abstract: *Management on the city traffic network relies mostly on the application of light signals that are the backbone of the urban traffic management system. Nowadays, the introduction of traffic lights at intersections has become a challenge for traffic experts, especially in larger cities, or roads with a large number of traffic lanes and intensive motorized traffic. Therefore, the criteria in the world that are used for the implementation of traffic lights at intersections are very important for making objective decisions about the need to introduce traffic lights. The choice of regulation method, as a rule, always depends on the traffic intensity, ie the size of the flow requirements. This paper will analyze the criteria based on the size of the flow, which are contained in the manuals used in different countries in the case when it is necessary to make a decision on the need to introduce light signaling.*

Key words: *flow size criterion, intersections, regulation*

Apstrakt*: Upravljanje na gradskoj saobraćajnoj mreži se najviše oslanja na primjenu svjetlosnih signala koji predstavljaju okosnicu urbanog sistema upravljanja saobraćajem. Uvođenje svjetlosne signalizacije na raskrsnicama je u današnje vrijeme postao izazov stručnjacima saobraćajne struke, posebno u većim gradovima, odnosno saobraćajnicama sa velikim brojem saobraćajnih traka, i intezivnim motorizovanim saobraćajem. Stoga su kriterijumi u svijetu koji se koriste za uvođenje svjetlosne signalizacije na raskrsnicama veoma važni za donošenje objektivnih odluka o potrebi uvođenja svjetlosne signalizacije. Izbor načina regulisanja, po pravilu, uvijek zavisi od intenziteta saobraćaja, odnosno veličine zahtjeva za protokom. U okviru ovog rada biće analizirani kriterijumi zasnovani na veličini protoka, a koji su sadržani u priručnicima koji se koriste u različitim zemljama u slučaju kada je potrebno donijeti odluku o potrebi za uvođenjem svjetlosne signalizacije.*

Ključne riječi: *kriterijum veličine protoka, raskrsnice, regulisanje*

1. UVOD

Raskrsnice su mjesta gdje se vrši distribucija tokova po smjerovima vožnje i one su, po pravilu, kritična mjesta na putnoj i uličnoj mreži, posebno u slučaju kada postoji i pješački saobraćaj. Složenost raskrsnice ne zavisi samo od karakteristika saobraćajnih tokova, već i od geometrije, načina i primjenjenog načina regulisanja saobraćaja.

Između učesnika u saobraćaju može doći do konflikta, a mjesta na kojima do njih dolazi nazivaju se konfliktne tačke. Ako se uzme u obzir najjednostavnija četverokraka raskrsnica sa dva smjera, ona ima čak 12 konfliktnih tačaka vozilo-vozilo (lijevo skretanje, pravo i desno skretanje sa svakog od prilaza) kao i četiri konfliktne tačke na pješačkom prelazu, odnosno, vozilo-pješak. Iz naprijed navedenog, može se zaključiti da raskrsnica predstavlja prostor sa povećanom koncentracijom konflikata i uvećanog rizika od nastanka nezgoda. Jedan od važnijih zadataka saobraćajnog inženjerstva jeste da se broj konfliktnih tačaka na ovakvim raskrsnicama svede na minimum i da se omogući sigurno i bezbjedno kretanje svim učesnicima u saobraćaju kroz raskrsnicu. (Roess

i dr., 2004) Veoma često se zbog problema koji su vezani za bezbjednost saobraćaja i nivo usluge, saobraćaj na raskrsnicama reguliše svjetlosnom signalizacijom.

Priručnik o uređajima za kontrolu saobraćaja (Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways, 2009) navodi sledeće prednosti svjetlosnih signala koji su „pravilno dizajnirani, locirani, rukovani i održavani“. Kao prednosti se navode:

- Obezbjeđuju neprekidno odvijanje saobraćaja.
- Oni povećavaju kapacitet saobraćaja na raskrsnici ako se koriste odgovarajuće fizičke udaljenosti i kontrolne mjere i ako se vrijeme signala revidira i ažurira na redovnoj osnovi (svake dvije godine) kako bi se osiguralo da zadovoljava trenutne zahtjeve saobraćaja.
- Oni smanjuju učestalost i ozbiljnost određenih vrsta sudara, posebno sudara pod pravim uglom.
- Oni su koordinisani da obezbijede neprekidno ili skoro neprekidno kretanje određenom brzinom duž date trase pod povoljnim uslovima.
- Koriste se za prekid povećanog priliva saobraćaja saobraćaja u intervalima kako bi se omogućilo da manje obiman saobraćaj iz drugog smjera, odnosno vozila ili pješaci, bezbjedno napuste ukrštanje.

Korisnici gradske mreže se veoma često susreću sa signalisanom raskrsnicom, individualnom ili onom koja je dio nekog kompleksnog sistema upravljanja saobraćajem. Poštovanje odavno definisanih pravila ponašanja na signalisanoj raskrsnici obezbjeđuje njeno pravilno funkcionisanje. Nepoštovanje pravila ponašanja povećava mogućnost ugrožavanja života ostalih učesnika u saobraćaju.

Pogrešno je shvatanje da će se uvođenjem svjetlosnih signala na raskrsnicama obavezno riješiti svi saobraćajni problemi. Često se dogodi da svjetlosni signali koji su postavljeni na raskrsnici bez dovoljno opravdanja dovedu do pogoršanja stanja saobraćaja, što se ogleda kroz duže zadržavanje i usporavanje kretanja vozila u saobraćajnim trakama. Na raskrsnicama sa malim obimom saobraćaja, za uspješno regulisanje kretanja su dovoljni i znakovi kojima se reguliše prioritet. Iz tog razloga, da bi se uvela svjetlosna signalizacija na određenoj raskrsnici ili dijelu mreže, treba da budu zadovoljeni određeni preduslovi koji su sistematizovani i sadržani u kriterijumima Sjedinjenih Američkih Država (Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways, 2009).

Strukturu ovog rada, pored uvodnog dijela, čine tri dijela, a na samom kraju je dat pregled korišćene literature. U drugom dijelu rada navedeni su i prikazani kriterijumi za uvođenje svjetlosne signalizacije sa posebnim osvrtom na kriterijum koji je zasnovan na veličini zahtjeva za protokom vozila. U okviru trećeg dijela rada prikazane su uporedne analize kriterijuma zahtjeva za veličinom protoka vozila za uvođenje svjetlosne signalizacije u skladu sa podacima za analizirane države. Zaključna razmatranja su data u četvrtom dijelu rada.

2. KRITERIJUMI ZA UVOĐENJE SVJETLOSNE SIGNALIZACIJE U ZEMLJAMA U SVIJETU

Upravljanje saobraćajem uz pomoć svjetlosne signalizacije je uobičajeno rješenje koje se primjenjuje na mjestima sukobljavanja tokova, gdje se kao posledica nedostatka kapaciteta za pojedine ili sve saobraćajne tokove javljaju neopravdano veliki zastoji ili ozbiljnije pogoršava bezbjednost saobraćaja.

Upravljanje saobraćajem obavlja se primjenom odgovarajućih sistema svjetlosne signalizacije. Ovi sistemi predstavljaju skup više međusobno povezanih signalnih i upravljačkih uređaja sa određenom funkcijom u sprovođenju procesa regulisanja saobraćaja, a prilagođeni su zahtjevima saobraćaja na ukrštanju koje je predmet rješavanja. (Milosavljević i Babić, 2020)

Programiranjem rada svjetlosnih signala utvrđuje se vremenski raspored i pravo prolaza kroz rasksnicu za tokove koji se sukobljavaju i definiše se bezbjedno odvijanje saobraćaja na raskrsnici u okvirima projektovanog procesa regulisanja.

Da bi se uvela svjetlosna signalizacija na određenoj raskrsnici, potrebno je da budu zadovoljeni određeni preduslovi koji se ogledaju u kriterijumima za uvođenje svjetlosne signalizacije. Kriterijumi su različiti, zavisno od specifičnosti lokacije raskrsnice i karaktera saobraćajnih tokova koji se na njoj odvijaju.

Vukanović (2008) navodi da postoji pet osnovnih kriterijuma za uvođenje svjetlosne signalizacija, a u praksi se najčešće primjenjuju sledeći:

- •Kriterijum zasnovan na veličini zahtjeva za protokom
- •Kriterijum prioriteta
- •Kriterijum saobraćajnih nezgoda
- •Režimski kreterijumi
- •Kombinovani kriterijumi

Kriterijumi koji se najčešće koriste u svijetu su kriterijum zasnovan na veličini zahtjeva za protokom, kriterijum prioriteta i kombinovani kriterijum.

2.1. Kriterijum zasnovan na veličini zahtjeva za protokom

Kriterijum zasnovan na veličini zahtjeva za protokom i vremenskih gubitaka je osnovni kriterijum za uvođenje svjetlosne signalizacije koji ima tri varijante i to:

- •Kriterijum protoka vozila na glavnom i sporednom pravcu,
- •Kriterijum prekidanja glavnog toka, i
- •Kriterijum protoka pješaka.

Za analizu propisanih vrijednosti veličine zahtjeva za protokom vozila, u ovom radu je odabrano šest država u svijetu a to su: SAD, Rusija, Kanada, Indija, Australija i Škotska gdje se razlikuju vrijednosti ili vremensko trajanje mjerenja veličine zahtjeva za protokom vozila.

Kriterijum minimalne veličine protoka vozila se koristi u slučajevima u kojima je protok vozila na raskrsnici osnovni povod za uvođenje i primjenu svjetlosnih signala. Kriterijum je zadovoljen kada za bilo koji (određen) broj časova prosječnog dana veličine protoka vozila na glavnom i sporednom putu odgovaraju ili su veće od veličina datih u tabeli.

Tabela 1. Kriterijumi veličine protoka u Sjedinjenim Američkim Državama (Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways, 2009 Edition, U.S. Federal Highway Administration)

Broj saobraćajnih traka na svakom prilazu		Prosječan časovni protok u voz/h koji treba da se dostigne		Broj časova mjerenja
Glavni put	Sporedni put	Voz/h na glavnom putu (ukupno oba prilaza)	Voz/h na opterećenijem prilazu sporednog puta (samo jedan smjer)	
1	1	500	150	8 h
2 ili više	1	600	150	
2 ili više	2 ili više	600	200	
1	2 ili više	500	200	

Kriterijumi protoka u SAD-u su zasnovani na ukrštanju glavnih i sporednih puteva, koji mogu imati od jedne do dvije ili više saobraćajnih traka, pri čemu glavni put mora imati ukupnu veličinu protoka od najmanje 500 voz/h, a 150 voz/h na sporednom putu.

Tabela 2. Kriterijumi veličine protoka u Rusiji (Metodološke preporuke za projektovanje svjetlosnih objekata na putevima, (2015), FEDERALNA AGENCIJA ZA PUTEVE)

Broj saobraćajnih traka na svakom prilazu		Prosječan časovni protok u voz/h koji treba da se dostigne		Broj časova mjerenja
Glavni put	Sporedni put	Voz/h na glavnom putu (ukupno oba prilaza)	Voz/h na opterećenijem prilazu sporednog puta (samo jedan smjer)	
1	1	750	75	8 h
		670	100	
		580	125	
		500	150	
		410	175	
		380	190	

2 i više	1	900	75	
		800	100	
		700	125	
		600	150	
		500	175	
		400	200	
2 ili više	2 ili više	900	100	
		825	125	
		750	150	
		675	175	
		600	200	
		525	225	
		480	240	

Kada se radi o Rusiji, veličina protoka se kreće od minimalno 380 voz/h za glavni put sa jednom saobraćajnom trakom, dok je za glavni put sa dvije ili više saobraćajnih traka veličina protoka minimalno 400 voz/h. Sporedni put treba da ima veličinu protoka od minimalno 75 voz/h do maksimalno 240 voz/h.

Tabela 3. Kriterijumi veličine protoka u Kanadi (Electrical and traffic engineering manual, section 400 signal design (2019) Ministry of Transportation and Infrastructure)

Broj saobraćajnih traka na svakom prilazu		Prosječan časovni protok u voz/h koji treba da se dostigne		Broj časova mjerenja
Glavni put	Sporedni put	Voz/h na glavnom putu (ukupno oba prilaza)	Voz/h na opterećenijem prilazu sporednog puta (samo jedan smjer)	
1	1	500	150	7 h
2 ili više	1	600	150	
2 ili više	2 ili više	600	200	
1	2 ili više	500	200	

Kanada ima slične kriterijume kao SAD, s tim što je interval mjerenja malo kraći, odnosno iznosi ukupno 7 časova.

Tabela 4. Kriterijumi veličine protoka u Indiji (Guidelines on design and installation of road traffic signals, (1985) THE INDIAN ROAD CONGRESS)

Broj saobraćajnih traka na svakom prilazu		Prosječan časovni protok u voz/h koji treba da se dostigne		Broj časova mjerenja
Glavni put	Sporedni put	Voz/h na glavnom putu (ukupno oba prilaza)	Voz/h na opterećenijem prilazu sporednog puta (samo jedan smjer)	
1	1	650	200	7 h
2 ili više	1	800	200	
2 ili više	2 ili više	800	250	
1	2 ili više	650	250	

Indija ima varijantu ukrštanja glavnog i sporednog puta sa jednom saobraćajnom trakom ili dvije i više gdje se veličina protoka vozila navodi od 650 do 800 voz/h za glavni put i 200 do 250 voz/h za sporedni put.

Tabela 5. Kriterijumi veličine protoka u Australiji (NSW Roads and Traffic Authority (2008) Traffic signal design, Section 2 – Warrants)

Prosječan časovni protok u voz/h koji treba da se dostigne		Broj časova mjerenja
Glavni put oba prilaza	Sporedni put jedan prilaz	
600	200	4 h

Tabela 6. Kriterijumi minimalnog protoka u Škotskoj (Criteria for traffic light signals at junctions (1973) Scottish Development Department, Technical memorandum SH6/73)

Prosječan časovni protok u voz/h koji treba da se dostigne		Broj časova mjerenja
Glavni put oba prilaza	Sporedni put jedan prilaz	
500	150	4 h

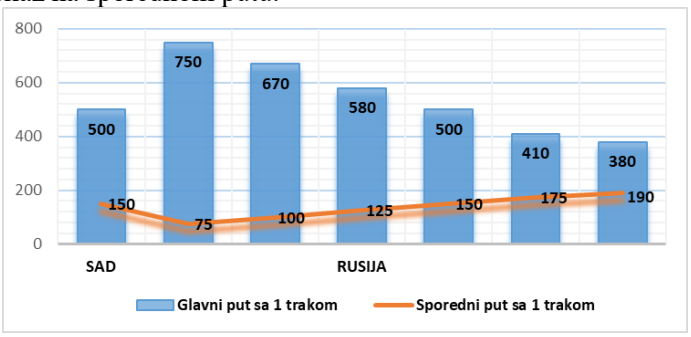
Najednostavnije zahtjeve za protokom imaju Australija i Škotska gdje su navedene samo veličine protoka vozila na ukrštanju glavnog i sporednog puta, bez posebnog definisanja strukture puta.

3. UPOREDNA ANALIZA KRITERIJUMA VELIČINE PROTOKA VOZILA ZA UVOĐENJE SVJETLOSNE SIGNALIZACIJE

Kako bi se prikazale razlike u vrijednostima veličine zahtjeva za protokom vozila, napravljene su uporedne analize između država koje imaju identično propisano vrijeme mjerenja navedenog kriterijuma.

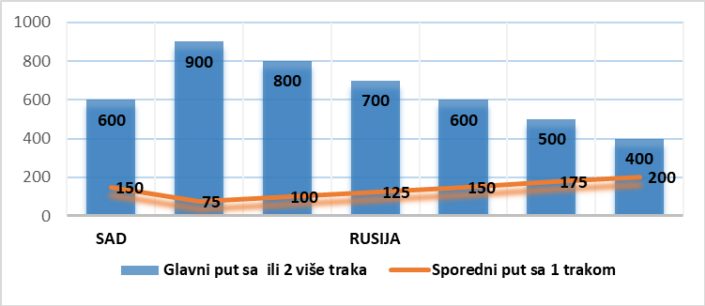
Prva uporedna analiza kriterijuma veličine zahtjeva za protokom (slika 1.) prikazuje vrijednosti protoka vozila na čas u Sjedinjenim Američkim Državama u poređenju sa Rusijom, za 8 časova u toku bilo kojeg radnog dana na glavnom dvosmjernom putu i sporednom putu na jednom (opterećenijem) prilazu.

Na prikazanom grafikonu se može vidjeti da protok vozila u SAD treba biti najmanje 500 voz/h na glavnom i 150 voz/h na sporednom putu, dok se u Rusiji vrijednosti kreću rasponu od 380-750 voz/h za glavni i od 75-190 voz/h za sporedni put, ako su oba puta sa jednom saobraćajnom trakom. U zbir su uzeta oba prilaza na glavnom putu i jedan opterećeniji prilaz na sporednom putu.



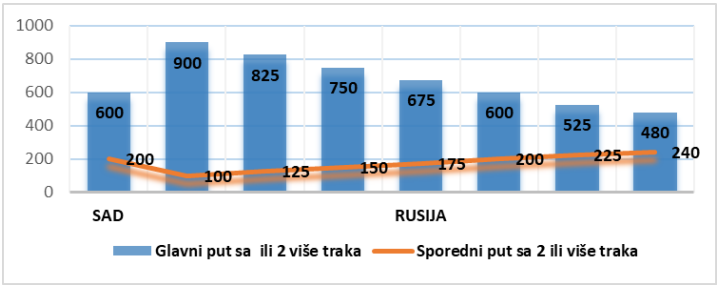
Slika 1. Prikaz veličine protoka SAD – Rusija na osnovu strukture puta

Ukoliko se glavni put sastoji iz dvije a sporedni (opterećeniji) put od jedne trake, SAD propisuje najmanje 600 voz/h za glavni i 150 voz/h za sporedni put, dok su u Rusiji vrijednosti navedene u rasponu od 400-900 voz/h za glavni i od 75-200 voz/h za sporedni put (Slika 2.).



Slika 2. Prikaz veličine protoka SAD – Rusija na osnovu strukture puta

Ako i sporedni i glavni put imaju po dvije trake, u SAD-u propisuju najmanje 600 voz/h na glavnom i 200 voz/h na sporednom putu, dok u Rusiji vrijednosti iznose od 480-900 voz/h na glavnom i 100-240 voz/h na sporednom (opterećenijem) putu.



Slika 3. Prikaz veličine protoka SAD – Rusija na osnovu strukture puta

Pored toga, u priručnicima koji se koriste u SAD, navodi se najmanje 500 voz/h za glavni i 200 voz/h za sporedni put ukoliko se glavni put sastoji iz jedne a sporedni (opterećeniji) put iz dvije trake, dok u Rusiji nema propisanih vrijednosti za navedene uslove.

Naredna analiza se odnosi na poređenje preporuka koje su navedene u priručnicima koji se koriste u Kanadi i Indiji, za period brojanja saobraćaja u trajanju od 7 časova za glavni put sa oba prilaza, kao i sporedni put u jednom opterećenijem pravcu.

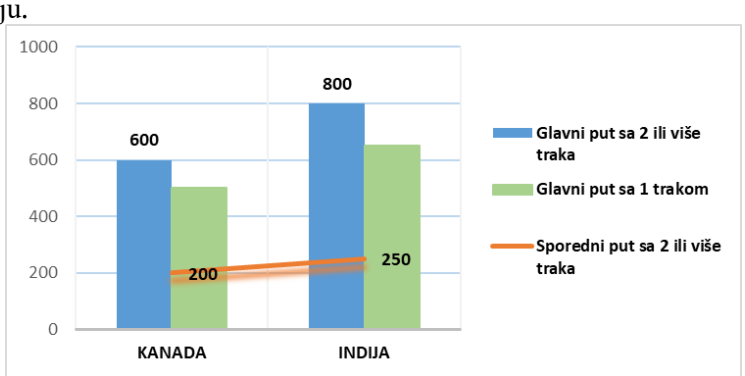
Kada se radi o glavnom i sporednom putu sa po jednom trakom, Kanada ima propisan minimalan protok vozila od 500 voz/h na glavnom i 150 voz/h na sporednom putu, dok je u Indiji minimalno 650 voz/h na glavnom i 200 voz/h na sporednom putu.

U slučaju kada glavni put ima dvije trake a sporedni jednu, tada je protok u Kanadi 600 voz/h na glavnom putu, dok je u Indiji 800 voz/h na glavnom a na sporednom putu su vrijednosti iste kao u prethodnom slučaju.

Slika 4. Prikaz veličine protoka Kanada – Indija na osnovu strukture puta

Ukoliko glavni i sporedni put imaju po dvije trake, tada je u Kanadi propisana minimalna veličina protoka vozila 600 voz/h na glavnom i 200 voz/h na sporednom putu, dok je u Indiji je 800 voz/h na glavnom i 250 voz/h na sporednom putu.

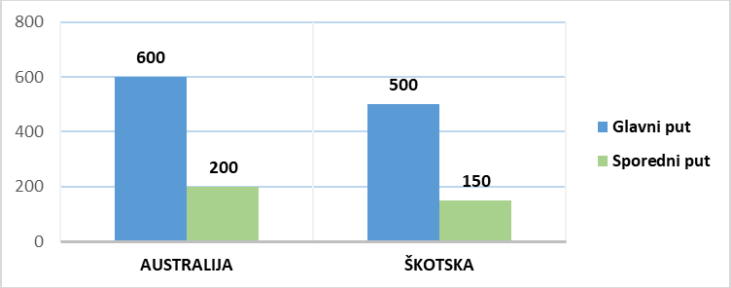
Ukoliko glavni put ima jednu traku a sporedni dvije, u tom slučaju je u Kanadi propisano minimalno 500 voz/čas na glavnom, dok je u Indiji propisani minimum 650 voz/h na glavnom a na sporednom putu su vrijednosti iste kao u prethodnom slučaju.



Slika 5. Prikaz veličine protoka vozila na čas Kanada – Indija na osnovu strukture puta

Poslednje poređenje je izvršeno za kriterijume koji se koriste u Australiji i Škotskoj koji imaju najmanje preduslova a ujedno imaju isto trajanje perioda mjerenja, odnosno 4 najprometnija časa u danu.

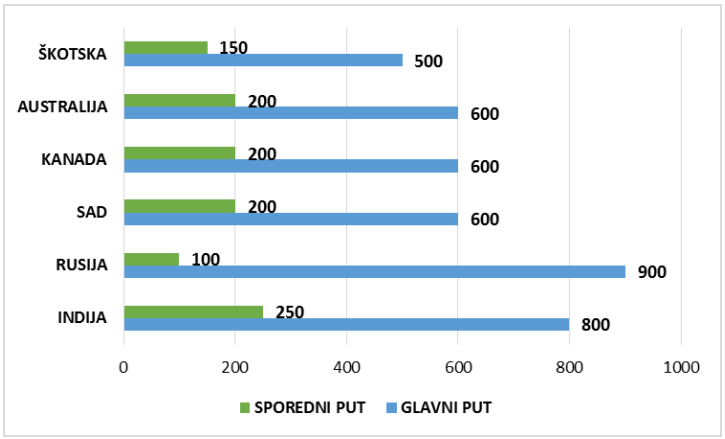
Na slici 6 se može vidjeti da u Australiji postoji minimalni protok vozila na putu koji iznosi 600 voz/h na glavnom i 200 voz/h na sporednom putu, dok je u Škotskoj minimalan protok vozila na glavnom putu 500 voz/h i 150 voz/h na sporednom putu. Broj saobraćajnih traka u ovim državama nije definisan.



Slika 6. Prikaz vrijednosti protoka vozila Australija - Škotska na osnovu strukture puta

Tabela 10. Rangiranje protoka vozila za glavni i sporedni put sa 2 ili više traka

Red. broj	NAZIV DRŽAVE	VRSTA PUTA		Ukupno	Rang
		Glavni put	Sporedni put		
1.	**INDIJA**	2 ili više	2 ili više	1050	1
2.	**RUSIJA**	2 ili više	2 ili više	1000	2
3.	**SAD**	2 ili više	2 ili više	800	3
3.	**KANADA**	2 ili više	2 ili više	800	4
3.	**AUSTRALIJA**	-	-	800	5
4.	**ŠKOTSKA**	-	-	650	6



Slika 9. Uporedni protok vozila na čas na glavnom i sporednom putu sa 2 ili više traka

Ukoliko se zanemari broj sati mjerenja, već uzme kao osnovni kriterijum ukupna veličina protoka vozila na nasloženijim ukrštanjima glavnog i sporednog puta sa dvije ili više traka, iz toga proizilazi da su najstrožiji kriterijumi u Indiji sa 1050 voz/h (800+250) a najblaži u Škotskoj 650 voz/h (500+150).

Najveća veličina protoka vozila na glavnom putu sa 2 ili više traka zahtijeva se u Rusiji sa 900 voz/h a najmanja u Škotskoj 500 voz/h. Kada je u pitanju broj vozila na sporednom putu, najveći protok se traži u Indiji 250 voz/h a najmanji u Škotskoj 150 voz/h.

4. ZAKLJUČAK

Analizom preporuka koje se koriste u svijetu za utvrđivanje potreba za uvođenjem svjetlosne signalizacije, pokazalo se da je jedan od ključnih kriterijuma za donošenje odluke veličina zahtjeva za protokom.

Na osnovu svega navedenog, može se vidjeti da većina priručnika koji se primjenjuju u različitim državama u principu imaju slične vrijednosti veličine zahtjeva za protokom. U okviru ovog rada prikazana je uporedna analiza veličine protoka koji se kao kriterijum koristi za donošenje odluke o opravdanosti uvođenja svjetlosne signalizacije iz različitih priručnika koji se koriste u svijetu.

Kada je u pitanju analiza na bazi osmočasovnog mjerenja, može se zaključiti da SAD imaju jasno definisane minimalne vrijednosti veličine protoka vozila u određenom periodu mjerenja, dok je u Ruskom pravilniku ponuđeno mnogo više vrijednosti veličine protoka vozila koji se mogu koristiti da određivanje opravdanosti potrebe za uvođenjem svjetlosne signalizacije. Analiza je pokazala da su uslovi zasnovani na veličini protoka

vozila nešto rigorozniji u Rusiji u odnosu na SAD, tako da za 1 traku na glavnom putu i 1 na sporednom putu u SAD je potrebno 500+150=750 voz/h, dok je u Rusiji za isti broj traka potrebno maksimalno 750+75=825 voz/h, a minimalno 380+190=570 voz/h. Kada su u pitanju 2 ili više traka na glavnom putu i 1 traka na sporednom putu, u SAD je u tim uslovima neophodno 600+150=750 voz/h, dok je u Rusiji maksimalna veličina 900+75=975 voz/h a minimalna 400+200=600 voz/h. Sličan je slučaj i sa 2 ili više traka na glavnom i sporednom putu, gdje je u SAD potrebno 800 voz/čas a u Rusiji od minimalno 720 do maksimalno 1000 voz/h.

Druga analiza koja je sprovedena za potrebe ovog rada, na bazi sedam časova mjerenja, odnosila se na kriterijume u Kanadi i Indiji. Ona je pokazala da Kanada ima „blaže“ kriterijume kada je u pitanju protok vozila jer su njihove vrijednosti manje nego što su u Indiji. Tako da je za 1 traku na glavnom i 1 traku na sporednom putu u Kanadi potrebno 500+150=650 voz/h, a u Indiji 650+200=850 voz/h. U slučaju kada je u pitanju ukrštanje puteva sa više traka, sa 2 ili više na glavnom putu i 2 ili više na sporednom putu, tada je u Kanadi potrebno 800 voz/h a u Indiji 1050 voz/h.

Treća analiza se odnosila na veličinu zahtjeva za protokom na osnovu četvoročasovnih mjerenja prema kriterijumima koji se koriste u Australiji i Škotskoj. Minimalna prosječna vrijednost veličine protoka u okviru četiri časa koja je naophodna za uvođenje svjetlosnih signala u Australiji iznosi 600+200=800 voz/h i Škotskoj 500+150=650 voz/h. U skladu sa tim, može se zaključiti da su vrijednosti protoka potrebne za uvođenje svjetlosnih signala u ovim zemljama nešto manje u odnosu na ostale zemlje u svijetu.

Rezultati analize su pokazali da su na prilazima raskrsnica sa većim brojem saobraćajnih traka potrebne veće vrijednosti protoka za odluku o uvođenju svjetlosnih signala. Tako da se za složene raskrsnice sa 2 ili više traka potrebne vrijednosti zahtjeva za protokom kreće od 650 do 1050 voz/h.

U našem regionu u ovoj oblasti nema značajnijih podataka, izuzev što neke zemlje u okruženju koriste (MUTCD), što ukazuje na potrebu za definisanjem veličine protoka kao parametra, ali i drugih kriterijuma na osnovu kojih bi se donosile odluke o opravdanosti uvođenja svjetlosne signalizacije na raskrsnicama te bi neka od budućih istraživanja trebala da budu usmjerena na definisanje istih.

5. LITERATURA

CRITERIA FOR TRAFFIC LIGHT SIGNALS AT JUNCTIONS (1973) SCOTTISH DEVELOPMENT DEPARTMENT, TECHNICAL MEMORANDUM SH6/73

Electrical and traffic engineering manual, section 400 signal design (2019) Ministry of Transportation and Infrastructure

GUIDELINES ON DESIGN AND INSTALLATION OF ROAD TRAFFIC SIGNALS, (1985) THE INDIAN ROAD CONGRESS

Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways, 2009 Edition, U.S. Federal Highway Administration.

Metodološke preporuke za projektovanje svjetlosnih objekata na putevima, (2015),FEDERALNA AGENCIJA ZA PUTEVE (ROSAVTODOR)

Milosavljević B., Babić S.,(2020), Regulisanje i upravljanje saobraćaja - simulacije (sveska 3), Akademija Šumadija, Visoka tehnička mašinska škola Trstenik

NSW Roads and Traffic Authority (2008) Traffic signal design, Section 2 – Warrants.

Traffic signal design, Section 2 Warrants (2008), Road and Traffic Authority, Australia

Vukanović S., Radni materijali, Regulisanje saobraćaja, 2008

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

BL BUSTRACKER: A DISTRIBUTED SYSTEM FOR BUS TRACKING

Drazen Brdjanin[a], Danijela Banjac[a], Dragan Jovic[b], Filip Stojakovic[a], Aleksandar Bosancic[c]

[a] *University of Banja Luka, Faculty of Electrical Engineering, Patre 5, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, drazen.brdjanin@etf.unibl.org, danijela.banjac@etf.unibl.org, filip.stojakovic1@gmail.com*

[b] *Bravo Systems LLC, Kralja Alfonsa XIII 14, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, dragan_jovic1221@outlook.com*

[c] *A-Solution Aleksandar Bosančić SP, Dimitrija Tucovića 10, 79000 Prijedor, Bosnia and Herzegovina, aleksandar.bosancic@hotmail.com*

Abstract: *The paper presents "BL BusTracker" – a distributed system for bus tracking in public transportation in the city of Banja Luka, Bosnia and Herzegovina. "BL BusTracker" enables real-time bus tracking, calculating and estimating the arrival times for bus stops in urban as well as rural areas. The system is integrated with other pre-existing systems for tracking vehicles in several independent transportation companies and extracts all necessary data from these systems. This data is further aggregated and used to display in mobile passenger applications for tracking public transportation, as well as for additional data analysis and monitoring. An open concept enables easy horizontal system scaling and inclusion of additional transportation companies, as well as the implementation of different software clients.*

Key words: *public transportation, tracking vehicles, mobile passenger application*

1. INTRODUCTION

During the last couple of centuries, the human population has increased drastically, from one billion people in 1800 to more than eight billion that is today. Human activity has led to significant climate change, especially during the last century, the global annual temperature increased at an average rate of 0.08°C per decade since 1880 and over twice that rate (0.18°C) since 1981[1]. The current warming trend is the result of human activity primarily since the 1950s. This increase in the Earth's average temperature is also known as *global warming*, and it is caused by the build-up of key greenhouse gases (carbon dioxide, methane, nitrous oxide, and water vapor, etc.) in Earth's atmosphere accumulated from continual combustion of fossil fuels and land use changes over the 20th century (Wuebbles and Jain, 2001). Transport has a large part in this, as it is responsible for around one-fifth of the global carbon dioxide (CO_2) emissions, whereby road travel accounts for three-quarters of transport emissions, most of which comes from passenger vehicles and buses[2].

According to the Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina, a number of registered road motor vehicles (including mopeds, motorcycles, passenger cars, motor coaches, mini-coaches, buses or mini-buses, goods road motor vehicles, trailers, and others) in 2015 was 952.598, and in 2021 it was 1.150.863, which represents a significant increase in the number of motor vehicles (Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina, 2023). Except for greenhouse gas emissions, petrol and diesel vehicles release air pollutants. Also, these types of vehicles are a significant factor in noise pollution. All this has an impact on the health of people living or working in the cities or nearby major roads.

Although the use of electric vehicles helps to reduce emissions from passenger vehicles, the number of such vehicles in Bosnia and Herzegovina is still small. Therefore, one of the attempts to reduce pollution is by increasing the number of users of public transportation, which should lead to a reduced number of passenger vehicles in use. Furthermore, this could reduce traffic jams and free up spaces in public parking lots. Unfortunately, the number of transported passengers in urban and suburban transport in Bosnia and Herzegovina has been drastically reduced in previous years, from 138.705 in 2015 to 90.809 in 2021 (Agency for Statistics of

[1] https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202213
[2] https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport

Bosnia and Herzegovina, 2023). There are many reasons for this negative trend and below we have listed some of the most important for the city of Banja Luka.

A major complaint from passengers about public transportation in the city of Banja Luka is that it can be quite unpredictable at times. Buses can either be late up to 15 minutes (sometimes they don't show up in case of some problems), or they can be early, and this information is not known to passengers. The passengers have access to possibly outdated timetables and information regarding currently active bus routes. The passengers can only see the starting time at a first stop without exact times for intermediate stops, so most of the people rely on their experience to know when the bus is arriving, while tourists visiting the city have no way of knowing when the bus is coming.

The goal of the "BL BusTracker" system is to encourage people to use buses as the main transportation in the urban zone of Banja Luka, as well as for commuting from the rural zone to the urban zone, and vice versa. This is done by making it easier to use public transport and taking advantage of modern technologies. One of the most important features of the "BL BusTracker" system is real-time bus tracking, as well as calculating and estimating arrival times for every bus stop. It also enables access to some other important, up-to-date, information such as timetables, news, etc. The up-to-date and real-time information increases the reliability and trustworthiness of the public transport system, which makes it a much more attractive option for important trips like work or school commutes or important appointments. Information is more available, and passengers can rely on mobile application to get the latest information and exact arrival time at each bus stop that could be unexpected due to unforeseen slowdowns or line changes.

The paper is structured as follows. After this introduction, the second section presents the related work. The third section presents the "BL BusTracker" system, and the fourth section presents its implementation and usage. The final section concludes the paper.

2. RELATED WORK

The development of bus tracking systems has increased in the last couple of decades because of the development of modern technologies. Most of the systems are implemented using smartphones with a built-in GPS receiver. In such systems, buses are tracked using the GPS position of the smartphone (in the bus), which is sent to the server at regular intervals, and real-time location of the bus is available to passengers (Ahmed et al., 2017; Dhotre et al., 2017; Ciurte and Florea, 2019; Geetha et al., 2020; Islam et al., 2019; Jakati et al., 2020; Jemilda et al., 2015; Monica et al., 2019; Sinha et al., 2017; Sujatha et al., 2014; Tekam et al., 2017; Thompson and Goodridge, 2014; Vidyavathi et al., 2018). Some papers present solutions customized for college staff and students (Ahmed et al., 2017; Islam et al., 2019; Jemilda et al., 2015; Sethi et al., 2016; Sinha et al., 2017; Sridevi et al., 2017; Sujatha et al., 2014; Tekam et al., 2017; Vidyavathi et al., 2018), and some are specialized for use in rural areas (Thompson and Goodridge, 2014). The paper (Suryaprakash et al., 2022) presents a system with a custom GPS modules in buses, while users can see the real-time location of buses, and (Sethi et al., 2016) presents an approach where users request and get bus location via the SMS. In (Sankarananrayanan and Hamilton, 2014) RFID-GPS enabled mobile bus tracking is proposed, while (Haleem and Samsudeen, 2016) presents an approach where buses with RFID tags are tracked as they pass by RFID readers on bus stops (and real-time movements are shown on the web interface). The paper (Sridevi et al., 2017) proposes a system that uses a GPS device and Arduino UNO microcontroller in the bus, while real-time location of the bus can be monitored through Android application.

Estimating the exact arrival time for buses at bus stops is very difficult to accomplish, especially in urban areas. It depends on many factors such as traffic conditions, road conditions, traffic lights, time of day, time of the year, traffic accidents, etc. Since it is one of the most important features of any public transportation system, arrival time estimation for public transportation has been the subject of research for many years. According to (Choudhary et al., 2016; Altinkaya and Zontul, 2013) the most used bus arrival time prediction models can be classified into three categories: models based on the historical data, statistical models (time series, regression and Kalman filtering models), and machine learning models (artificial neural network, support vector machine and hybrid models).

Models based on the historical data rely on historical travel time of previous trips that happened on the same time period (at the same time of the day and day of the week). There are two basic types of these models depending on what they use from the collected data: models using average travel time and models using average speed. Models using average travel time use the historical average travel time directly or jointly with some other inputs, and these models are commonly used for comparison with some other models (Chung and Shalaby, 2007;

Jeong, 2004; Ramakrishna et al., 2006; Shalaby and Farhan, 2003; Vanajakshi et al., 2009), while models using average speed use the average speed of vehicles over certain links to predict travel times (Sun et al., 2007; Weigang et al., 2002). Although, models based on the historical data are very simple to implement and have low computing cost, they are suitable for use only in cases that travel time is relatively stable over time, there are consistent traffic patterns over the observed time windows, and of course if extensive set of historical data is available.

Regression models use a mathematical function to predict some dependent variable by a set of independent variables (Chien et al., 2002; Jeong, 2004; Patnaik et al., 2004; Ramakrishna et al., 2006). Unlike models based on historical data these models can be used if traffic conditions are not stable. They usually measure the simultaneous impact of various factors, which are independent (for example, distance, number of stops, dwell times, boarding passengers, weather, etc.) between one and another, affecting the dependent variable. Applicability of the regression models is limited because variables are usually inter-correlated, but are useful to check which variables have the biggest impact on time prediction.

Kalman filter models are based on Kalman filter which predicts the future system state based on past estimations (Kalman, 1960). Kalman filtering models have mathematical representations that can adequately accommodate traffic fluctuations with their time-dependent parameters (e.g. Kalman gain). Kalman filtering models use historical data and/or real-time data collected by technologies, such as automatic vehicle location system and automatic passenger counters, to predict the travel and arrival times of the bus and the passengers' rate of arrival to the station or the bus stop (Vanajakshi, 2009; Chien et al., 2002; Chen et al., 2004; Shalaby, 2003).

Machine learning models use machine learning for prediction of bus arrival time. Machine learning methods have certain benefits with respect to statistical methods in finding nonlinear relationships between dependent travel time and the independent variables. One disadvantage of these models is that results obtained for one location are normally not transferable to some other location. Artificial neural network models are widely used for predicting bus arrival time (Chen et al., 2004; Chien et al., 2002; Jeong, 2004; Park and Lee, 2004; Ramakrishna et al., 2006). Although the learning and testing process can take significant time, by using the right inputs this can be optimized. Machine learning models are increasingly used for bus arrival time prediction.

There are also hybrid models that integrate two or more models for time prediction. More comprehensive literature review can be found in (Altinkaya and Zontul, 2013). Papers (Ahmed et al., 2017; Dhotre et al., 2017; Geetha et al., 2020; Jakati et al., 2020; Jemilda et al., 2015; Sankarananrayanan and Hamilton, 2014; Sinha et al., 2017) present systems that estimate arrival time for buses on bus stops.

3. "BL BUSTRACKER" SYSTEM

"BL BusTracker" is a distributed system for bus tracking in public transportation in the city of Banja Luka. The system has been developed within the "Future City Innovation Challenge – Banja Luka: Smarter, Healthier, More Liveable" initiative[3].

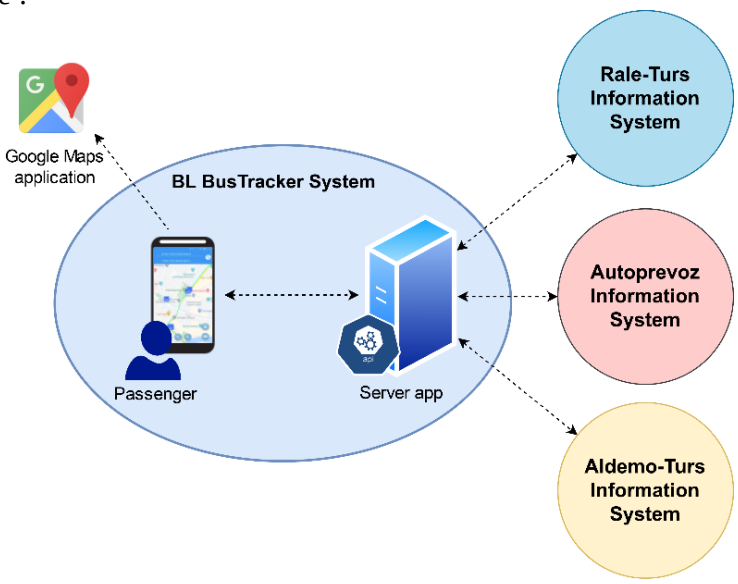


Figure 1. Integration of "BL BusTracker" with some public transportation companies in Banja Luka

[3] https://www.undp.org/bosnia-herzegovina/news/banja-luka-future-city-innovation-challenge-launched

"BL BusTracker" is not standalone but is integrated with pre-existing systems for tracking vehicles in several transportation companies. These external transportation companies provide data that is used in "BL BusTracker". Tracking and storing data about public transportation vehicles is a part of the external systems and not a part of the "BL BusTracker" system. Currently, "BL BusTracker" is integrated with the information systems of three public transport companies: "AUTOPREVOZ GS", "RALE-TURS" and "ALDEMO-TURS". Figure 1 shows the integration of our system with external systems on a high level. These external systems provide data through API (for example, information about routes, bus stops, as well as real-time position of buses), but integration and implementation of these external systems is out of the scope of this paper.

As shown on Figure 1, the "BL BusTracker" system consists of the BL BusTracker server application and BL BusTracker mobile application.

BL BusTracker server application requests data from external systems, and external systems respond with a JSON object that contains requested data. The BL BusTracker server application then uses this data, processes it, and makes it available to different software clients by exposing public REST API. One of these clients is the BL BusTracker mobile application that is intended for the users of public transportation in the city of Banja Luka.

One of the most important challenges for the "BL BusTracker" system is calculating the exact arrival time for every bus stop on the route that a bus is operating on. There are many factors that affect arrival time, and they change quickly and sometimes unpredictably. Nevertheless, considering that knowing the exact arrival time for a bus on each bus stop is one of the most important features of any public transportation system, we designed and implemented our own bus arrival time estimation algorithm.

3.1. Bus arrival time estimation algorithm

The current implementation of the bus arrival time estimation algorithm is relatively straightforward. We use the provided bus locations in combination with the detailed route information, expected average speed of the vehicle and bus stop location information along with some techniques to smooth out the estimation in its later phases, reduce the variation of estimates and account for the bus stopping at each bus stop.

As the base of the algorithm the basic formula was used to calculate the arrival time based on the distance between the bus and the bus stop based on its expected average speed. The average speed for each route was determined experimentally. Each route is divided into smaller parts i.e. segments. For each new location update the system determines the next route point and performs calculations from the current location to the next point and along the route to each subsequent stop.

This approach by itself had accuracy, which was acceptable, but there were problems with limited number of points from the source for routes which had long segments. Using experimental methods, we have determined that no segment should be longer than 20 meters, which prevented long segments from affecting time estimates.

There were also problems in cases when the bus has major speed changes over a short segment of the route, for example in case of low traffic congestion or two green lights aligned perfectly causing predicted time estimates to drop quickly. This was reduced by always keeping a running average of the past few time estimates for each bus stop. This neutralized large spikes when either estimating much less or much more than previously estimated and resulted in a smoother time estimate overall.

Final optimization was to consider dwell time on each bus stop. We have used our historical data to estimate a time “penalty” for each subsequent bus stop and using 40 seconds as a “stop penalty” was shown to increase accuracy further.

Apart from the estimated time of bus arrival at each bus stop is available, passengers are provided with the real-time location of all buses that are currently active in transportation. This way passengers can make their own estimates in case of some unforeseen circumstances such as road works, accidents, or similar events, because current implementation of the time estimation algorithm does not take these factors into account.

4. IMPLEMENTATION

The "BL BusTracker" system consists of two subsystems: BL BusTracker mobile application and BL BusTracker server application.

4.1. BL BusTracker mobile application

The BL BusTracker mobile application is developed as a native Android application and it was published on Google Play on February 5, 2021[4]. The application is publicly available and free of charge. It is also an open-source project, source code is available on the GitHub repository: https://github.com/blbustracker/BLBusTracker-Android

The passengers can see the interactive bus route drawn on the city map with bus stops marked on the route, as well as estimated arrival times for the next two buses for the selected bus stop on the selected route. Apart from the main functionality, the passengers are also able to see the driving timetable for the selected route, as well as, the announcements posted by public transportation companies regarding changes in timetables, routes, pricing, etc.

This application additionally uses the Google Maps application to give directions to the location of the selected bus stop.

The BL BusTracker mobile application uses the data collected and aggregated by BL BusTracker server application. To improve performance for the end-user, while waiting for the data to be fetched (for any reason), cached data is shown to the user of the mobile application, so that they feel that the system is responding instantaneously. Data for offline usage is saved in the local database.

Figure 2 shows several screenshots of the BL BusTracker mobile application. Screenshots on the top show the real-time position of buses for the selected route and the selection of the bus stop on that route (center), the estimated arrival times for selected bus stop (left), and the selection of the route (right). Screenshots on the bottom show menu (center), notifications (left), and city map with menu selection (right).

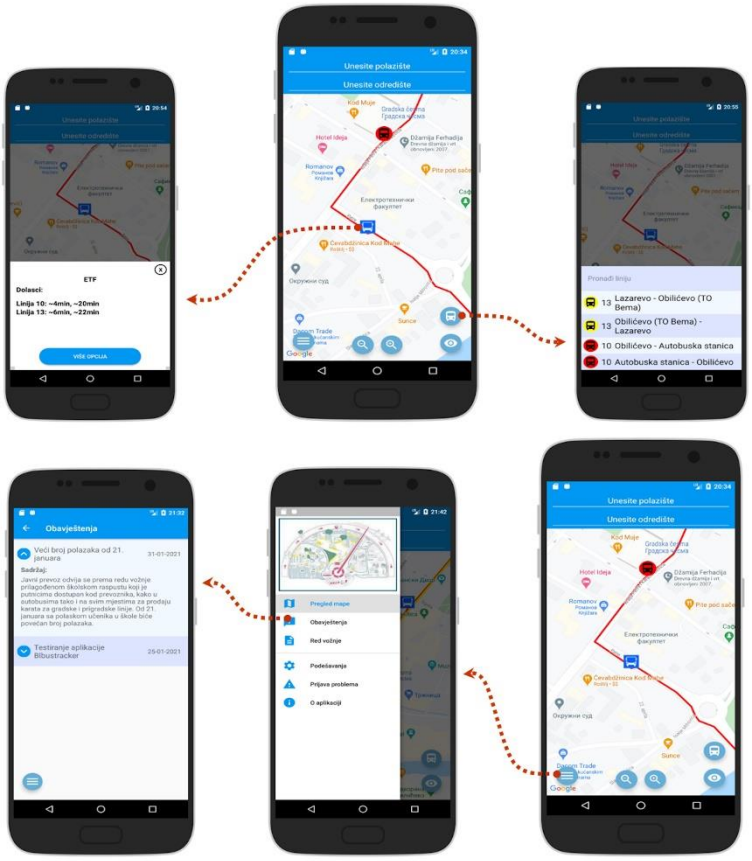


Figure 2. Sample screenshots of the BL BusTracker mobile application

[4] https://play.google.com/store/apps/details?id=org.unibl.etf.blbustracker

Other than these features shown in screenshots, there are other functionalities like viewing timetables, reporting a problem, filtering routes, etc.

The "BL BusTracker" system enables bus tracking on 22 routes in the city of Banja Luka, out of which 9 are in urban, and the remaining 13 are in rural areas. A summary of routes that are available in our system is given in Table 1.

Table 1. Summary of routes available in the "BL BusTracker" system

Transportation company	Number of urban routes	Number of rural routes	Total number of routes
Autoprevoz	4	5	9
Aldemo-Turs	4	0	4
Rale-Turs	1	8	9

4.2. BL BusTracker server application

BL BusTracker server application represents a set of publicly available services that enable obtaining the position of the bus, estimated arrival times for a selected bus stop, etc. It enables other software clients to be developed and used independently, in addition to the mobile passenger application. For example, enables the development of software clients that would show bus arrival times on billboard-style displays at the bus stops, various widgets that would allow users to easily set and see the bus arrival times on the selected route at the selected stops, displays in buses, etc.

Figure 3 illustrates the integration of our system with various software clients.

Figure 3. Illustration of integration of the "BL BusTracker" system with various software clients

The BL BusTracker server application is run under the Node.js JavaScript execution environment. Node.js is suitable for developing lightweight and fast systems with a good real-time response. Node.js supports vertical and horizontal scaling and it can handle a huge number of concurrent connections. Considering that one of the main requests for the server application is to provide real-time response and scalability, Node.js is an adequate selection for the implementation of this application.

The server application uses the REST architectural style based on web standards and the HTTP protocol. REST describes any simple interface that transmits data over a standardized interface. In a REST-based architecture everything is a resource and resources are accessed through a common interface based on standard HTTP methods. Web services that conform to the REST architectural style are called RESTful Web services.

The server application REST API is publicly accessible at https://blbustracker.etf.unibl.org/. The client makes a request to the server application to retrieve or modify data. This server application allows only two methods: GET to retrieve a specific resource or a collection of resources, and POST to create a new resource.

Table 2 shows the list of most relevant publicly accessible endpoints with a short description.

Table 2. The list of most relevant publicly accessible endpoints in the "BL BusTracker" system

Endpoint	Method	Short description
/api/stops	GET	Returns a list of all bus stops
/api/routes	GET	Returns all bus routes
/api/news	GET	Return all notifications
/api/location	GET	Returns an array of active bus locations with their lines and timestamps
/api/timing	GET	Returns arrival times for buses on specified route(s) passing through spec. bus stop(s).

Table 3 shows detailed specification for api/routes endpoint.

Table 3. Detailed specification for api/routes endpoint

Endpoint	`api/routes`
Description	Returns all bus routes currently present in the BL BusTracker system.
Method	`GET`
Parameters	`name (string)` – optional, if present specifies which route to fetch from the server. **Sample request** `https://blbustracker.etf.unibl.org/api/routes`
Returns	JSON object containing field `number (integer)` and an array `routes` that contains information about each route. Below is a sample of one such route. The `points` array consists of objects used to draw a line where stops have a field `stop (boolean)` set to true and an `ID`, regular points don't have those `stop` nor `ID` fields.

```
{
  "name": "Lazarevo - Obilićevo", "label": "13",
  "color": "#FFFF00", "count": 89,
  "points": [{
    "lat": 44.81624225670138, "lng": 17.216129155969075,
    "stop": true, "ID": 388
    },{
    "lat": 44.815301250516214, "lng": 17.215860093446093
    },...
  ],
  "circular": false, "returnLine": "Obilićevo - Lazarevo",
  "schedule": {
    "workday": "5:00 5:15 5:30 5:45 17:15 19:15",
    "weekend": "5:00 5:20 5:40 6:00 6:30 22:30 23:00",
    "holiday": "5:00 5:30 12:30 13:00 13:30 23:00"
  },
  "ID": 40
}
```

5. CONCLUSION

In this paper, we presented "BL BusTracker" – a distributed system for bus tracking in public transportation in the city of Banja Luka, Bosnia and Herzegovina. This system consists of the BL BusTracker server application and BL BusTracker mobile application.

BL BusTracker server application exposes a set of publicly available services that enable obtaining information from the BL BusTracker system, such as the position of the bus, estimated arrival times for a selected bus stop, etc, which makes this system highly extensible. It enables other software clients, such as billboard-style displays at the bus stops, displays in buses, and various widgets, to be developed and used independently, in addition to the mobile passenger application.

BL BusTracker mobile application for passenger offers real-time bus tracking, estimation of bus arrival times for every bus stop, timetables, news, etc.

Although it was primarily developed for the city of Banja Luka, the system is extensible and customizable for other cities.

In the future, we plan to further improve the system by introducing all rural and urban routes in the city of Banja Luka and extending the "BL BusTracker" system with additional software clients. We, also, plan to integrate our system with bus stop displays.

Acknowledgements. The research is partially supported through two projects:

- project no. 19.030/961-15-2/21 "*SYNERGY 2021 – BL BusTracker: Monitoring of buses on suburban public transportation*" organized by Ministry for Scientific and Technological Development, Higher Education and Information Society of the Republic of Srpska, and
- project no. BL-FCIC 05/2020 "*BL BusTracker*" developed within "Future City Innovation Challenge – Banja Luka: Smarter, Healthier, More Liveable" initiative; organized by United Nations Development Programme, Ministry for Scientific and Technological Development, Higher Education, and Information Society of the Republic of Srpska, and the City of Banja.

6. REFERENCES

Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina (2023). Transport 2022. Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina, Thematic Bulletin, ISSN 1840-104X

Ahmed, A., Nada, E., & Al-Mutiri, W. (2017, January). Routing and Tracking System for Buses. In CS & IT Conference Proceedings (Vol. 7, No. 2). CS & IT Conference Proceedings.

Altinkaya, M., & Zontul, M. (2013). Urban bus arrival time prediction: A review of computational models. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 2(4), 164-169.

Choudhary, R., Khamparia, A., & Gahier, A. K. (2016, October). Real time prediction of bus arrival time: A review. In 2016 2nd International Conference on Next Generation Computing Technologies (NGCT) (pp. 25-29). IEEE.

Chen, M., Liu, X., Xia, J., & Chien, S. I. (2004). A dynamic bus-arrival time prediction model based on APC data. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 19(5), 364-376.

Chien, S. I. J., Ding, Y., & Wei, C. (2002). Dynamic bus arrival time prediction with artificial neural networks. Journal of transportation engineering, 128(5), 429-438.

Chung, E. H., & Shalaby, A. (2007). Expected time of arrival model for school bus transit using real-time global positioning system-based automatic vehicle location data. Journal of Intelligent Transportation Systems, 11(4), 157-167.

Ciurte, C., & Florea, A. (2019). Informatic System for Monitoring Public Transportation in Urban Area. Journal of E-Technology Volume, 10(2), 39.

Dhotre, V., Sawant, N., Pawar, P., Salgar, R., & Hulwan, G. (2017). Automatic Bus Enquiry System using Android. International Journal of Computer Engineering In Research Trends, 4(4), 123-127

Geetha, K., Athiraja, A., Balaji, M., Blessy Miraclin, P., Dinesh, T., & Manoj Kumar, M. (2020). Bus Live Tracking Using Android Application, International Journal of Electrical Engineering and Technology (IJEET), 11(8), 240-250.

Islam, T., Ruhin, M.R., & Kim, C.H. (2019). GPS based smartphone application: real time bus tracking system for educational institutions. Proc. of GSRD Intern. Conference, Tokyo, Japan

Jakati, J., Hariche, V., Devi, A., Cruz, M.M., & Athanikar, P. (2020). City Bus Tracking System. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 7(7), 1048-1052

Jemilda, G., Krishnan, R. B., Johnson, B., & Sangeeth, G. L. (2015). Mobile application for college bus tracking. International journal of computer science and mobile computing, 4(3), 500-507.

Jeong, R. H. (2004). The prediction of bus arrival time using automatic vehicle location systems data. Texas A&M University.

Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems.

Monica, K. I., Gurupriya, S., & Magdaline, S. A. (2019). Bus Tracking System using GPS on Smartphones. Intern. Journal of Engineering Research & Technology (Ahmedabad), 7(11), 1-4.

NCEI.Monitoring.Info@noaa.gov. (n.d.). Annual 2022 Global Climate Report | National Centers for Environmental Information (NCEI). https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202213

Park, T., & Lee, S. (2004, May). A Bayesian approach for estimating link travel time on urban arterial road network. In International Conference on Computational Science and Its Applications (pp. 1017-1025). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Patnaik, J., Chien, S., & Bladikas, A. (2004). Estimation of bus arrival times using APC data. Journal of public transportation, 7(1), 1-20.

Ramakrishna, Y., Ramakrishna, P., Lakshmanan, V., & Sivanandan, R. (2006). Bus travel time prediction using GPS data. Proceedings Map India.

Sankarananrayanan, S., & Hamilton, P. (2014, May). Mobile enabled bus tracking and ticketing system. In 2014 2nd international conference on information and communication technology (ICoICT) (pp. 475-480). IEEE.

Sethi, S., Udawat, Y., Gupta, S., & Kesharwani, K. (2016). Implementation paper on college transportation management system based on android based gps system for efficiently locate the buses for staff & students. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 109-115

Shalaby, A., & Farhan, A. (2003). Bus travel time prediction model for dynamic operations control and passenger information systems. Transportation Research Board, 2.

Sinha, S., Sahu, P., Zade, M., Jambhulkar, R., & Sonekar, P. S. V. (2017). Real Time College Bus Tracking Application for Android Smartphone. vol, 6, 20281-20284.

SL, A. H., & Samsudeen, S. N. (2016). Real time bus tracking and scheduling system using wireless sensor and mobile technology. Journal of Inform. Systems and Inform. Technology, 1, 18-23.

Sridevi, K., Jeevitha, A., Kavitha, K., Sathya, K., & Narmadha, K. (2017). Smart bus tracking and management system using IoT. Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST) Volume, 1.

Sujatha, K., Rao, P. N., Sruthi, K. J., & Rao, A. A. (2014, August). Design and development of android mobile based bus tracking system. In 2014 First International Conference on Networks & Soft Computing (ICNSC2014) (pp. 231-235). IEEE.

Sun, D., Luo, H., Fu, L., Liu, W., Liao, X., & Zhao, M. (2007). Predicting bus arrival time on the basis of global positioning system data. Transportation Research Record, 2034(1), 62-72.

Suryaprakash S., Inbasagaran R., Dhanush S., &Manthiramoorthy M. (2022). Bus Tracking System. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 9(6), 2125-2128

Tekam, A., Hajare, S., Thakre, D., Gaikwad, R., & Adhau, D. (2017). Hybrid Application for College Bus Tracking System. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology, 2(6), 1115-1118

Thompson, A., & Goodridge, W. (2014). Bus Coming: Description and Evaluation of Bus Tracking System for Rural Areas. Intern. Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, 1(5).

Vanajakshi, L., Subramanian, S. C., & Sivanandan, R. (2009). Travel time prediction under heterogeneous traffic conditions using global positioning system data from buses. IET intelligent transport systems, 3(1), 1-9.

Vidyavathi, B. M., Sultana, H., Madhumathi, Y., & Begum, F. (2018). COLLEGE BUS TRACKING SYSTEM (TRAVELINE). Intern. Journal of Advanced Research in Computer Science, 9(3).

Weigang, L., Koendjbiharie, W., de M Juca, R. C., Yamashita, Y., & MacIver, A. (2002, September). Algorithms for estimating bus arrival times using GPS data. In Proceedings. The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems (pp. 868-873). IEEE.

Wuebbles, D. J., & Jain, A. K. (2001). Concerns about climate change and the role of fossil fuel use. Fuel Processing Technology, 71(1-3), 99-119. https://doi.org/10.1016/S0378-3820(01)00139-4

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF OPTIMAL FLEXIBLE PAVEMENT MODELS FROM GRAINED ASPHALT COMPONENTS OF USED PAVEMENT

EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE OPTIMALNOG MODELA FLEKSIBILNE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE OD GLODANOG ASFALTA KORIŠĆENE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Edis Softić[a], Marko Subotić[b], Elvir Jusić[a], Željko Stević[b]

[a] *University of Bihać, Technical Faculty, Irfana Ljubijankića bb, 77000 Bihać, Bosnia and Herzegovina, edis.softic@bih.net.ba, jusic.elvir@gmail.com*

[b] *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, zeljko.stevic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *In order to define the optimal choice of technology of processing recycled material from the pavement to the maximum usable volume of the same binder with the addition of cement and foamed bitumen was carried out experimental analysis of the impact of the priority parameters. Given that is selected as the main, granule metric composition recycled unit of pavement for different coverage amounts and specific types of binders their analysis for the different types of recycled crash mass with the possibility of adding a new unit, which would be the aim to comply with the prescribed curve given in international regulations on the principle of "Wirtgen 2004". Results of the research led to the optimal variant mixture stabilization layer of pavement which consists largely of recycled materials from the deteriorated pavement enhanced with a relatively small amount of new aggregate with the addition of minimal stabilization funds from the cement and foamed bitumen. The characteristics of the tested samples are defined by using the indirect tensile strength and density of samples. These parameters were crucial for an assessment of the technical correctness and usability patterns in bituminous layers of new pavement.*

Key words: *cold recycling of pavement, the indirect tensile strength, bonding materials*

Apstrakt: *U svrhu definisanja izbora optimalne tehnologije prerade recikliranog materijala iz kolovozne konstrukcije sa maksimalno upotrebljivom količinom iste uz dodavanje veziva od cementa i upjenjenog bitumena izvršena je eksperimentalna analiza prioritetnih uticaja parametara. S obzirom da je selektovan kao glavni, granulometrijski sastav reciliranog agregata iz kolovozne konstrukcije za različiti utrošak određene količine i vrste veziva izvršena je analiza za različite vrste drobljenja reciklirane mase uz mogućnost dodavanja novog agregata sa kojom bi se težilo maksimalno ispoštovati propisanu krivulju datu u međunarodnim propisima po principu „Witgena 2004". Na osnovu istraživanja došlo se do optimalne varijante mješavine stabilizacionog sloja kolovozne konstrukcije koji se sastoji najvećim dijelom od recikliranog materijala iz dotrajale kolovozne konstrukcije poboljšane sa relativno malom količinom novog agragata uz dodatak minimalnih stabilizacionih sredstava od cementa i upjenjenog bitumena. Ustanovljene su karakteristike ispitivanih uzoraka uz pomoć indirektne zatezne čvrstoće i gustoće uzoraka. Navedeni parametri imali su presudan značaj za davanje ocjene o tehničkoj ispravnosti i upotrebljivosti uzoraka u bitonosive slojeve nove kolovozne konstrukcije.*

Ključne riječi: *hladno recikliranje kolovoza, indirektna zatezna čvrstoća, vezivni materijali*

1. UVOD

U razvijenim zemljama period ubrzane ekspanzije mreže novih puteva je dostigao svoj vrhunac, postojeća putna infrastruktura je zastarjela, a značajan broj puteva se bliži kraju svog eksploatacionog vijeka. Ograničena

sredstva i zahtjevi u pogledu postojećih resursa su pomjerili naglasak sa izgradnje novih puteva na održavanje i/ili produženje eksploatacionog života postojećih puteva. Sistemi upravljanja kolovozima (PMS- Pavement management System) napravljeni su i primenjuju se kako bi se olakšalo agencijama pri planiranju, izgradnji, preventivnom održavanju i rehabilitaciji putne mreže. PMS koristi se kako bi se procijenilo i kvantifikovalo stanje kolovozne konstrukcije u funkciji od proteklog saobraćaja i klimatskih uslova.

Povećanje saobraćaja dovodi do značajno većeg saobraćajnog opterećenja od onog za koje su putevi projektovani, što ima uticaja na strukturu kolovoza i upotrijebljene mješavine i materijale u slojevima kolovoza. Izgradnja novih puteva, proširenje ili pojačanje postojeće putne mreže su načini na koje se vrši povećanje transportnog kapaciteta. Izgradnjom, rehabilitacijom i održavanjem mogu se obezbijediti značajne količine materijala koji može ponovo da se koristi. U mnogim zemljama zapadne Evrope i Amerike upotrebljavaju se značajne količine za recikliranje nevezanih materijala iz nosećih slojeva i posteljice kolovoza. (Cuiyun & Chazhong, 2020; Hunkeler & Rebitzer, 2003; Kim, 2007) Prema tome, državna vlada, putne vlasti i putna privreda moraju da slijede mogućnosti kako bi promovisali ponovnu upotrebu i recikliranje materijala tamo gdje oni mogu da zamijene upotrebu novih agregata i materijala. Recikliranje ima važnu ulogu u održivom razvoju, što se često definiše kao razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe.

Glavne koristi od (direktne i indirektne) reciklaže postojećih kolovoza su dvostruke. Prvo, ekonomski je prihvatljivo da se koriste već raspoloživi materijali. Drugo, ekstenzivnija upotreba recikliranih materijala je potreba i sa aspekta okoline. Takođe, zbog razlika u materijalima i debljini slojeva, recikliranje kolovoza za veliko saobraćajno opterećenje razlikuje se od recikliranja kolovoza za nisko saobraćajno opterećenje. Kod kolovoza sa velikim saobraćajnim opterećenjem, aktivnosti održavanja i rekonstrukcije mogu da dovedu do značajnog oslobađanja asfalt betona tako da recikliranje izvađenog materijala postaje visoki prioritet. Kod puteva sa niskim saobraćajnim opterećenjem, proizvedu se relativno male količine izvađenog asfalta i važnije je da se pravilno recikliraju granularni materijali kao i nevezani ili vezani slojevi podloge. Reciklaža asfalta u nove asfaltne slojeve je od manje važnosti zbog ograničene količine i kvaliteta materijala tako da je njegova ponovna upotreba kao nevezanog agregata u podlozi ili tamponskom sloju više rasprostranjena. (Kim, 2007; Ramljak & Pejnovic, 1983; Akhtar i dr., 2021)

Osnovni predmet istraživanja u ovom radu odnosi se na reciklažu bitumena i različitih vrsta agregata koji se nalaze u prirodi, a predstavljaju sastavni dio fleksibilne kolovozne konstrukcije.

U narednom poglavlju rada prikazan je pregled relevantne literature. U poglavlju 3. data je metodologija istraživanja za reciklažu kolovozne konstrukcije. U poglavlju 4 prikazani su rezultati istraživanja suhog i mokrog uzorka. Zaklljučak i diskusija su dati u poglavlju 5.

2. LITERARNI PREGLED

Kao sirovinu za proizvodnju novih slojeva kolovozne konstrukcije, potrebno je koristiti materijale izuzetno dobrih mehaničkih karakteristika, oštećenih slojeva postojeće kolovozne konstrukcije. Takođe, udio veziva je manji nego kod klasičnih asfaltnih mješavina, te je bitno smanjena potreba za eksploatacijom prirodnih sirovina i upotrebom novih materijala. U odnosu na klasične postupke rehabilitacije kolovoza, smanjen je utrošak energije tokom građenja kao i emisija stakleničkih plinova, dok je samo vrijeme izvođenja radova skraćeno. Uz sve navedeno, aktivnosti uklanjanja, transporta i deponiranja starog materijala kolovozne konstrukcije svedene su na minimum ili ih uopšte nema. (Cuiyun & Chazhong, 2020; Hadžić, 2022).

Oprema za reciklažu kolovoznih konstrukcija u svijetu je dostigla izuzezno visok i zavidan nivo napredujući gotovo do savršenstva. Mjesta, načini i metode izvođenja su uspostavljene u većini zemalja Evropske unije sa učinkovitošću od 100 % reciklirane mase (sa postojećeg kolovoza) koja se postiže praktično samo u jednom prolazu mašinerije reciklir vlaka (Nosler, & Beckedahl, 2000; Martinez & Angelone, 2003).

Valdés i drugi prikazuju eksperimentalnu studiju recikliranog asfalta sa visokim udjelom u novoj kolovoznoj konstrukciji. U studiji se karakterizira mehaničko ponašanje bitumenske mješavine. Analizirane su dvije poluguste smjese od 12 i 20 mm kao maksimalna veličina agregata koja sadrži 40% i 60% reciklirane mješavine, odnosno (S-12 i S-20, u skladu sa Španjolskim specifikacijama). Eksperiment je baziran na varijaciji udjela reciklirane mješavine u novoj kolovoznoj konstrukciji koji je uvjetovan modulom krutosti i indirektnom zateznom čvrstoćom (primjena Fenix testa u tri tačke savijanja). Rezultatima je dokazano da se visoki procentualni udjeli od recikliranog materijala mogu koristiti u asfaltnim mješavinama (Valdés, 2011).

Giuliani i Rastelli su radili na analitičkom pristupu procjene učinkovitosti hladne asfaltne mješavine recikliranih slojava. Eksperimentalno istraživanje je provedeno u proizvodnji paralelno sa dvije serije od hladno-pripremljenog asfalt betona, jedan sa novim mineralnim agregatima, a drugi sa recikliranim agregatom iz kolovozne konstrukcije. U obje mješavine dodana je ista količina veziva i to emulzije u količini od: 3.5%, 4.5%, 5.5%, cementa 2.0% i vode 5.0%. Uzorci su zbijeni različitim metodama, te su testirani na različite načine. U ovom radu je utvrđen utjecaj nekoliko pokazatelja koji su uzeti u obzir na obje smjese, te je prikazan uticaj pojedinih parametara projekta na krajnje mehaničke karakteristike spravljenih uzoraka. Isto tako, utvrđen je uticaj različitih varijabli na mješavine oba tipa uzoraka (Giuliani & Rastelli, 2004).

Reciklirani materijal je jednostavno obrađen kao nevezani materijal za donje slojeve kolovozne konstrukcije. Analizirani su rezultati hidrauličnih vezivnih materijala koji proističu iz nacionalnih iskustava uzimajući u obzir stategiju konačnog vijeka trajanja za hidraulički vezane materijale koji se koriste u donjim nosivim slojevima kolovoznih konstrukcija za teška saobraćajna opterećenja. Kod "asfaltnih materijala" bliže je razmatrano stečeno znanje na procjeni, uklanjanju, deponovanju, ponovnoj upotrebi i recikliranju asfaltnih materijala za puteve, zajedno sa ostalim recikliranim putnim materijalima u slojevima kolovoza gdje se kao vezivo koristi bitumen (Smiljanić, 2010).

Na Sveučilištu u Kaliforniji (USA) M. Seleh je analizirao karakterizaciju upjenjenog bitumena, kvalitet i mehanička svojstava mješavine. U svom istraživanju, kvalitet upjenjenog bitumena procjenjuje sa dva empirijska parametra i to polovinu životnog vijeka i ekspanzijski omjer. Nasuprot jednostavnosti mjerenja tih dvaju parametara, postoje određene razlike između klasifikacije pjene i njegovog stvarnog kvaliteta. Takve nedosljednosti u stvarnom klasifikacijskom sistemu doveli su do prijedloga nove metode za karakterizaciju kvaliteta pjene koji je posebno razvijen u ovoj studiji. Saleh je predložio metodu koja bi koristila tzv.potok polje „brook field“ s tim da se viskozimetrom mjeri viskoznost pjene u različitim vremenskim intervalima. Prosječna viskoznost pjene prvih 60 sekundi pjenjenja se koristi kao mjera kvaliteta pjene. Ovaj parametar je analogan indeksu upjenjenosti. Indeks upjenjenosti kombinuje omjer bubrenja i vrijeme raspada pjene, dok se novi parametar kombinuje sa pjenom viskoznosti u toku prvih 60 sekundi propadanja pjene. Sadržaj vode koji pruža najnižu prosječnu viskoznost se smatra optimalnim sadržajem vode (Saleh, 2006).

A. Strineka je sa koautorima opisao obradu rezultata mjerenja najveće dubine kolotraga koji se stvaraju na asfaltnim uzorcima različitog sastava. Otpornost na stvaranje kolotraga mjerena je uređajem malih dimenzija postupkom B prema normi HRN EN 12697-22, a sastav uzorka određen je prostornim modelom u kojem su komponenete izražene volumenskim koncentracijama. Statističkom obradom rezultata mjerenja nađena je ovisnost dubine koltraga o sastavu asfaltnog uzorka koja vrijedi za sve ispitne uzorke. (Strineka i dr., 2010)

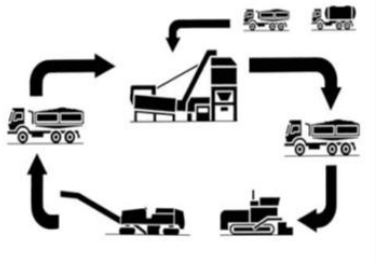
Z. Ramljak je u svom ekperimentalnom radu opisao i obradio rezultate mjerenja vlačne čvrstoće asfaltnih uzoraka različitog sastava, kojom je nađena ovisnost čvrstoće o sastavu asfaltnog uzorka. Vlačna čvrstoća mjerena je indirektnom metodom, a sastav asfaltnog uzorka definiran je prema prostornom modelu u kojem su komponente izražene volumnim koncentracijama. Traženjem trenda međusobne ovisnosti i statističkom obradom rezultata mjerenja, nađena je funkcionalna ovisnost vlačne čvrstoće asfaltnog uzorka od njegovog sastava (Ramljak i dr., 2005).

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA RECIKLIRANE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

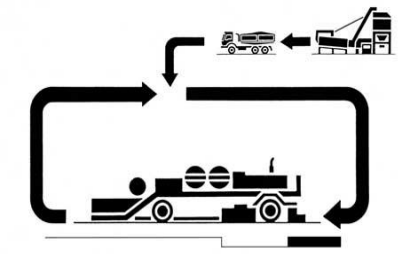
Tehnike recikliranja obuhvataju definisanje mjesta i materijala iz fleksibilnih kolovoznih konstrukcija, zatim, kako i na koji način se vrši recikliranje postojećih kolovoznih konstrukcija i koji su to uslovi korištenja postojeće kolovozne konstrukcije u novi kolovoz. Na osnovu tog pravilnika reciklirani asfalt može biti upotrijebljen kao:

- hladno oblikovan na licu mjesta;
- vruće oblikovan na licu mjesta;
- glodan i odvezen na deponiju uz dorađivanje;

Kod hladne reciklaže, granulirani materijal se može izravno ugrađivati, ali uz određena ograničenja u količini zbog nedovoljne tačnosti u recepturi i sredstvima stabilizacije koji se određuju laboratorijskim putem. Količina koja se iskoristi na licu mjesta utvrđuje se praktičnim ispitivanjima čije procentualno učešće varira u granicama od 20% do 50%. Osim toga, ako su manje povoljni uslovi, glodani asphalt se odovozi na deponiju. Šematska procedura tehnologije prikazana je na slici 1.



Slika 1. Reciklaža gdje se reciklirani materijal djelimično odvozi do centralnog postrojenja



Slika 2. Reciklaža gdje se reciklirani materijal ugrađuje sa lica mjesta

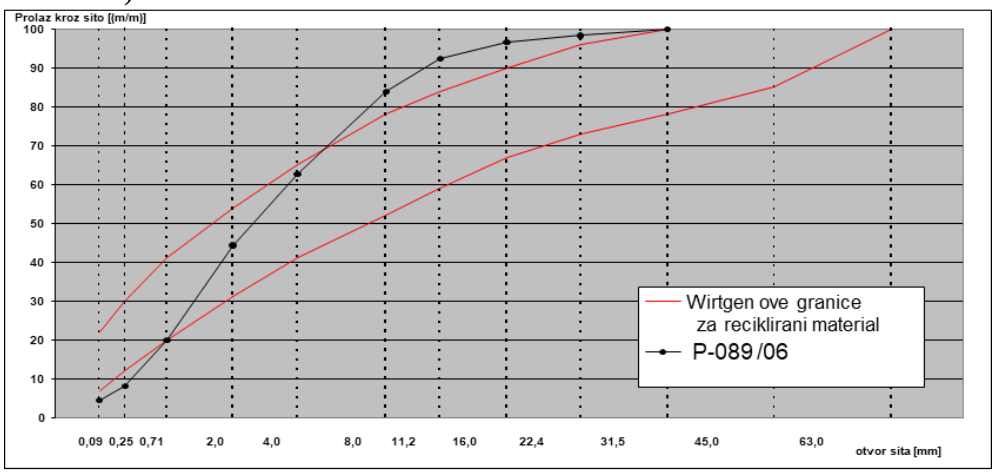
Identično kao i kod hladne reciklaže i vruća reciklaža se može izravno ugrađivati uz određena ograničenja ukoliko su potrebna (slika 1.). Ukoliko je ispitivanjima dokazano da se korekcija pogodnosti reciklirane mase može dotjerati na uređaju za direktnu reciklažu i ugradnju onda bi navedena šema imala sljedeći oblik kako je prikazano (slika 2.).

Moguće je napraviti nekoliko osnovnih klasifikacija recikliranja, i to prema (Pološki, 2001):

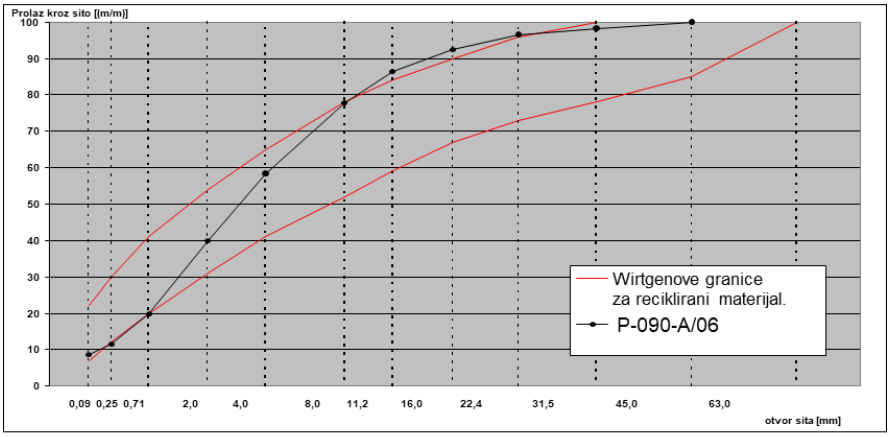
- mjestu gdje se odvija recikliranje materijala (na licu mjesta i u sentralnom postrojenju);
- temperaturi procesa recikliranja (hladno recikliranje i termičko recikliranje);
- karakteristikama materijala koji se reciklira (na relativno homogenim materijalima - slojevima kolovoza ili može da obuhvata slojeve sa različitim vrstama materijala);
- tipovima upotrijebljenih veziva (cement, kreč i cement, bitumenska emulzija, pjenušavi bitumen, cement i bitumenska emulzija ili penušavi bitumen, bitumen);

Izrada projekta sastava (recepture) bitumenom i cementom stabiliziranog glodanog materijala iz kolovozne konstrukcije sa dodanim kamenim materijalom ima sljedeći tok:

1. **Traženje optimalne granulometrije smjese glodanog materijala iz kolovozne konstrukcije i dodanog kamenog materijala.** U tom procesu pokušano je naći takvu granulometriju smjese koja maksimalno moguće zadovoljava granične krivulje definirane u Wirtgenovom priručniku za hladnu reciklažu kolovoznih konstrukcija (slika 3. i 4., te tablica 1)



Slika 3. Granulometrija smjese glodanog materijala iz kolovozne konstrukcije i dodane frakcije kamenog materijala granulacije 0/4 mm u recepturi PRM-1



Slika 4. Granulometrija smjese glodanog materijala iz kolovozne konstrukcije i dodane frakcije kamenog materijala granulacije 0/4 mm u recepturi PRM-2

Pogodno je da smjesa glodanog materijala iz kolovozne konstrukcije i dodane frakcije kamenog materijala s nalazišta Srebrenik trebaju biti pomiješane u odnosu 85:15 i to u oba projektirana sastava. Takva smjesa ne zadovoljava u potpunosti uslovljene granulometrije, ali barem svojim sitnijim dijelom zadovoljava preporuke za materijale namijenjene miješanju sa upjenjenim bitumenom.

2. Traženje optimalnog udjela vode u kamenom materijalu traženjem maksimalne gustoće suhog Proktorovog uzorka načinjenog od vlažne smjese granuliranih materijala. U toj fazi postupka izrade recepture nađen je optimalni udio vlage za smjese granuliranih materijala:

- Optimalni udio vlage u smjesi oznake P-089-A/06 je 4,8 %(m/m)
- Optimalni udio vlage u smjesi oznake P-090-A/06 je 5,0 %(m/m)

Tabela 1. Sastav i svojstva materijala u recepturi oznake P-089-A/06 i P-090-A/06

RECEPTURA:			P-089-A/06	P-090-A/06	
Smjesa granuliranih materijala	Sastav	Udio glodane kolničke konstrukcije	85	85	Uvijet iz Wirtgen cold recycling manual 2004.
		Udio dodanog kamenog materijala granulacije 0/4 mm	15	15	
	Granulacija	otvor sita [mm]	prolaz kroz sito [%(m/m)]		
		0,09	4,4	8,6	
		0,25	8,1	11,5	
		0,71	19,9	19,9	
		2	44,3	40	
		4	62,6	58,4	
		8	83,9	77,9	
		11,2	92,4	86,4	
		16	96,6	92,4	
		22,4	98,3	96,6	
		31,5	100	98,3	
		45	100	100	
Smjesa granularnih mateijala i vode	Optimalni udio vode	[%(m/m)]	4,8	5,0	
	Maksimalno gustoća po Proctoru	[kg/m^3]	2,145	2,334	
Smjesa granuliranih materijala, cementa, vode i bitumena	Udio cementa	[%(m/m)]	1,0	1,0	
	Optimalni udio bitumena	[%(m/m)]	2,2	2,4	
	Vlačna čvrstoća (indirektna) mokrog uzorka	[kPa]	235	319	100
	Vlačna čvrstoća (indirektna) suhog uzorka	[kPa]	302	401	200
	Odnos (mokro/suho) vlačnih čvrstoća	[%]	78	80	50

3. **Izbor vrste i udjela hidrauličkog stabilizirajućeg sredstva.** U ovoj fazi postupka na osnovu indeksa plastičnosti (IP<10) odabran je cement kao hidrauličko stabilizirajuće sredstvo. Na osnovu iskustva projektanta predložen je udio cementa od 1,0 %(m/m).

4. **Traženje optimalnog udjela bitumena u stabiliziranom materijalu.** U toj fazi postupka izrade recepture izrađena je serija cementom i bitumenom stabiliziranog granuliranog (glodani + dodani) materijala u rasponu udjela bitumena od 0,5 do 2,5 %(m/m) upjenjenog bitumena. Iz tako dobijenog materijala načinjeni su

standardni Marshall uzorci primjenom 75 udaraca sa svake strane i to pri temperaturi od 250 C. Tako priređenom nizu uzoraka mjerena je zatezna čvrstoća indirektnim načinom i to na vodom saturiranim i suhim uzorcima. Uzorci sa maksimalnom suhom zateznom čvrstoćom i odnosom čvrstoća (mokro/suho) većom od 50% predstavljaju stabilizirani materijal s optimalnom bitumenom. Nađeni su sljedeći optimalni udjeli upjenjenog bitumena:

- Optimalni udio bitumena u recepturi oznake P-089-A/06 je 2,2 %(m/m)
- Optimalni udio bitumena u recepturi oznake P-090-A/06 je 2,4 %(m/m)

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovom radu je primijenjena regresijska analiza koja podrazumijeva određivanje funkcionalne veze između jedne zavisno promjenjive veličine y (precentualni dodatak cementa i bitumena) i nezavisno promjenjivih veličina xi (indirektna vlačna čvrstoća uzorka i odnos vlačnih čvrstoća mokrih i suhih uzoraka). Ova se veza definiše uz pomoć jednačine $y=f(x_i)$, koja se naziva funkcija regresije.

Za provjeru izračunatih vrijednosti koeficijenata iz prethodnih jednačina korišten je programski paket MAPLE u kojemu su isti obrasci implementirani u toolboxu za statistiku. Time je potvrđena računska tačnost narednih koeficijenata.

4.1. Suhi uzorak – računska vrijednost koeficijenata

Uvrštavajući podatke u prethodne izraze određuju se potrebni koeficijenti. Brojčane vrijednosti koeficijenata b_i za model suhog uzorka iznose:

$$b_0 = 0.200\sum_{j=1}^{N} Y_j - 0.100\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{N} X_{ij}{}^2 Y_j = 0.200 \cdot 4.7269 - 0.10 \cdot 5.494 = 0.396$$

$$b_1 = 0.125\sum_{j=1}^{N} X_{ij} Y_j = 0.125 \cdot 0.1176 = 0.0147$$

$$b_2 = 0{,}125\sum_{j=1}^{N} X_{ij} Y_j = 0.125 \cdot 0.1904 = 0.0238$$

$$b_{12} = 0.25\sum_{j=1}^{N} X_{ij} X_{mj} Y_j = 0.25 \cdot 0.0244 = 0.0061$$

$$b_{11} = 0.125\sum_{j=1}^{N} X_{ij}{}^2 Y_j + 0.0187\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{N} X_{ij}{}^2 Y_j - 0.100\sum_{j=1}^{N} Y_j = -0.0077$$

$$b_{22} = 0.125\sum_{j=1}^{N} X_{ij}{}^2 Y_j + 0.0187\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{N} X_{ij}{}^2 Y_j - 0.100\sum_{j=1}^{N} Y_j = -0.0449$$

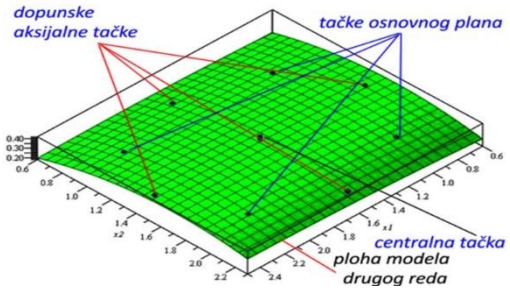
Uvrštavanjem dobijenih vrijednosti koeficijenata u pretpostavljeni matematički model može se dobiti računska vrijednost dodatka procentualnog udjela cementa u ukupnu mješevinu spravljenu od glodanog agregata kolovozne konstrukcije. Tako da će matematički model u kodiranim vrijednostima poprimiti sljedeći oblik:

$$Y(X_1,X_2) = 0.396 + 0.0147\ X_1 + 0.0238\ X_2 + 0.0061\ X_1X_2 - 0.0077\ X_1{}^2 - 0.0449 X_2{}^2 \qquad (1)$$

gdje je:

- *y* - zavisno promjenjiva veličina, koja odgovara fizikalnoj odnosno eksperimentalnoj vrijednosti trajanja procesa
- x_1, x_2 - nezavisno promjenjive veličine koje odgovaraju fizikalnim vrijednostima ulaznih veličina B i C.
- b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{12}, b_{22} - regresioni koeficijenti matematičkog modela

Kvalitet aproksimacije je prikazan na 3D prikazu modela i eksperimentalnih tačaka, slika. Jasno je vidljiva zakrivljenost površine (funkcije dvije nezavisno promjenljive varijable) koja predstavlja model drugog reda kao i položaj tačaka u prostoru eksperimenta a osnovu kojih su računati koeficijenti modela.



Slika 5. Model drugog reda za suhi uzorak sa položajem eksperimentalnih tačaka

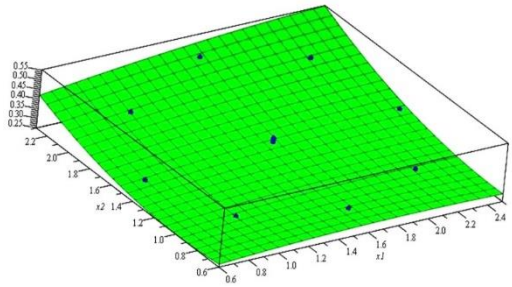
4.2. Mokri uzorak – računska vrijednost koeficijenata

U iste izraze kao u prethodnom slučaju uvrštavaju se brojčani podaci za mokri uzorak i računski određuju koeficijenti izabranog kvadratnog modela.

Matematički model u kodiranim koordinatama za mokri uzorak dobija oblik:

$$Y(X_1,X_2) = 0.3362 + 0.02477 \cdot X_1 + 0.06748 \cdot X_2 + 0.01 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0.006975 \cdot X_1^2 + 0.02452 \cdot X_2^2 \quad (2)$$

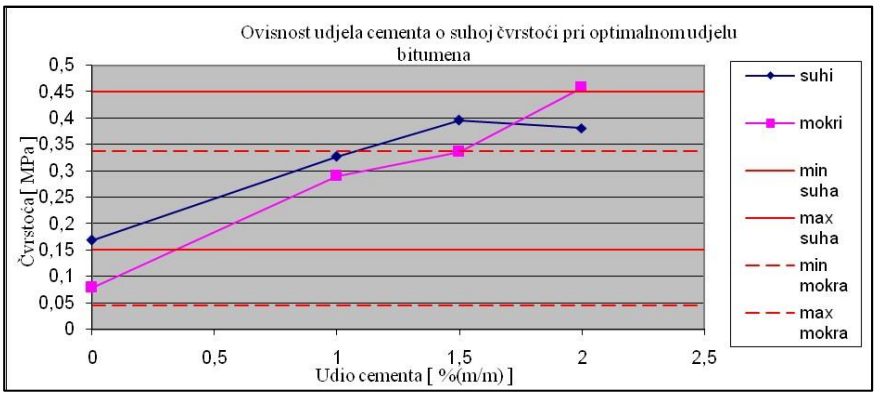
Prikaz prethodnog modela u 3D formi u prostoru fizičkih koordinata je dat na slici 6. Grafički je potvrđeno da model dobro aproksimira eksperimentalne podatke.

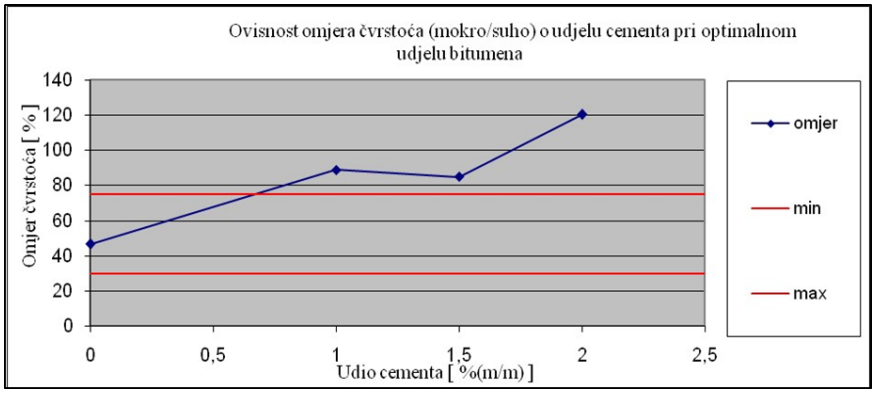


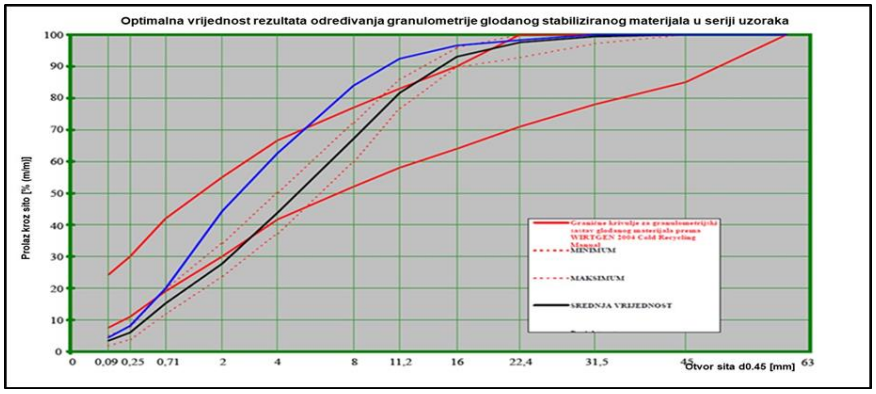
Slika 6. Prikaz 3D modela mokrog uzorka u prostoru fizičkih koordinata

U ovom radu je primijenjen metod nelinearnog programiranja sa ograničenjima, direktnim pretraživanjem, obzirom da funkcija cilja nije linearna nego kvadratna sa iteracijama između varijabli. Funkcije cilja, odnosno modeli obradnih procesa su obične nelinearne funkcije. Međutim i funkcije ograničenja su većinom nelinearne funkcije prikazane u vidu jednačina i nejednačina. Pri izboru metoda i karakteristika optimizacije neophodno je analizirati njihove karakteristike: postupak i princip optimizacije, stabilnost računskog procesa, efikasnost metoda, brzinu konvergencije i podobnost primjene.

U ovom slučaju funkcija cilja je data u matematičkom obliku $y= f(x_1, x_2, x_3)$ koji osim uticaja na veličine: x_1, x_2 i x_3, takođe opisuje i uticaj njihovih interakcija na izlaznu vrijednost y. Parametri tehnologije proizvodnje asfaltne mješavine od glodanog agregata prethodno reciklirane kolovozne konstrukcije sa dodatkom hidrauličnih veziva su modelirani polinomom drugog reda za k=3.







Slika 7.a, 7.b, 7.c. Ovisnost optimalnog udjela cementa i bitumena na čvrstoću uzorka

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I DISKUSIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

1. Dobijeni matematički model pokazao je zavisnost odnosno interakciju između zadržane i dodane količine veziva u odnosu na procentualni udio glodanog (korištenog) agregata i dodanog novog agreagata koji je bio neophodan radi podešavanja propisanih granica u granulometrijskoj krivoj.
2. Recikliranje se dešava kada je to ekonomski opravdano. Faktori na tržištu su dominantni, ali ih generalno podržavaju i vlade i propisi kao što je zabrana deponovanja u zemlju, porezi na takvo deponovanje, porezi na prirodne agregate i, u nekim slučajevima, donacije koje bi pomogle naporima za recikliranje. Očekivani životni vijek raznih tehnika rehabilitacije FDR-a, kada se uzme u obzir ekonomska analiza životnog ciklusa (life cycle economic analysis), generalno se dijeli na dva perioda:
   - FDR sa površinskom obradom.....7-10 godina
   - FDR sa asfaltnim slojem pojačanja.....do 20 godina
3. Poboljšani model je optimalan i ne pretjerano složen za provedbu, iz razloga jer je definisan i ispitivan u stvarnim, realističnim praktičnim uvjetima.
4. Uvijek postoji zabrinutost da mnoga laboratorijska ispitivanja koja se koriste za tradicionalne materijale ne mogu da predvide istinski stepen učinka kod recikliranih materijala.
5. Koeficijenti višestruke regresije za suhi i mokri uzorak iznose R_s=0,9552 R_m=0.986, što dokazuje dobru i uzajamnu zavisnost faktora u matematskom modelu, a što pokazuje da ovaj matematički model sa dovoljno dobrom tačnošću opisuje ovaj proces.
6. Količina dobijene otpornosti prvenstveno se odnosi na količinu dodatog cementnog veziva u reciklirani materijal. Treba primijetiti da više dodavanja veziva ne znači i bolje karakteristike uzorka, pošto reciklirani materijali tretirani cementnim vezivom imaju tendenciju da postanu krući i u isto vrijeme veoma skloni pucanju. Povećavanje količine cementnog veziva povećava krutost reciklirane mješavine što je povezano sa smanjenjem otpora na zamor i povećanjem skupljanja i posljedične pojave pukotina.
7. Reciklirani materijali stabilizovani bitumenom daju fleksibilni materijal sa boljim svojstvima u pogledu otpornosti na zamor kada se uporedi sa onima koji su tretirani cementnim stabilizujućim agensima. Bitumenom stabilizovane mješavine otporne su na stvaranje pukotina usljed skupljanja i mogu se otvoriti za saobraćaj prije nego one mješavine koje su tretirane samo cementom. FDR sa bitumenskim stabilizujućim vezivom čini bitumenom stabilizovani materijal a ne asfaltni sloj, tako

da ima veći sadržaj šupljina između 10% i 20%. Bitumenom stabilizovani materijal ima tendenciju da se ponaša djelimično kao nevezani materijal (kameni agregat), a djelimično kao viskozno-elastičan materijal sposoban da podnese ponovljene napone zatezanja.

8. Minimalni potrebni broj eksperimentalnih tačaka u nekom procesu zavisi od vrste tj. reda matematičkog modela sa kojim će se proces modelirati. U našem slučaju budući da su eksperimentalni podaci prikupljeni prije matematičkog modeliranja u tom momentu (zbog nepoznavanja vrste i reda matematičkog modela) također je bio i nepoznat i minimalni potrebni broj eksperimentalnih podataka. S toga je mjerenje izvršeno na većem broju tačaka i sa širim intervalom variranja ulaznih varijabli (udjeli bitumena, cementa, recikliranog i svježeg agregata), u odnosu na intervale istih u realnim uslovima kako bi prikupljeni eksperimentalni podaci mogli poslužiti za izgradnju raznih formi matematičkih modela. Kada je u fazi modeliranja izabran odgovarajući model (u ovom slučaju kvadratni model sa dvije ulazne varijable), za određivanje koeficijenta izabran je potreban broj (13) eksperimentalnih tačaka koje se bliže središnjoj tački plana čime je interval variranja ulaznih varijabli (faktora) sveden na onaj u realnim uslovima čime je povećana tačnost modela. Provjerom adekvatnosti i računanjem koeficijenata višestruke regresije utvrđeno je da je razvijeni kvadratni model dobro aproksimira raspoložive eksperimentalne podatke. To je potvrđeno grafičkim prikazima gdje se vidi da je kvadratna ploha definisana modelom u oblasti oko središne tačke dobro „provlači“ kroz skup eksperimentalnih tačaka. Odnosno, udaljenost stvarnih eksperimentalnih tačaka od kvadratne plohe modela je vrlo mala za sve tačke.

Na osnovu novostečenih saznanja, iskustava i dobivenih rezultata u ovome radu, može se preporučiti da se nastavi sa istraživanjima na otkrivanju kvantitativnih i kvalitativnih karekteristika materijala iz fleksibilne kolovozne dotrajale konstrukcije koju je neophodno reciklirati i dodatno poboljšavati sa vezivima da bi se isti materijal mogao iskoristiti u nove slojeve bitonosivih i habajućih slojeva kolovoza. Isto tako moguće je dodatno usavršiti i tehnologiju glodanja i prerade dotrajalih slojeva fleksibilnih kolovoza u skladu sa pokazateljima tehničkih parametara saobraćajnica.

6. LITERATURA

Cuiyun, C., & Chazhong, G. (2020). Green development assessment for countries along the belt and road. Journal of Environmental Management, 263, 110344. doi:10.1016/j.jenvman.2020.110344

Hunkeler, D., & Rebitzer, G. (2003). Life Cycle costing—paving the road to sustainable development?. The international journal of life cycle assessment, 8(2), 109-110.

Kim, Y. (2007). Validation of the mix design process for cold in-place rehabilitation using foamed asphalt (No. IHRB Report TR-474). University of Iowa. Public Policy Center.

Ramljak, Z., & Pejnovic, V. (1983). PRACTICAL MECHANICAL TESTS FOR THE DESIGN AND CONTROL OF ASPHALTIC MIXES (No. Monograph).

Akhtar, M. N., Al-Shamrani, A. M., Jameel, M., Khan, N. A., Ibrahim, Z., & Akhtar, J. N. (2021). Stability and permeability characteristics of porous asphalt pavement: An experimental case study. Case Studies in Construction Materials, 15, e00591. doi:10.1016/j.cscm.2021.e00591

Hadžić, I. (2022). Efekti euroatlanskih integracija u oblasti saobraćajne politike Bosne i Hercegovine. DHS-Društvene i humanističke studije: časopis Filozofskog fakulteta u Tuzli, 19(19), 315-338.

Nosler, I., & Beckedahl, H. (2000). ADHESION BETWEEN AGGREGATES AND BITUMEN-PERFORMANCE TESTING OF COMPACTED ASPHALT SPECIMENS BY MEANS OF THE DYNAMIC INDIRECT TENSILE TEST. In PROCEEDINGS OF THE PAPERS SUBMITTED FOR REVIEW AT 2ND EURASPHALT AND EUROBITUME CONGRESS, HELD 20-22 SEPTEMBER 2000, BARCELONA, SPAIN. BOOK 1-SESSION 1.

Martinez, F., & Angelone, S. (2003). Determination of fracture parameters of asphalt mixes by the repeated indirect tensile test. In Sixth RILEM Symposium. Zurique (pp. 387-393).

Valdés, G., Pérez-Jiménez, F., Miró, R., Martínez, A., & Botella, R. (2011). Experimental study of recycled asphalt mixtures with high percentages of reclaimed asphalt pavement (RAP). Construction and Building Materials, 25(3), 1289-1297.

Giuliani, F., & Rastelli, S. (2004). An analytical approach to evaluate the performance of cold recycled asphalt mixtures. In Proceedings of international RILEM conference on the use of recycled materials in building and structures (pp. 13-22). Barcelona: RILEM Publications SARL.

Smiljanić, M. (2010). Uklanjanje i reciklaža materijala u putogradnji pomoću programa „direct mat“ Put i saobraćaj, Društvo za puteve Srbije, Beograd.

Saleh, M. F. (2006). Characterisation of foam bitumen quality and the mechanical properties of foam stabilised mixes.

Strineka, A., Putrić Brkić, J., & Sekulić, D. (2010). Utjecaj sastava na deformabilnost asfalta. Građevinar, 62(09.), 803-811.

Ramljak, Z., Strineka, A., & Šafran, K. (2005). Ovisnost vlačne čvrstoće asfaltnog uzorka o njegovom sastavu. Građevinar, 57(03.), 141-150.

Položki, D. (2001). Točnost proračunanog volumena trupa ceste s obzirom na korišteni digitalni model reljefa. Geodetski list, 55 (78) (3), 195-206.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

PROBLEMS AND PROPOSED SOLUTIONS FOR THE PLANNING OF PUBLIC TRANSPORT IN BITOLA

Vaska Atanasova[a], Marija Stojanoska[a], Nikola Krstanoski[a]

[a] *University of St. Kliment Ohridski, Faculty of Technical Sciences, Bitola, 7000, Macedonia, vaska.atanasova@uklo.edu.mk, marijastojanoska3112@gmail.com, nikola.krstanoski@uklo.edu.mk*

Abstract: *Due to the modern way of life, many cities face the harmful impact of traffic processes reflected in autocentricity, traffic congestion, lack of parking spaces and green areas, which, in turn, all together affect the economic, ecological and health aspects of society. Public transport as a type of transport that can help a lot in building the policy for a sustainable urban transport system. If public transport offers a high quality of transport service and attracts a greater number of trips to the city, then the city would have a chance to withstand the pressure of the car and its constant need for new high-capacity traffic facilities, the negative impacts on the environment would be reduced, i.e. the quality of living in the city would increase, and in order to satisfy that goal, it is necessary to carry out constant field research, through surveys and interviews of the users of the services, in order to understand the problems they face and propose their solutions . This paper will show the problems faced by the users of public transport in Bitola and a proposal of solutions to improve services.*

Key words: *public transport, survey, users, Bitola.*

1. INTRODUCTION

Bitola is the largest city center in the fertile and largest Macedonian valley of Pelagonia and the second largest city in the Republic of Macedonia.1

In the results published by the State Statistics Office for the census that was held in September 2021, the Municipality of Bitola has a population of 85 164.2

Bitola is a city that has a road and railway network.3

Public transport in Bitola is carried out by 5 licensed private operators. The current public transport service in the city's metropolitan area is represented by 5 urban lines.4

Public transportation in Bitola is carried out only by circular routes. As a consequence, the current situation is characterized by an unstable service of public transport.

Namely, using only a circular network, the frequent service is provided only in one part or in this case only in the central area of the city. At the municipal level, there are 19 lines in total, while at the city level, we have 5 urban lines.

Today, in the world, as well as in individual cities in Macedonia, due to various studies and analyses, data collection of a different nature is constantly being carried out.

Thus, the last collection and analysis of data on the transport demand in the territory of the city of Bitola was done with the study conducted in 2010.5

The problems with lack of parking places, pollution and suffocation are everyday, with the increase in the degree of motorization, the number of passengers transported by public transport is decreasing year by year. This is precisely why this survey was conducted, where the drivers and users of the service were surveyed, in order to identify problems and propose solutions to improve services.

2. METHODS

In this paper, one of the most commonly used methods for scientific research will be shown, which is a survey/interview.6 In the period from 21.01.2023 - 11.03.2023, a survey was conducted for all users of public city transport in Bitola.

The survey was made on the Google Drive - Google Forms platform. 30 questions were created that analyzed the current situation, the problems faced by the users and proposed solutions to improve the situation.7

The survey was distributed electronically to the students and employees of the secondary schools "Taki Daskalo" - Bitola, "Josip Broz Tito" - Bitola, "Gjorgi Naumov" - Bitola, while on 06.03.2023 the survey was conducted in a public city transport vehicle, the survey was conducted in public city transport vehicles, line 1, line 4 and line 5. The total amount of data was processed and displayed graphically, in point attachments.8

The questions refer to the age of the users of public city transport, gender, family size, whether they own a car, what is their occupation, how often they use public city transport, what is their most common purpose for traveling by public transport, what is the quality of public city transport today, would they use it if the quality of the service were improved, what are the reasons why they do not use the services of public city transport, if they had the opportunity to choose which means of transport they would choose to meet their mobility needs, whether the number on public transport lines are sufficient and meet the needs, whether the introduction of free public transport will increase the number of users and reduce the use of passenger cars, whether the vehicles of public city transport are delayed a lot at the charging stations, if they are introduce modern ways of collecting tickets, will the time spent at the stands be reduced, are you sufficiently informed about the timetable, are the vehicles operating with sufficient frequency, are the vehicles late, how does the driver treat the passengers, have they ever felt unsafe, whether there is a need to introduce environmentally friendly vehicles, whether they meet the needs of people with disabilities, what they are most interested in when they have to choose which means of transport they would use from the source to the destination of the journey, why they use a private car and whether they would use it if it increased the price of a parking place, which distance is the most acceptable for walking, whether the parking spaces are safe and have the appropriate information, problems and proposed solutions.

3. RESULTS

148 respondents took part in the electoral survey, while 167 users of the service were surveyed in a vehicle of public city transport. The data were processed and graphed.

From the conducted electronic and classic survey in a vehicle of public city transport, out of 315 respondents, 47% are users up to 18 years old, 26% from 18 to 36 years old, 16.5% are users from 36 to 65 years old, while those over 65 years old use public city transport only 10.5%. From this we can conclude that the largest number are young people who use the services of public city transport. According to gender, the largest number of users are women 55.6%, while men are 44.4%. From the conducted survey, it was determined that the family size of the respondents is mostly four members, 45.4%, while 1.9% has one member.

Regarding car ownership, 48.9% own only one car, 27.3% more than one, while 23.8% do not have a car in the family. We can see that in graphic display, figure 1.

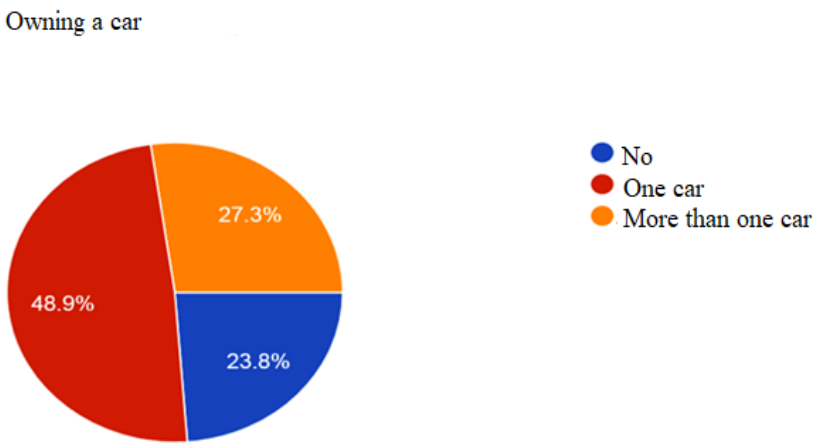


Figure 1. Owning a car

Given that the largest number of respondents were under 18 years of age, this indicates that their occupation is a pupil/student, that is, 55.6%.

The largest number of respondents regularly use public city transportation, 46.3%, about 20% of respondents often or sometimes use public city transportation, while 11.4% rarely. We can see that in graphic display, figure 2.

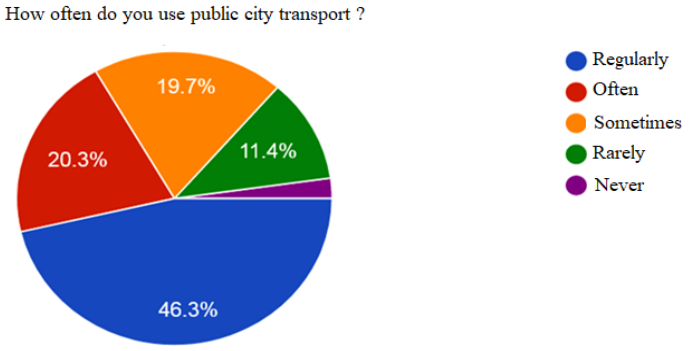


Figure 2. How often do you use public city transport

Most of the time, their purpose for traveling is to go to school/faculty, that is 52.4%. When asked what is the quality of public city transport services, 56.5% answered that it is good, a very small percentage consider it to be excellent and very good, while 54 respondents or 17.1 consider that the services are bad and 5.4% very bad.

If the services of public city transport were improved, 43.8% would use public transport more, while 33.7% would use it at the same level as now.

The biggest reason for not using public city transport is the bad and irregular timetable, i.e. 28.6%, about 22% do not use it because of too much crowding and lack of information, 5.1% think that the price of the ticket is high and that is why they do not use it. use the services.

If they had a choice, 60% would choose the car, while 18.7% would use public city transport, the percentage of using a bicycle, motorbike and electric scooter is very small. Shown in Chart 3.

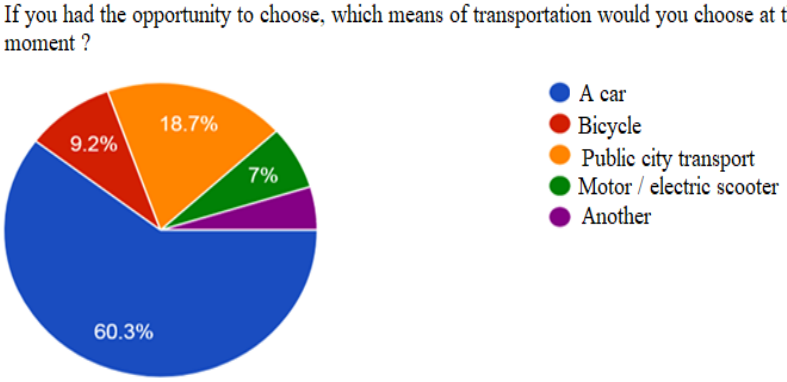


Figure 3. If you had the opportunity to choose, which means of transportation would you choose at this moment ?

The largest number of respondents believe that it is necessary to introduce other lines of public city transport, 37.8%, while 32.4% believe that they are not sufficient, while 29.5% are sufficient and meet the needs.

A huge percentage of the respondents believe that the introduction of free public city transport will increase the number of users of public city transport, namely 57.5%, also 33.7% think that it may increase, but the increase does not depend on the introduction of free transport only, but also for other secondary reasons. Chart view 4.

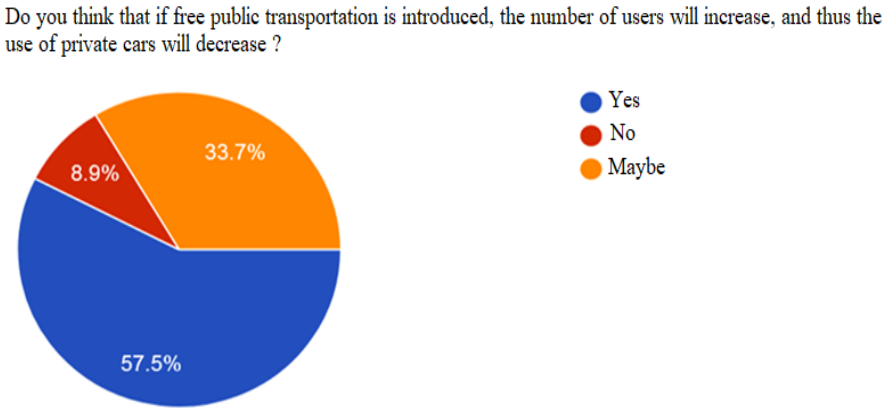


Figure 4. Do you think that if free public transportation is introduced, the number of user will increase, and thus the use of private cars *will* decrease ?

The respondents believe that the introduction of modern payment methods will shorten the waiting time at the stands, and 65.4%, 21.3% believe that there is no need for another method. Chart view 5.

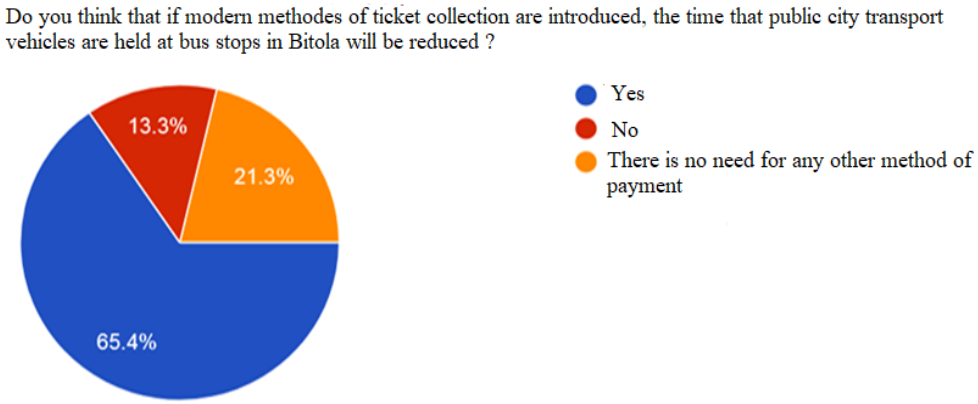


Figure 5. Do you think that if modern methods of ticket collection are introduced, the time that public city transport vehicles are held at bus *stops* in Bitola will be reduced?

Public city transport vehicles are not delayed much at the ticket collection stands, 56.5%, while 43.5% think they are.

Most of the time, passengers only know the timetable of the line on which they most often travel, and that is 36.2%, respondents who do not know the timetable and who believe that modern methods of information should be introduced amount to about 20%, while 25.7% know it the timetable.

Respondents believe that the frequency of public city transport vehicles should be increased, 45.4% and that they do not operate with sufficient frequency 24.4%.

The driver of public city transport always treats passengers well and very well, about 36%. Sometimes public city transport vehicles are late at stops 58.1%.

The introduction of environmentally friendly vehicles is of great need and 93% of the respondents consider this to be the case. Chart view 6.

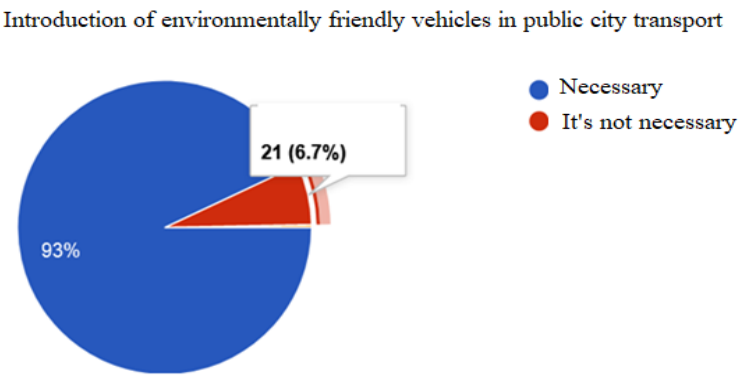


Figure 6. Introduction of environmentally friendly vehicles in public city transport

Safety in public city transport vehicles is at a sufficient level and 64% of respondents never once felt threatened.

Public city transport does not meet the needs of users with certain disabilities 50%, partially 39%.

When asked if they had to arrive from the Faculty of Pedagogy to the Faculty of Technology, about 39% would do so by public city transport, 33% by car, while 23% would walk.

The most acceptable distance that citizens choose to walk is 2 km, and 60%, while 30.6% would walk up to 5 km.

When it comes to the question of what they pay attention to when they have to choose public city transport as a means of mobility, we have a variety of answers and they are most interested in the total travel time from the source to the destination of the trip 35%, the ticket price affects 21 % of the respondents, the distances from the stand to the final destination affect 18% of the respondents, while 14% the distance to the source of the trip to the stand. Chart 7 view.

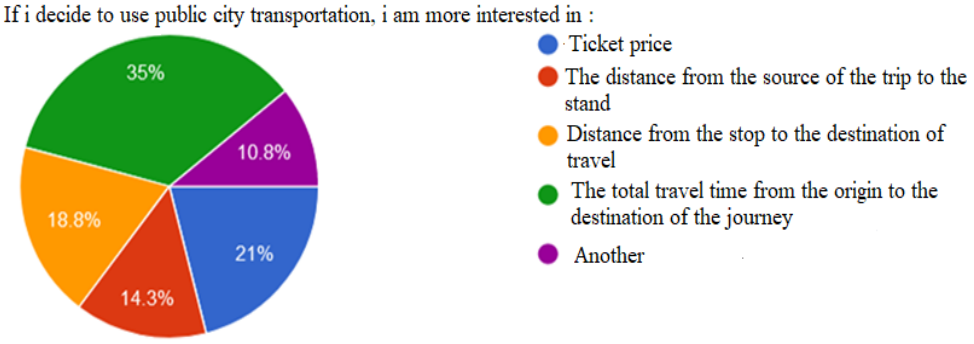


Figure 7. If I decide to use public city transportation, I am more interested in

If the price of a parking space doubles, it will contribute to the opportunity for users to think about whether they would use the car again for mobility, 33.8%, of the total number of surveys, 29.3% will replace the car with public city transport, and 22% again i'd use the car. Chart 8.

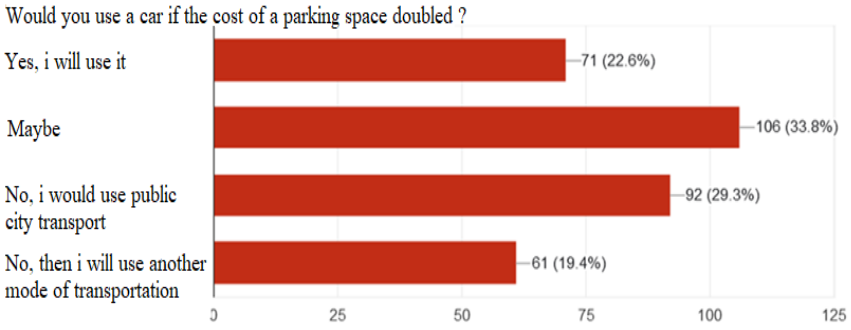


Figure 8. Would you use a car if the cost of a parking space doubled?

There is a huge percentage of respondents who think that the stands are not safe, are not well marked and do not have the necessary information, that is, partially, 78.6%.

4. DISCUSSION

Problems with public city transportation in Bitola:

- Absence of the operation of coordinated timetables;
- Competition between private carriers, movement before timetable, theft of passengers of other carriers;
- High costs, small number of passengers transported, cancellation of lines; ¬ Problems with an integrated policy for urban transport;
- Problem with taxi transport - unregistered (wild) carriers who are illegal competition, simply steal the passengers who are waiting for the services from the public city transport;
- Illegal parking of other road users blocks the movement of public city transport vehicles, thereby causing delays, loss of regularity and accuracy;
- Malfunctioning of the inspectorate and traffic police;
- The vehicles (small number of buses, poor hygiene, old fleet that often breaks down, loud noise, harmful emissions, small number of seats, air conditioning, too crowded, not low-floor, which makes entry/exit difficult for the elderly and with a disability, small children, bad smell,)
- Train staff (rude behavior with passengers, eating food while driving the bus, smoking cigarettes, talking to passengers, braking suddenly,)
- Timetable (frequent delays, the timetable is not followed, a small number of lines, cancelled, no transport in the late hours, certain stops are skipped, low frequency of vehicles,)
- Collection (collection of students, high price of the ticket, bad system of collection, collection in hand,)
- Information (non-existence of a system to inform the passengers that the public transport vehicle will be late, will not come at all, there is no button in the public transport vehicle with which the passenger would inform the driver that there are passengers to exit at the next stop)
- Security (due to illegal parking, passengers enter/exit from outside the parking lot, as their security is at a low level).

5. CONCLUSION

As a conclusion from the conducted survey, we can say that there are a large number of ways and opportunities to solve the problems related to public city transportation in Bitola. By solving them and improving the situation, it will contribute to the completion of a sustainable urban city, where mobility with public city transport will be at the top of the pyramid, and problems with automobile traffic will be minimized. Attached is a proposal for solutions to improve the services of public city transportation:

- To follow the experiences and positive sides of European countries;
- Constantly analyzing, conducting surveys and investigations that will allow us to perceive the needs of the users from year to year;
- Introduction of new lines that will provide better service in more remote and unconnected places with public service, lines in the late hours and on weekends;
- Introduction of quality systems for tracking the vehicles of public city transport at any moment in a given location, and thus improving the availability of the vehicles for accurate and timely information about where the vehicle is and when it will arrive at our location;
- Information about the train schedule at the stands, internet platform;
- Modern ways of collecting tickets;
- To use modern, low-floor, safe, environmentally friendly, noise-free, air-conditioned, clean and with a greater number of seats, double-decker buses;
- Introducing stricter measures and restrictions for private traffic in order to direct passengers to use public transportation;
- Free public city transportation, a special bus for students;

- Accuracy and regularity of the buses;
- Seat belts for passengers, prohibition of the intake of vegetables, etc.
- Continuous maintenance of cleanliness and hygiene in the vehicles.

6. REFERENCES

https://mk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%B0

https://www.stat.gov.mk/

https://www.bitola.gov.mk/

https://www.bitola.gov.mk/wordpress/wp-content/uploads/2021/04/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B8-%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8-2021.pdf

https://www.temjournal.com/content/61/TemJournalFebruary2017_53_63.pdf

https://mk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%B0

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScv1qSMdXhNTKNANnODlSpW1HHpWGtJZGwJOj-0lreCCEVWuw/viewform

https://mk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%98%D0%B0:%D0%A1%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D0%B8_%D1%83%D1%87%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%88%D1%82%D0%B0_%D0%B2%D0%BE_%D0%91%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%B0

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

THE FACTORS ASSOCIATED WITH DRIVING UNDER THE INFLUENCE OF ALCOHOL

Emir Smailović[a], Dalibor Pešić[a], Boris Antić[a], Nenad Marković[a]

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

Abstract: *One of the goals research of driving under the influence of alcohol (DUI) is to create conditions on the basis of which it would be possible to describe DUI. In this study, a meta-analysis of DUI-related factors was performed. In the first step, a ScienceDirect database search was performed. Two terms were used for the search: "alcohol and crash" and "DUI and crash". The research included in the meta-analysis from the mentioned journals had to satisfy the condition that there is a connection between a factor and DUI. All factors that can be related to alcohol were observed: driving style, characteristics of the driver, time and place of driving, characteristics of the vehicle, etc. By searching more than 1,000 studies in this field, a odds ratio was created to connect factors and DUI. The odds ratio of connectivity (OR) represents the strength of the connection between a particular factor and the DUI. By applying the mentioned methodology, a conclusion was reached on the connection between factors and DUI, on the basis of which it is possible to describe and typify DUI drivers in traffic. When it comes to driver behavior, the most important predictors of DUI are speeding, not using a seat belt, driving without a driver's license and previous DUI. The results of this study can be valuable for further development of the legislation related to drink-driving..*

Key words: *DUI, alcohol drinking, risk factors, driver behaviors'*

1. INTRODUCTION

The prevalence of driving under the influence of alcohol can be best described by the fact that only 1.4 million of drunk drivers, out of 159 million of drivers who admitted having driven their vehicles under the influence of alcohol, were detected in the USA, in 2005 (Chang, Wu and Ying, 2012). Similarly, the likelihood of a recidivist drink driver's being caught in an offence is only 3.8%, while 83.3% of drink drivers are never caught in an offence (Eun, 2021). At the current level of science developmnent, it is generaly known that drink driving increases the risk of being involved in a road accident. This fact is the result of numerous studies conducted in the second half of the XX century. Factors related to drink drivers are less known. Individual factors related to driving under the influence of alcohol have been subject to many research studies (Caetano and McGrath, 2005; Evans-Whipp *et al.*, 2013; Xiao *et al.*, 2017;Smailović *et al.*, 2019; Freeman *et al.*, 2021). However, a smaller number of research studies have considered the prediction models, or the identification of drivers who are driving their vehicles while being under the influence of alcohol (Smailović *et al.*, 2019; Freeman *et al.*, 2020; Yadav and Velaga, 2020; Vankov and Schroeter, 2021).

Research into factors related to drink-driving that may serve as a basis of prediction of drink drivers, is one of the challenges faced by current research studies. Many authors (Caetano and McGrath, 2005; Evans-Whipp *et al.*, 2013; Xiao *et al.*, 2017; Smailović *et al.*, 2019; Pešić *et al.*, 2019; Freeman *et al.*, 2020; Yadav and Velaga, 2020; Freeman *et al.*, 2021; Vankov and Schroeter, 2021) have tried, with greater or lesser dependence, to associate available indicators with drink-driving.

The COVID-19 pandemic affected driver behaviour worldwide. With the pandemic outbreak, traffic enforcement related to drivers dropped significantly. Static roadside random breath testing was temporarily suspended, and visible police activities on the road were reduced (Watson-Brown *et al.*, 2021).

Determining the factors related to driving under the influence of alcohol may contribute significantly to the development of prediction of drink drivers in the traffic flow. One of the main goals of improving road safety is to increase the so-called subjective risk of punishment. The literature suggests the methods that can be used to

increase the subjective risk of punishment, such as the increase in the objective risk, easily seen work of traffic police on the road, automatic control of road users, etc.

As far as the drink-driving is concerned, an issue of possibility of an automatic control is raised. In fact, the use of the automatic control is clear and understandable when it comes to speed, possessing an appropriate registration label, wearing a seat belt, or using a mobile phone while driving. However, the question is how to recognize a driver under the influence of alcohol in a traffic flow? Even if such a driver has been recognized, it is not possible to check and sanction that driver without determining the level of blood alcohol content. This research is oriented to the systematization of factors related to drink-driving that are used in the literature.

2. POSSIBLE FACTORS INVOLVED IN THE ANALYSIS

A pictorial example of prediction of drink-driving has been shown in the research by (Fu, 2008), from Louisiana (USA). In the survey focusing on recidivist drink drivers and their involvement in road crashes, (Fu, 2008) mentions two extremes. As for the drink driver type involved in a road accident (and participating in road traffic at the same time), the author mentions a 20-year old white, male driver, who is driving a pick-up truck home, on a two-lane road in the urban area. On the other hand, the type of driver who is the least likely to be involved in a road accident while being under the influence of alcohol (and driving a vehicle under the influence of alcohol at the same time) is a 55-year old female driver, not white, who is driving a passenger car on a city boulevard, in the industrial zone (Fu, 2008).

There are different approaches to the factors associated with driving under the influence of alcohol, or predictors indicating which driver could be under the influence of alcohol. When the measures preventing driving under the influence of alcohol began to develop, the dominant approach included the association between the involvement in road accidents and driving under the influence of alcohol. That is why that risk of being involved in a road accident is most often associated with the driver's blood alcohol content (Smailović *et al.*, 2020).

Kuo *et al.* (2020) have identified the following as possible predictors of recidivist drink drivers: regular drinking of alcohol, underreporting of drivers, taking other psychoactive substances and driver's criminal record. Using the multiple logistic regression analysis, the authors have shown that regular alcohol drinking and consuming alcohol in the workplace are the most significant predictors of frequent drink-driving. As for motorcyclists, the most significant predictor of riding under the influence of alcohol is regular drinking of alcohol.

Based on the research into factors associated with the drivers under the influence of psychoactive substances, (Valen *et al.*, 2019) came to the conclusion that drivers under the influence of alcohol or drugs, when compared to sober drivers, more often exceed the speed limit (68% compared to sober drivers (32%)); do not wear the seat belt (69% compared to sober drivers (30%)); and drive the vehicle without an appropriate driving licence (26% compared to sober drivers (1%)). In a survey of involvement of drunk drivers in road accidents in Serbia, (Smailović *et al.*, 2019) have stated that the likelihood of a drunk driver of a passenger car to wear a seat belt is around 27% compared to sober drivers who do wear them in around 72% of cases. Having observed the relation of individual factors and specific categories of drivers, (Valen *et al.*, 2019) concluded that, as far as drivers of passenger cars and drivers of light goods vehicles are concerned, the most significant risk factors indicating that a driver is under the influence of alcohol are: inappropriate driving licence, not wearing a seat belt, driving at high speeds, inappropriate position of the vehicle on the road, while for motorcycle riders, the most significant predictor is the inappropriate driving licence (Valen et al., 2019).

The beginning of breath testing provided conditions for statistical analysis of driver characteristics and the presence of alcohol. The most common characteristics of drivers, such as male (sex), young drivers, night-time conditions, etc., have been identified in that way, indicating higher probability of presence of drunk drivers in road traffic. Driving errors, or unsafe behaviour, such as exceeding speed limit, deviation from straight line movement, incorrect trajectory of a curve, and their association with drunk drivers, are recognized and shown below. Recent surveys in this area have considered all the above mentioned factors, such as demographic characteristics of drivers, features related to the time and place of participating in road traffic, characteristics of vehicle driving, and have connected all these groups into a set of predictors, with the aim to answer the question as to which driver is a drunk driver, without taking any direct testing.

3. METHOD

Systematic literature review has been performed by analyzing the papers in which a specific factor is associated with drink-driving or with the risk of drunk drivers involved in road accidents or some unsafe traffic behaviour

(exceeding speed limit, not wearing a seat belt, violating traffic rules and regulations, etc.) which is associated with drivers under the influence of alcohol.

The aim of this part of the research is to sum up the existing knowledge on factors associated with driving under the influence of alcohol and the risk of being involved in road accidents. The research aims to improve the existing knowledge by: (1) systematizing the largest possible number of risk factors associated with drink-driving in the literary review and the meta-research into the strength of association of factors and driving under the influence of alcohol; (2) conducting research into the frequency of driving under the influence of alcohol of different categories of drivers; (3) conducting meta-research into the risk of participating in road accidents with drunk drivers.

The issue of driving under the influence of alcohol is the subject of many research studies in the field of road safety, psychology of driver behaviour, medical science, etc. There are numerous arguments for the application of a meta-analysis in various scientific disciplines. Frumento *et al.* (2022) performed a systematic review by including 30 studies on psychoactive substances and professional drivers. However, a question is raised as to the limitation of the number of studies, as well as to the level of detail of conclusions in the literary review. Therefore, (Elvik, 2018) has mentioned several reasons for the application of a meta-analysis. In cases of a larger number of research studies and a higher number of results, it is not a good practice to show the scientific knowledge in the form of a text and descriptive analysis, which is the first reason for the application of meta-analysis. The second reason concerns summing up a large number of results on a specific subject, which cannot be systematized efficiently in a text form. The third reason is the exclusion of subjectivity which can be part of descriptive analysis. Meta-analysis guides the research through numerical values of each study that can be surveyed in a statistical way, which consequently reduces researcher's subjectivity. The effect that is the subject of research can be shown by means of the systematized tools and by using the systematized numerical values, which enable the inclusion of statistical significance in the research. The last reason is the possibility of explaining the variations between the studies and simple supplementing of new studies, so that the results of meta-research could be updated (Elvik, 2018).

A meta-analysis is a statistical and analytical method which combines and synthesizes various independent studies and integrates their results into a common, unique result. Meta-analyses provide a more accurate and more reliable assessment of the subject of research than the individual studies do. The analysis is based on the systematic literature review. The purpose of a meta-analysis is to come to a conclusion on the subject of research that will be based on a larger number of individual research studies. It has a long history of development, despite the fact that only in 1976 did the psychologist Gene Glass was the one who first called this method a meta-analysis. In the road safety field, the use of a meta-analysis started at the end of the 1990's (Wagenaar *et al.*, 1995), but it acquired more significant application in the research study dealing with the impact of psychoactive substances on road safety, conducted at the beginning of the second decade of the XXI century (Erke, Goldenbeld and Vaa, 2009; Elvik, 2013).

4. EFFECT SIZE ESTIMATES

The effect size of most of road safety research studies is represented by the Odds Ratio (OR). A smaller number of research studies have presented their results by the relative risk (RR) or by probability expressed in percents. In order to enable comparison between studies and the final estimate of the effect size, it is necessary to standardize individual effect sizes. To do that, a transformation of probability into the odds ratio or vice versa needs to be done.

The effect size and sample size of each study are different. The odds ratio, the relative risk or any other measure of effect obtained from a large sample is more precise than the effect obtained on the basis of a small sample. That is why the size of the weight (significance) of each study should be included in the calculation of the final effect for which meta-analysis is used. The value of weight of each study can be an inverse value of the standard error (SE). Each factor in a model, or research study, is independent, which is why each factor included in the analysis is connected with a standard error. Many independent variables are most often used in the models, where the estimate of the effect is based on the logistic regression.

The effect size of the j-th researched factor (Y_j) can be defined in the following way (Elvik, 2018):

$$\overline{Y}_j = \frac{\sum_{i=1}^{g} Y_i \bullet W_i}{\sum_{i=1}^{g} W_i} \quad (1)$$

where g is the number of independent studies included in the meta-analysis.

The statistical weight of an individual factor (j) included in the meta-analysis (W_i) is defined as the inverse variance of each estimated value, or of the square of the standard error (SE_i) of the researched factor (j), Elvik (2018):

$$W_i = \frac{1}{SE_i^2} \quad (2)$$

Meta-analysis models can be divided into two groups: Fixed and Random. If it is assumed that the studies are not heterogeneous, or that they are the variations of the result of consequences of sampling, then the Fixed model will be used. In other words, the Fixed model is used if the variations of effect estimates can be fully explained by the sampling. Random models are based on the assumption that there is a difference in variations of results of the effect estimates that is bigger than the variation of sampling (Elvik, 2018). In other words, if the differences in the effect estimates are not the consequence of the variation of sampling, it will be necessary to apply the Random model.

Estimates of effects of prediction of drink-driving differ significantly, but the differences are not the consequence of the sampling. Generally speaking, studies conducted in road traffic are heterogeneous, with different estimates that are not the consequence of variations of the sampling.

In order to determine the variation of the j-th effect estimate among the studies, the statistical test will be used (Elvik, 2013):

$$Q_j = \sum_{i=1}^{g} w_i \bullet y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{g} w_i \bullet y_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{g} w_i} \quad (3)$$

The Q size is the estimate of the variance. Statistical weight (w_j) of the effect estimate of the randomized model contains an additional component τ, calculated in the following way (Elvik, 2013):

$$\tau_j = \frac{Q - df}{\sum w_i - \frac{\sum w_i^2}{\sum w_i}} \quad (4)$$

Therefore, the statistical weight of the j-th assessment of the randomized effect can be defined in the following way:

$$w_j = \frac{1}{SE_i^2 + \tau^2} \quad (5)$$

The Random model of effect estimate is used when τ is positive. If it is negative, then zero is used (Elvik, 2018). The variance (SE^2) is different for the surveyed factors and included studies, and τ^2 is the constant for the specified factor.

Both models, Fixed and Random, are used in the meta-research. If the value of τ is negative for a specific researched factor, the Fixed model is used. In other words, both models are used in this meta-analysis, but an appropriate model is chosen for each individual effect estimate. The meta-analysis has been performed in the software package MS Office Excel.

5. RESULTS AND DISCUSSIONS

Most studies included in the meta-analysis have been published in the Accident Analysis and Prevention journal (38); 20 studies have been published in the Traffic Injury Prevention journal, while four studies have been

published in the Journal of Safety Research and four in the Transportation Research journal – Part F; three studies have been published in the Drug and Alcohol Dependence journal.

Data from most studies included in the meta-analysis have been obtained on the basis of the drink-driving-related self-reported behaviour of drivers (23); then on the basis of police reports on the involvement of a drunk driver in a road accident (19), by breath testing of drivers at check sites (16), etc. The average size of the sample of surveyed drunk drivers in the studies is M=26.410 (SD 91.527).

This research systematized 42 factors related to driving under the influence of alcohol. Out of that number, four factors indicate the dependence on the level of the blood alcohol content and the involvement in road accidents. Three factors concern road accidents caused by drunk drivers. The remaining 35 factors are predictors of driving under the influence of alcohol. Predictors in this research are the relationship of factors and the odds for driving a vehicle under the influence of alcohol. Table 1 shows the surveyed factors per studies.

Most of the surveyed factors of the effect estimate have been obtained using the Random meta-analysis model, while eight effect estimates have been obtained using the Fixed meta-analysis model.

Exceeding speed limit with the effect estimate of 7.303 (CI, 6.566 – 8.04), driving at night-time conditions with the effect estimate of 3.774 (CI, 3.710 – 3.837), not wearing a seat belt with the effect estimate of 3.541 (CI, 3.448 – 3.634) and previous experiences of drink-driving with the effect estimate of 2.784 (CI, 2.681 – 2.888) are the most significant predictors of driving under the influence of alcohol. Based on the effect estimates, it can be concluded that recidivist drink drivers account for 74% of all drivers operating their vehicles under the influence of alcohol.

The presence of passengers in a vehicle is the fifth most significant predictor of drink-driving, indicating that the higher number of passengers in a vehicle is, the higher is the likelihood of a DUI driver. Obvious errors in road traffic made by drivers are the next DUI predictor.

As for motorcyclists, the failure to use safety helmets is the most significant DUI predictor.

Male drivers driving any category of vehicle are 70% more likely to operate their vehicles under the influence of alcohol, which makes the drivers of male sex part of the group with more significant DUI predictors. Taking drugs is another predictor with a significant impact on DUI certainty.

Drivers of older cars belong to the group of drivers with the higher effect estimate for DUI, i.e. 2.11 (CI, 1.397 – 2.822). Drivers striving for excitement or who are tolerant of deviant behaviour have higher effect estimate in terms of driving a vehicle under the influence of alcohol.

A meta-research gives an answer to the question of category of drivers that most often drive a vehicle under the influence of alcohol. Riders of two-wheelers (bicyclists and motorcyclists) more often ride their vehicles under the influence of alcohol than other categories of drivers. The results of this research show that the riders of two-wheelers most often drive under the influence of alcohol, with the effect estimate of 2.086 (CI, 2.029 – 2.143).

Reduction in certainty of enforcement and testing has a positive impact on DUI increase, with the effect estimate of 1.779 (CI, 1.772 – 1.786). It is interesting that the enforcement in the form of driver testing has a far bigger impact on DUI reduction than the amount of fine has, its effect estimate being 1.001 (CI, 0.994 – 1.009).

Observed as a separate group, young drivers have an increased risk of participation in road traffic under the influence of alcohol. The effect estimate is 1.761 (CI, 1.746 – 1.777). Middle-aged drivers are less likely to operate their vehicles under the influence of alcohol, with the effect estimate of 1.276 (CI, 1.256 – 1.297). Elderly drivers are the least likely to drive their vehicles under the influence of alcohol, with the effect estimate of 0.846 (CI, 0.842 – 0.850). In other words, these results mean that the likelihood of elderly drivers to drive a vehicle under the influence of alcohol is less than with other drivers.

Drivers whose friends or family consume alcohol are more likely to drive their vehicles under the influence of alcohol, with the effect estimate of 1.74 (CI, 1.669 – 1.781). The effect estimate of drivers with unsafe attitudes on drink-driving is 1.664 (CI, 1.542 – 1.786). Drunk drivers more often drive their vehicles on weekends, as well as on roads in urban areas, with the effect estimate of 1.652 and 1.636, respectively. The failure to possess a driving licence, or possessing an inappropriate driving licence for a vehicle category is another DUI predictor, with the effect estimate of 1.367. Consuming larger quantities of alcohol is related to driving under the influence of alcohol, with the effect estimate of 1.346.

One of the predictors of driving under the influence of alcohol that was singled out in this research is the marital status of drivers. Thus, divorced drivers or single drivers have a moderately increased risk of driving under the influence of alcohol, with the effect estimate of 1.241.

An interesting research result has been obtained with regard to the amount of income and DUI certainty. Drivers with higher incomes are more likely to drive their vehicles under the influence of alcohol, with the effect estimate of 1.225 (CI, 1.196 – 1.253). Such results are explained by the fact that drivers with higher incomes have a higher probability of driving and consuming alcohol. They have better access to cars in the first place, and more often consume alcohol outside their houses (in restaurants or clubs).

Smoking cigarettes can be related to a higher risk of DUI, with the effect estimate of 1.174 (CI, 1.109 – 1.238). Similarly, an optional purpose of travel is a predictor with the small effect estimate of 1.162 (0.905 – 1.419). In 13 research studies it has been shown that the unemployed, or persons at more responsible positions in the society have a higher risk of driving under the influence of alcohol, with a small partial contribution of 1.159 (CI, 1.140 – 1.177).

Table 1. The most important predictors of driving under the influence of alcohol by literature review

No	Factors	Higher risk of DUI	Number of included studies	Model	Effect size (OR)	Confidence Interval CI 95	
1	Exceeded speed limit	Extremely exceeded speed limit	5	Random	7.303	6.566	8.04
2	Period of day	Driving at night-time conditions	22	Random	3.774	3.71	3.837
3	Not wearing a seat belt		10	Random	3.541	3.448	3.634
4	Previous DUI experience	Those who previously drove under the influence of alcohol are more likely to repeat it	7	Random	2.784	2.681	2.888
5	Presence of passengers in a vehicle	Drivers with more passengers more often drive under the influence	10	Random	2.518	2.311	2.725
6	Errors made in road traffic	Errors that may cause a road accident, obvious errors	7	Random	2.499	2.385	2.613
7	Not wearing a safety helmet		3	Fixed	2.414	2.204	2.624
8	Sex	Male	33	Random	2.317	2.303	2.331
9	Consuming drugs	Those who consume drugs are more likely to drive under the influence	8	Random	2.156	2.1	2.212
10	Vehicle characteristics	Drivers of older cars more often drive under the influence	3	Random	2.11	1.397	2.822
11	Behaviour	Persons striving for entertainment, excitement, going out more frequently and coming back home later. Persons who are tolerant of deviant behaviour/criminal behaviour	22	Random	2.108	2.084	2.133
12	Two-wheelers	Motorcyclists and bicyclists more often ride under the influence of alcohol than others	11	Random	2.086	2.029	2.143
13	Enforcement	Reduction in certainty of enforcement and driver testing	15	Random	1.779	1.772	1.786
14	Age (Young)	Young drivers are at higher risk	24	Random	1.761	1.746	1.777
15	Influence of friends and family	Higher risk if the family or friends consume alcohol	13	Random	1.74	1.699	1.781
16	Attitudes on alcohol	Unsafe attitudes on alcohol	8	Random	1.664	1.542	1.786
17	Day in the week	Drivers more often drive under the influence on weekends	9	Random	1.652	1.622	1.681
18	Driving in an urban area	Drivers more often drive under the influence in an urban area	12	Random	1.636	1.599	1.673
19	Accident type	Single vehicle accidents related to	9	Random	1.593	1.492	1.693

No	Factors	Higher risk of DUI	Number of included studies	Model	Effect size (OR)	Confidence Interval CI 95	
		DUI					
20	Failure to possess a driving licence /appropriate driving licence	No driving licence or no appropriate driving licence	8	Random	1.367	1.305	1.43
21	Alcohol consuming habits	Consuming larger quantities of alcohol significantly increases the likelihood of driving under the influence	52	Random	1.346	1.345	1.348
22	Age (Middle-age)	Middle-aged driver	17	Random	1.276	1.256	1.297
23	Family relationship/marital status	Divorced /single	12	Fixed	1.241	1.178	1.304
24	Income	Higher amount of salary	20	Fixed	1.225	1.196	1.253
25	Smoking cigarettes	Those who smoke cigarettes are slightly more likely to drive under the influence	2	Fixed	1.174	1.109	1.238
26	Purpose of travel	Optional purpose of travel	5	Fixed	1.162	0.905	1.419
27	Profession	The unemployed and those holding more responsible positions in the society	13	Random	1.159	1.14	1.177
29	Education	Higher education	25	Random	1.146	1.139	1.154
30	Frequency of driving	Using the car on a daily basis does not affect driving under the influence	9	Fixed	1.029	0.953	1.105
31	Aggressive driving	Aggressive behaviour in road traffic	6	Random	1.01	1.009	1.011
32	Sanctions	Amount of sanctions affects the deterrence from driving under the influence	13	Random	1.001	0.994	1.009

6. REFERENCES

Caetano, R. and McGrath, C. (2005) 'Driving under the influence (DUI) among U.S. ethnic groups', Accident Analysis and Prevention, 37(2), pp. 217–224. doi:10.1016/j.aap.2004.07.004.

Chang, K., Wu, C.C. and Ying, Y.H. (2012) 'The effectiveness of alcohol control policies on alcohol-related traffic fatalities in the United States', Accident Analysis and Prevention, 45, pp. 406–415. doi:10.1016/j.aap.2011.08.008.

Elvik, R. (2013) 'Risk of road accident associated with the use of drugs: A systematic review and meta-analysis of evidence from epidemiological studies', Accident Analysis and Prevention, 60, pp. 254–267. doi:10.1016/j.aap.2012.06.017.

Elvik, R. (2018) 'Meta-analytic methods', Transport and Sustainability, 11, pp. 425–447. doi:10.1108/S2044-994120180000011022.

Erke, A., Goldenbeld, C. and Vaa, T. (2009) 'The effects of drink-driving checkpoints on crashes-A meta-analysis', Accident Analysis and Prevention, 41(5), pp. 914–923. doi:10.1016/j.aap.2009.05.005.

Eun, S.J. (2021) 'Effects of stricter drunk-driving laws on alcohol-related road traffic death, injury, and crash rates in South Korea: A synthetic counterfactual approach using Bayesian structural time-series models', Accident Analysis & Prevention, 163(July), p. 106455. doi:10.1016/j.aap.2021.106455.

Evans-Whipp, T.J. et al. (2013) 'Adolescent exposure to drink driving as a predictor of young adults' drink driving', Accident Analysis and Prevention, 51, pp. 185–191. doi:10.1016/j.aap.2012.11.016.

Freeman, J. et al. (2020) 'Past behaviours and future intentions: An examination of perceptual deterrence and alcohol consumption upon a range of drink driving events', Accident Analysis and Prevention, 137(December 2019), p. 105428. doi:10.1016/j.aap.2019.105428.

Freeman, J. et al. (2021) 'A study identifying the origins of different types of drink driving events through the lens of deterrence: Is it alcohol abuse or avoiding detection?', Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 79, pp. 157–169. doi:10.1016/j.trf.2021.04.016.

Frumento, S. et al. (2022) 'A Systematic Review on the Role of Substance Consumption in Work-Related Road Traffic Crashes Reveals the Importance of Biopsychosocial Factors in Prevention', Behavioral Sciences, 12(2), p. 23. doi:10.3390/bs12020023.

Fu, H. (2008) 'Identifying repeat DUI crash factors using state crash records', Accident Analysis and Prevention, 40(6), pp. 2037–2042. doi:10.1016/j.aap.2008.08.020.

Kuo, Y.C. et al. (2020) 'Different demographic and drinking profiles of motorcyclists and car drivers with the first-time offense of driving/riding under the influence of alcohol', Accident Analysis and Prevention, 134. doi:10.1016/j.aap.2019.105330.

Pešić, D. et al. (2019) 'Driving under the influence of alcohol and the effects of alcohol prohibition—Case study in Serbia', Traffic Injury Prevention, 20(5). doi:10.1080/15389588.2019.1612058.

Smailović, E. et al. (2019) 'Factors associated with driving under the influence of alcohol', Traffic Injury Prevention, pp. 343–347. doi:10.1080/15389588.2019.1605168.

Smailović, E. et al. (2020) 'The effects of a change in permissible blood alcohol concentration limit on involving drink-driving in road accidents', Transportation Research Procedia, 45(2019), pp. 201–209. doi:10.1016/j.trpro.2020.03.008.

Valen, A. et al. (2019) 'Driver-related risk factors of fatal road traffic crashes associated with alcohol or drug impairment', Accident Analysis and Prevention, 131(0424), pp. 191–199. doi:10.1016/j.aap.2019.06.014.

Vankov, D. and Schroeter, R. (2021) 'Driving under the influence of drugs or alcohol: Predicting the intentions of young drivers', Traffic Injury Prevention, 22(2), pp. 97–101. doi:10.1080/15389588.2020.1869953.

Wagenaar, A.C. et al. (1995) 'Methods used in studies of drink-drive control efforts: A meta-analysis of the literature from 1960 to 1991', Accident Analysis and Prevention, 27(3), pp. 307–316. doi:10.1016/0001-4575(94)00073-U.

Watson-Brown, N. et al. (2021) 'Drink driving during the COVID-19 pandemic', Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 78, pp. 369–380. doi:10.1016/j.trf.2021.02.020.

Xiao, D. et al. (2017) 'Prevalence of drink-driving among adults in China: A nationally representative survey in 2010', Traffic Injury Prevention, 18(8), pp. 795–800. doi:10.1080/15389588.2016.1161760.

Yadav, A.K. and Velaga, N.R. (2020) 'Alcohol-impaired driving in rural and urban road environments: Effect on speeding behaviour and crash probabilities', Accident Analysis and Prevention, 140(November 2019), p. 105512. doi:10.1016/j.aap.2020.105512.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LOCAL COMMUNITY VEHICLE FLEETS

UNAPREĐENJE EFIKASNOSTI VOZNIH PARKOVA LOKALNE ZAJEDNICE

Pavle Gladović[a], Božo Ilić[a], Vesko Lukovac[b], Vladimir Popović[c]

[a] *Rico training centre, Arčibalda Rajsa 27, 11000 Beograd, Serbia, anaipavle@gmail.com, ricocentre@gmail.com*

[b] *University of Defence, Military Academy, Generala Pavla Šturma 1, 11000 Belgrade, Serbia, lukovacvesko@yahoo.com*

[c] *Academy of Technical-Educational Vocational Studies, Aleksandra Medvedeva 20,18000 Niš, Serbia , msv.popovic@gmail.com*

Abstract: *The fleet of passenger vehicles of the municipality/city consists of official - passenger vehicles and vehicles for carrying out the activities of public companies, public institutions, organizations and public utility companies founded by the local community. The formation of a centralized fleet of vehicles (CVR) would enable: improvement of effectiveness vehicle fleet, maintenance management of vehicles, rationalization of vehicle use, standardization, control, manner of vehicle use and manner of activities related to the vehicle fleet, as well as management of vehicle exploitation costs. The vehicle management system serves to manage vehicles, simplify maintenance and fleet management, vehicle cost tracking and reporting. With it, small fleets get better insight into fuel consumption through tracking and reporting on vehicle idle time, usage management and trip tracking. The paper describes the procedure for the formation of the CVP and the effects achieved by the introduction of such a system in the institutions of the local community.*

Key words: *centralized fleet, efficiency, effectiveness, rationalization*

Apstrakt: *Vozni park putničkih vozila opštine/grada, sastoji se od službenih - putničkih vozila i vozila za obavljanje delatnosti javnih preduzeća, javnih ustanova, organizacija i javnih komunalnih preduzeća čiji je osnivač lokalna zajednica.Formiranjem centralizovanog voznog parka (CVR) omogućilo bi se: unapređenje efektivnosti voznog parka, upravljanje održavanjem prevoznih sredstava, racionalizacija korišćenja vozila, standardizacija, kontrola, način korišćenja vozila i način odvijanja aktivnosti vezanih za vozni park, kao i upravljanje troškovima eksploatacije vozila.*
Sistem za upravljanje vozilima služi za upravljanje vozilima, pojednostavljuje održavanje i upravljanje voznim parkom, praćenje troškova vozila i izveštavanje. Sa njim mali vozni parkovi dobijaju bolji uvid o potrošnji goriva kroz praćenje i izveštavanje o neaktivnom vremenu vozila, upravljanje korišćenjem i praćenjem putovanja.
U radu je opisan postupak formiranja CVP i efekti koji se ostvaruju uvođenjem ovakvog sistema u institucijama lokalne zajednice.

Ključne reči: *centralizovani vozni park, efikasnost, efektivnost, racionalizacija*

1. UVOD

Vozni park lokalne zajednice (opština/grad) sastoji se od službenih - putničkih vozila i vozila za obavljanje delatnosti javnih preduzeća, javnih ustanova, organizacija i javnih komunalnih preduzeća čiji je osnivač lokalna zajednica.Zbog nedovoljne iskorišćenosti vozila (obzirom da prema nekim istraživanjima u Srbiji vozila prelaze oko 10.000 kilometara godišnje – evropski prosek je oko 22.000 km godišnje), fiksni troškovi ovih voznih parkova su visoki (održavanje vozila, amortizacija, troškovi registracije i osiguranja) i isti prevazilaze čak i troškove goriva. S druge strane, ovim voznim parkovima se neadekvatno upravlja jer većina javnih preduzeća nema odgovorno lice koje je zaduženo za upravljanjem voznim parkom.

Obzirom na značajne troškove eksploatacije,potrebno je implementirati novi -centralizovani sistem upravljanja i korišćenja putničkih vozila, koji će dati rezultat racionalnog korišćenja i efikasniju eksploataciju voznih parkova Opštine/Grada. Ovakav Sistem upravljanja podrazumeva, optimizaciju svih troškova što je u saglasnosti sa programom energetske efikasnosti koji donosi svaka lokalna zajednica. Navedenim programom se, između ostalog definišu mere za smanjenje potrošnje primarne energije sektora putničkog saobraćaja u svim javnim preduzećima.

U cilju unapređenja efektivnosti rada vozila potrebno je formiranje centralizovanog voznog parka (zaposleni, vozila, energija, informacioni sistem, tehnologija i održavanje vozila i dr.), saglasno strategiji održivog transporta. Održivost transporta se odnosi na transport koji zadovoljava potrebe za transportom (prevozom) i kretanjem (mobilnošću) svih zaposlenih i kojim se ne smanjuje mogućnost zadovoljenja potreba prevoza zaposlenih u ovakvoj organizaciji rada.

Rad se bavi problematikom osnivanja i tehnologijom rada centralizovanog voznog parka voznog parka (CVP) putničkih vozila, odnosno zajedničkim vožnjama i uparivanjem vožnji u voznim parkovima preduzeća i institucija u nadležnosti lokalne zajednice.

2. METODE – (PREPORUKE EU)

Evropska Komisija je 1992. godine objavila Belu knjigu zajedničke saobraćajne politike[1], koja je u osnovi, u skladu sa prioritetima tog vremena, inicirana i posvećena otvaranju tržišta. Skoro deset godina kasnije, Bela knjiga iz 2001. godine[2] naglašava neophodnost upravljanja daljim rastom obima saobraćaja i uspostavljanje ravnoteže između različitih vidova prevoza.

Aktuelni strateški dokument razvoja saobraćaja u EU na snagu je stupio 2011. godine. Bela knjiga iz 2011. godine pod nazivom "Smernice ka jedinstvenom evropskom transportnom području – Ka konkurentnom i energetski efikasnom saobraćajnom sistemu"[3] predstavlja globalni aspekt razvoja u saobraćajnom sektoru, iznosi buduće izazove i poteškoće razvoja i daje smernice za kreiranje saobraćajne politike do 2050. Godine.

Potrošnja energije u transportu porasla je za 35% u periodu od 1990.-2007. godine. Nakon 2007. godine evidentiran je pad potrošnje koji se dovodi u vezu sa savremenim tehnologijama motornih vozila ("čista

vozila") i promenama uobičajenih šablona urbane mobilnosti. Naime, u toku protekle decenije, u većini evropskih gradova stepen motorizacije je dostigao nivo saturacije. Sa druge strane, gradovi podstaknuti politikom EU implementirali su čitav niz mera koje su rezultirale smanjenjem zavisnosti od korišćenja automobila i većom upotrebom vidova prevoza prihvatljivih za životnu sredinu (eng. Environmentaly Friendly Modes of Transport) – javni prevoz, bicikl, pešačenje.

Osim saopštenja i strategija, EU je otišla korak dalje predlažući Direktivu o uvođenju infrastrukture za vozila sa alternativnim gorivima[4] i usvajanjem iste 15. aprila 2014. godine od strane Evropskog parlamenta. Prema istoj Direktivi, zemlje članice su obavezne da u roku od dve godine od stupanja donesu planove izgradnje infrastrukture za vozila sa alternativnim gorivima. U zavisnosti od toga da li je električni pogon, hibridni ili prirodni gas, infrastrukturu je potrebno izgraditi do 2020. odnosno 2025. godine.

Bela knjiga postavlja kao osnovni zadatak saobraćajne politike do 2025. godine – smanjenje emisije CO_2 za 60%. Dostizanje osnovnog zadatka očekuje se kroz postizanje 10 ciljeva od kojih jedan podrazumeva smanjenje broja putničkih automobila sa pogonom na konvencionalna goriva za 50% u 2030. godini. Do 2030. godine očekuje se da će sva vozila u urbanom transportu robe biti zamenjena vozilima bez emisije CO_2.

Ovome treba dodati i drastično povećanje cene fosilnih goriva u posledwih dve godine izazvanih ratom u Ukrajini.

Sveobuhvatno, može se zaključiti da saglasno politici EU u oblasti efikasnost i ekoloških zahteva, potpunu efektivnost svih voznih parkova moguće je postići:

1. Integracijom svih voznih parkova;
2. Preraspodelom putovanja vozilima u okviru svakog preduzeća;
3. Tehnološkim inovacijama na vozilima i

[1] Commission of the European Communities, 1992.,The future development of the Common Transport Policy (COM(92)494), Brussels.
[2] Commission of the European Communities, 2001., European transport policy for 2010: Time to decide, White book of the overall transport strategy (COM(2001)370), Brussels.
[3] Commission of the European Communities, 2011., Transport 2050: Commission outlines ambitious plan to increase mobility and reduce emissions, Brussels.

4. Efektivnijim upravljanjem voznim parkovima putem inteligentnih transportnih sistema.

Kao ključni izazovi budućeg razvoja saobraćaja mogu se navesti:

- smanjenje zavisnosti od korišćenja fosilnih goriva;
- izgradnja moderne infrastrukture i veća multimodalnost sistema primenom metoda "pametnog" upravljanja (eng. smart management) i informacionih sistema.

Bela knjiga postavlja kao osnovni zadatak saobraćajne politike do 2025. godine – smanjenje emisije CO_2 za 60%.

Uvažavajući preporuke Evropske unije u pogledu energetske efikasnosti i ekoloških zahteva, efikasnost centralizovanog voznog parka preduzeća čiji je osnivač lokalna zajednica (opšina/grad), moguće je povećati energetsku efektivnost ovakvog sistema kroz:

1. Preraspodelom putovanja između vozila,
2. Tehnološkim inovacijama i
3. Efektivnijim upravljanjem voznog parka

Strategije upravljanja prevoznom potražnjom imaju za cilj da optimalno iskoriste raspoloživa vozila svih preduzeća te da racionalizuju i smanje broj putovanja kada upotreba vozila nije nužno potrebna (Topenčarević LJ, 1987). Stoga je pristup upravljanja centralizovanog voznog parka pretočen u plan upravljanja kompletnim voznim parkom. To je strateški plan koji se nadovezuje na postojeću praksu u planiranju rada vozila i zasniva se na principu integracije, participacije i evaluacije u cilju zadovoljenja

postojećih i budućih potreba svih zaposlenih u preduzećima koje su pod ingerencijom lokalne zajednice osiguravajući na taj način veću efikasnost korišćenja vozila.

Osnovne karakteristike upravljanja jedinstvenim (centralizovanim) voznim parkom su (Gladović P, 2010):

- Obaveza održivosti koja će uravnotežiti korišćenje svakog vozila, društvenu pravičnost i kvalitet životne sredine.
- Integralni pristup koji uzima u obzir praksu različitih preduzeća, sektora, nivoa uprave i susednih institucija.
- Revizija transportnih troškova i koristi, uzimajući u obzir šire društvene troškove i koristi.

3. REZULTATI

Upravljanje centralizovanim voznim parkom je koncept kojim se promoviše održivi transport i upravlja zahtevima za korišćenjem putničkog automobila zahtevom svakog zaposlenog koji ima potrebu korišćenja (upotrebe vozila).U osnovi upravljanja centralizovanim voznim parkom je primena mera, kao što su informisanje putnika, komunikacija, organizovanje različitih vrsta prevoznih zahteva svih

Glavni cilj koji se želi postići je postizanje većeg stepena efikasnosti vozila, sa sledećim ciljevima:

- da podstakne promenu stavova i ponašanja korisnika,
- da poboljša pristup svim zaposlenim u boljim uslova za korišćenje vozila,
- smanjenje ograničavanja upotrebe vozila samo za pojedine kategorije zaposlenih
- da smanji potrošnju goriva i
- povećanje ekonomske efikasnost celokupnog voznog parka.

Planovi putovanja (upotrebe vozila) mogu da budu izuzetno korisni za velika preduzeća koje na nivou dana imaju veliki broj putovanja. Upravljanje ovim putovanjima, može da ima velike koristi po pitanju zaštite životne sredine, ali i ekonomske koristi za preduzeće kao i lokalnu zajednicu.

Svrha planova upotrebe vozila je da racionalizuje putovanja u okviru svih preduzeća. To je sveobuhvatna politika planiranja, koja treba da je obavezujuća za sva preduzeća, ali uvek usaglašena (Villarreal B., 2012).

U skladu sa okolnostima, svako preduzeće pre formiranja centralizovanog voznog parka postavlja ciljeve koji su specifični za njihovu delatnost. Uticaj primenjenih mera se može meriti na razne načine, kao što je raspodela vozila za korišćenjem po preduzećima prevoza, popunjenost vozila, broj putovanja putničkim automobilom u toku dana itd.

Preduslov uvođenja centralizovanog voznog parka (CVP) u nekoj lokalnoj zajednici predstav izrada elaborata – projekta uvođenja CVP-a.Globalni sadržaj elaborata treba da se odnosi na postavljene ciljeve i očekivanja u

odnosu na reinženjering posmatranih voznih parkova javnih institucija kao i uloge i koristi (benefita) sistema centralizovanog voznog parka uz upotrebu savremenih informacionih tehnologija.Okvirni sadržaj elaborata treba da ima sledeći sadržaj:

1. ANALIZA I OCENA POSTOJEĆEG STANjA VOZNIH PARKOVA
   - Prikaz osnovnih karakteristika voznih parkova
   - Naturalni pokazatelji rada voznih parkova
   - Troškovi rada voznih parkova
   - Analiza postojećeg stanja i snjot analiza

2. MODEL ORGANIZACIJE I UPRAVLjANjA CENTRALIZOVANIM VOZNIM PARKOM
   - Osnovne karakteristike i funkcija novog centralizovanog voznog parka
   - Sistematizacija i opis poslova
   - Potrebna oprema vozila

3. INFORMACIONI SISTEM CENTRALIZOVANOG VOZNOG PARKA (CVP) – OSNOVNA KONCEPCIJA (Struktura neophodnog softverskog rešenja za CVP)

DESKTOP APLIKACIJA ZA PRAĆENjE RADA CVP

- Baza potrebnih (raspoloživih) vozila:

U ovom delu se nalazi spisak raspoloživih vozila sa njihovim karakteristikama (marka i tip vozila sa registracionim brojem)

- Status vozila (slobodno vozilo, zauzeto vozilo, vozilo na servisu)
- Opcija angažovanja (bukiranja) vozila
- Kapacitet/zauzetost vozila
- Mapa sa lokacijom vozila, trenutnim statusom, brzinom i dnevnom pređenom kilometražom
- Informacije o tehničkim karakteristikama (dnevna prosečna potrošnja goriva, prosečna brzina, pređena kilometraža od poslednjeg servisa i preostala kilometraža do novog servisa)
- Servisi vozila:

Klasifikacija obaveznih tipova servisa na vozilu, kilometraža, datum i tip prethodno odrađenog servisa, preostala kilometraža do narednog servisa i tip narednog servisa

- Panel za komunikaciju sa vozilom
- Putni nalog za vozilo

MODUL VOZAČ

- Baza vozača
- Status vozača (raspoloživ, zauzet, odmor/bolovanje)
- Panel za komunikaciju sa vozačem

U ovom panelu se vrši angažovanje vozača najkasnije 24h pre otpočinjanja vožnje, kao i trenutna tekstualna komunikacija sa vozačem koji je u vožnji, postavljanje smernica i karakteristika najavljene vožnje

- Opcija angažovanja (bukiranja) vozača
- Putni nalog za vozača

MODUL ADMINISTRACIJA

U ovom modulu se vrši podešavanje softvera shodno potrebnim karakteristikama CVP-a. Odgovorno lice za organizaciju i upravljanjem CVP-a pored neophodnih podešavanja, u ovom modulu vrši dodelu zadataka, prati karakteristike vozila, karakteristike vozača i upravlja svim neophodnim parametrima potrebnim za neometano funkcionisanje CVP-a.

MODUL IZVEŠTAJI

U ovom modulu se generišu svi neophodni izveštaji o izvršenim zadacima/vožnjama, generišu se posebno izveštaji o vozaču (radno vreme, potrebna dokumentacija i sl) i izveštaji o vozilu (kilometraža vozila, istorija servisa, tehničke karakteristike i sl), generiše se izveštaj o troškovima po klasama za ceo vozni park kao i za pojedinačno vozilo, izveštaji o tipu prevoznog zadatka, izveštaj o prevoznim zadacima i izveštaj o neizvršenim zadacima.

4. IMPLEMENTACIJA REŠENjA DATIH U OKVIRU ELABORATA
    - Upoznavanje svih radnika u javnim institucijama sa novom organizacijom transporta
    - Edukacija radnika na unosu podataka
    - Edukacija radnika na praćenju i analizi pokazatelja rada voznog parka
    - Edukacija ostalih radnika vezanih za proces transporta
5. MOGUĆNOST UNAPREĐENjA CENTRALIZOVANOG VOZNOG PARKA SA ASPEKTA ENERGETSKE EFIKASNOSTI I EKOLOŠKIH ZAHTEVA (PREPORUKE EU)
    - Eko vožnja
    - Čista vozila
    - Upravljanje mobilnošću i planovi putovanja
    - Predlog mera za povećanje energetske efikasnosti
6. PRINCIPI ZA DIMENZIONISANjE POTREBNOG (OPTIMALNOG) BROJA VOZILA
7. OKVIRNI PREDMER I PREDRAČUN TROŠKOVA NABAVKE I USPOSTAVLjANjA CVP- a
8. PREDLOZI I PREPORUKE

4. DISKUSIJA

U ovom radu je predložena vizija novog centralizovanog voznog parka (CVP), koja treba da bude usmerena ka stabilnom i pouzdanom, dostupnom u vremenu i kvalitetnom pružanju transportne usluge svim korisnicima javnih ustanova.

Misija sistema CVP-a lokalne zajednice treba da izrazi sadašnju i buduću poslovnu aktivnost ovog sistema i bude usmerena ka stvaranju uslova da sistem bude ekonomski efikasan, troškovno izbalansiran, savremeno organizovan, okrenut kvalitetnoj transportnoj usluzi i ima veliki uticaj na zaštitu životne sredine.

Znači, ciljna funkcija sistema CVP-a treba da kvantifikuje i konkretizuje stavove definisane vizijom i misijom sistema. Drugim rečima, ciljna funkcija CVP-a je maksimalizacija efikasnosti i efektivnosti rada voznog parka uz minimizaciju negativnog uticaja na životniu sredinu.

Suštinski, organizacija u upravljanje kompletnim voznim parkom javnih ustanova, treba da se poveri jednoj od tih ustanova (institucija), koje već imaju svoj vozni park. Konkretno, centralizovani vozni park (CVP) treba organizovati u vidu nove službe u okviru uprave lokalne zajednice .

Ovakav model organizacije bi se direktno hijerarhijski kontrolisao od strane lokalne zajednice.

Predloženi model organizacije CVP-a treba da obuhvati sledeće vrste poslova:

- Poslova vezanih za operativno upravljanje voznim parkom koji se odnose pre svega na monitoring i kontrolu funkcionisanja sistema odnosno izvršenje zajedničkih vožnji korisnika – zaposlenih svih javnih institucija,
- Poslovi vezani za eksploatacioni i ekonomski aspekt rada voznog parka, a to su poslovi vezani za praćenje naturalnih izmeritelja rada vozila (kilometri, časovi rada i sl), poslovi vezani za praćenje rtoškova rada vozila, troškovi goriva, opravki, registracije, rezervnih delova i sl).
- Poslovi vezani za razvoj i unapređenje rada CVP-a, poslovi vezani za optimizaciju voznog parka (definisanje optimalnog broja vozila), izbor optimalnog tipa vozila, obuka vozača za EKO vožnju i sl.

Prednost ovog modela organizacije izraženi su u jakoj podršci proizvodnoj i troškovnoj efikasnosti uz centralizaciju prevoznih usluga na svim nivoima (Guan, T.S.,i dr., 2003).

U pogledu vrste i obima poslova i potrebnih ljudskih resursa za obavljanje poslova nije potrebno značajno povećanje broja zaposlenih. Ovo iz razloga što pojedini poslovi imaju stalan i kontinuiran karakter kao što su poslovi dispečera i vozača koji su u stalnom radnom odnosu u pojedinim institucijama.Takođe, neophodno je sa formiranjem CVP-a, odmah razviti proces monitoringa i kontrole funkcionisanja sistema u realnom vremenu.

5. ZAKLJUČAK

Uvođenje CVP-a, omogućio bi lokalnim zajednicama unapređenje efektivnosti voznog parka, upravljanje održavanjem prevoznih sredstava, racionalizaciju korišćenja vozila, standardizaciju, kontrolu, način korišćenja

vozila i kako se odvijaju aktivnosti vezane za vozni park, kao i upravljanje troškovima.Sistem za upravljanje vozilima služi za upravljanje vozilima, pojednostavljuje održavanje i upravljanje voznim parkom, praćenje troškova vozila i izveštavanje (Simons, D., i dr., 2004). Sa njim mali vozni parkovi dobijaju bolji uvid o potrošnji goriva kroz praćenje i izveštavanje o neaktivnom vremenu vozila, upravljanje korišćenjem i praćenjem putovanja. Praćenje sipanja goriva i gorivnih kartica pomažu u upravljanju troškovima vozila i vozača. Na ovaj način mogu se pratiti performanse vozača i njihovo ponašanje prilikom vožnje, poput brzine, agresivnog kočenja i brzog ubrzanja kako bi identifikovali problem.

Prednosti i uštede koje donosi GPS sistem je praćenje vozila u realnom vremenu, operativno sagledavanje potreba i raspodele vozila, maksimalna optimizacija voznog parka,smanjenje potrošnje goriva. Praćenje je preko veb aplikacija ili preko mobilnih uređaja.

6. LITERATURA

(Villarreal B., 2012), The transportation value stream map (TVSM), European J. Industrial Engineering, 2, pp. 216–233.

(Gladović P, 2010) Tehnologija drumskog saobraćaja, treće izdanje, FTN, Novi Sad.

(Guan, T.S.,i dr., 2003) MOVE: Modified Overall Vehicle Effectiveness, 8th International Symposium of Logistics, Seville, Spain, 6-8th, pp. 641-649.

(Mason R,i dr., 2001), "Translating the Overall Equipment Effectiveness from the Lean Manufacturing Paradigm to the Road Freight Transport Industry", Proceedings of the Logistics Research Network 6th Annual Conference, Heriot-Watt University, Edinburgh, pp.362-367.

(Radosavljević D.,i dr., 2017), Ocena ukupne efektivnosti transportnog procesa, TEHNIKA 5-17, str.717-724.

(Simons, D., i dr., 2004) Overall Vehicle Effectiveness, International Journal of Logistics, Research and Applications, 7, pp. 119-135.

(Topenčarević LJ, 1987) Organizacija i tehnologija drumskog transporta, IRO Građevinska knjiga, Beograd.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

A MODEL FOR RESEARCH AND ANALYSIS OF TRAFFIC SAFETY CONDITIONS FOR TRACTOR DRIVERS IN THE REPUBLIC OF SERBIA

MODEL ZA ISTRAŽIVANJE I ANALIZU STANJA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA VOZAČA TRAKTORA U REPUBLICI SRBIJI

Đorđe Vranješ[a], Bojan Marić[b], Goran Tričković[c], Zdravko Tarlać[a]

[a] *Institute BIT, Patrijarha Pavla br. 8, lokal br. 8, 22304 Novi Banovci, Serbia, djordjevranjes@yahoo.com, zdravkotarlac00@gmail.com*

[b] *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*

[c] *Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Department of School of Railway Transport, Zdravka Čelara 14, Belgrade, 11 000, Serbia, goran.trickovic@vzs.edu.rs*

Abstract: *The safety of tractors in traffic in the Republic of Serbia is a very important component of the traffic safety management system. In this regard, the paper contains an overview of international experiences related to the investigation of road traffic accidents. Based on that, a proposal for a new model for the investigation of tractor injuries in traffic in the Republic of Serbia was given.*

Key words: *tractor, traffic accident, traffic safety*

Apstrakt: *Bezbednost traktora u saobraćaju u Republici Srbiji predstavlja veoma značajnu komponentu sistema upravljanja bezbednošću saobraćaja. U vezi sa tim, u radu je pregled međunarodnih iskustava u vezi sa istraživanjem stradanja tratkora u saobraćaju. Na osnovu toga, dat je predlog novog modela za istraživanje stradanja traktora u saobraćaju u Republici Srbiji.*

Ključne reči: *traktor, saobraćajna nezgoda, bezbednost saobraćaja*

1. UVOD

Povećanje stepena motorizacije na teritoriji Republike Srbije je pratio porast broja registovanih traktora, sa manjim zastojem u periodu od 2007. do 2009. godine. Porast broja traktora u saobraćajnom toku znatno povećava izloženost ove kategorije učesnika u saobraćaju, a time povećava i procenat njihovog učešća u nezgodama. Kako je procenat traktora u saobraćajnom toku veoma mali, ali oni u znatnoj meri učestvuju u ukuponom broju saobraćajnih nezgoda, pojavio se kao jedan od značajnijih problema u bezbednosti saobraćaja. Izmenama Zakona o bezbednosti saobraćaja (2009. godine) prepoznat je ovaj problem i pojedine specifičnosti, te su vozačima traktora stavljene dodatne norme za bezbedno učešće u saobraćaju. Statistički podaci od promene Zakona ukazuju da je i dalje veliki broj poginulih i povređenih putnika i vozača traktora, kao i veliki broj saobraćajnih nezgoda sa učešćem traktora. (Marković N. i dr., 2013.).

Istraživanja govore da je u saobraćajnim nezgodama sa učešćem traktora, u periodu 1999. godine do 2009. godine u javnom saobraćaju Republike Srbije, u proseku godišnje, poginulo 62 vozača traktora ili učesnika, dok je 144 teško povređeno. Utvrđeno je da su: nepažnja i nedovoljna obučenost vozača i tehnička neispravnost i zastarelost traktora, veoma često najčešći uzroci saobraćajnih nezgoda koje se događaju sa traktorima.

Nacionalnom Strategijom bezbednosti saobraćaja Republike Srbije definisano je da poseban problem predstavljaju starost i stanje traktora. Od popisanih oko 450.000 traktora, registrovano je samo 188.000. Oko 95% traktora su stariji od 10 godina, dok je preko 86% traktora starije od 20 godina. Ovo zahteva definisanje dodatnih mera i aktivnosti za unapređenje bezbednosti traktora.

Kako bi se upravljalo bezbednošću saobraćaja u lokalnim zajednicama potrebno je doneti strategiju bezbednosti saobraćaja. Svaka strategija lokalne samouprave mora biti uskladjena sa ciljevima i smernicama iz nacionalne strategije, i u okviru ključne oblasti „bezbedni učesnici u saobraćaju''obavezno se posvećuje potrebna pažnja i bezbednosti vozača traktora u saobraćaju. U radu je, kao predmet istraživanja, obrađeno stanje bezbednosti traktorista, u period od 2010. do 2022. godine, na teritoriji Republike Srbije, a cilj rada je davanje predloga za smanjenje rizika traktorista u saobraćaju.

2. METODE

Pri izradi svih statističkih analiza u ovom radu korišćeni su podaci iz jedinstvene baze podataka koju void Agencija za bezbednost saobraćaja.

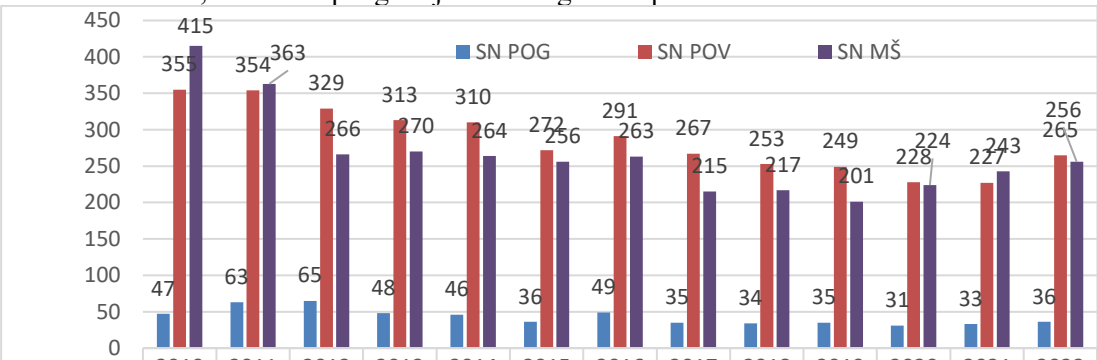
Do sada je vršeno dosta istraživanja na temu analize bezbednosti vozača traktora. Prvi segment analiza istraživao je stradanje traktorista sa aspekta povreda na radu tokom vršenja poljoprivrednih delatnosti i ove nezgode se dešavaju van javnih puteva. Drugi aspekt odnosi se na analize njihovog direktnog učešća u saobraćajnim nezgodama na putevima.

Predmet istraživanja u radu odnosio se na utvrđivanje novog doprinosa istraživanju uticaja faktora na bezbednost traktora u saobraćaju u Republici Srbiji. U vezi sa tim, postavljen je osnovni okvir koji je analizirao pitanje da li veća zastupljenost broja registrovanih traktora na ukupnom broju poljoprivrednih gazdinastava ima veći ili manji uticaj na nastanak saobraćajnih nezgoda po opštinama u Republici Srbiji.

Za potrebe vršenja analize uzeta je neprekidna zavisna promenljiva koja je podrazumevala ukupan broj saobraćajnih nezgoda sa učešćem traktora u opštini. Pored toga, uzete su dve neprekidne nezavisne promenljive: ukupan broj registrovanih traktora i ukupan broj registrovanih gazdinstava u opštini. Primenom Pirsonove korelacije i korišćenjem statističkog programa SPSS25 izvršena je analiza i vrednovanje statističkih podataka.

3. REZULTATI

Na području Republike Srbije u toku 2022. godine ukupno je registrovano 543.374 poljoprivrednih gazdinstava. U istoj godini registrovano je ukupno 437.663 traktora. Dakle, zastupljenost traktora u 2022. godini je iznosilo 0,8 traktora po gazdinstvu. U periodu od 2010 do 2022 godine na putevima u Republici Srbiji dogodilo se ukupno 7595 saobraćajnih nezgoda sa učešćem traktora. Od navedenog broja 7,3% (549) nezgoda su sa poginulim licima, 47,9% (3639) nezgoda sa povređenim licima i 44,8% (3407) nezgoda samo sa materijalnom štetom. Saobraćajne nezgode sa učešćem traktora čine 7,8% od ukupnog broja svih nezgoda sa poginulim licima u Republici Srbiji u posmatranom periodu 201-2022 godine. Isto tako, nezgode sa povređenim licima gde su učestvovali traktori čine 4,4% od ukupnog broja svih nezgoda sa povređenim licima.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
SN POG	47	63	65	48	46	36	49	35	34	35	31	33	36
SN POV	355	354	329	313	310	272	291	267	253	249	228	227	265
SN MŠ	415	363	266	270	264	256	263	215	217	201	224	243	256

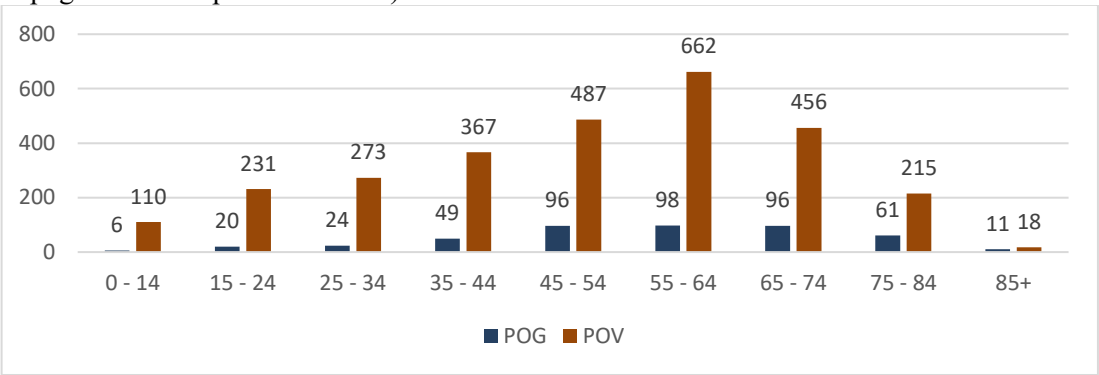
Slika 1. Broj SN sa poginulim, povređenim licima i SN sa nastalom materijalnom štetom, sa učešćem traktora, na teritoriji Republike Srbije u periodu od 2010. do 2022. godine (SN POG-saobraćajne nezgode sa poginulim licima, SN POV-saobraćajne nezgode sa povređenim licima, SN MŠ-saobraćajne nezgode sa materijalnom štetom)

Na slici 1. prikazan je broj saobraćajnih nezgoda sa poginulim i povređenim licima kao i nezgode u kojima je nastala materijalna šteta, sa učešćem traktora na teritoriji Republike Srbije u periodu od 2010. do 2022. godine. U posmatranom periodu dogodilo se ukupno 7.724 saobraćajnih nezgoda sa učešćem traktorista. Registrovano je

558 nezgoda sa poginulim licima, 3.713 nezgode sa povređenim licima, 3.453 nezgoda na nastalom materijalnom štetom. Najveći broj saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima dogodio se 2011. (63 SN POG) i 2012. godine (65 SN POG). Od 2017. godine primetan je pad broja saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima. Najveći broj SN sa povređenim licima zabeležen je 2010.(355 SN POV) i 2011. godine (354 SN POV).

Na slici 2. prikazani su podaci o broju poginulih i povređenih vozača i putnika traktora, prema starosnoj raspodeli lica. Kada se posmatra starosna strauktura poginulih i povređenih vozača i putnika na traktorima, može se uočiti da su najugroženija lica starosti od 45 do 74 godine.

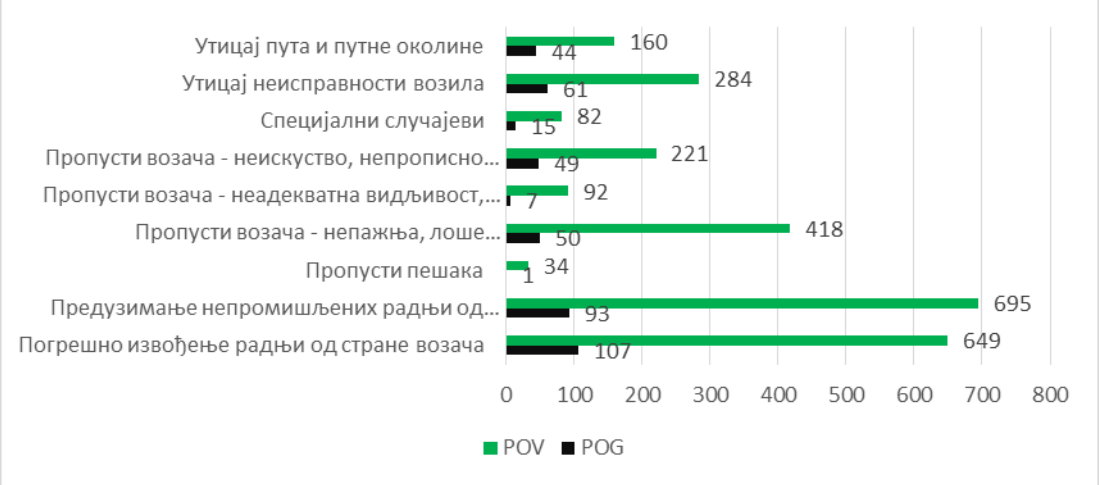
Najviše poginulih i povređenih vozača traktora je iz starosne grupe 55-64 godine (98 poginulih lica i 662 povređena lica), starosna grupa 45-54 godina (96 poginulih i 487 povređenih lica), zatim starosna grupa 65-74 godina (96 poginulih i 456 povređenih lica).



Slika 2. Starosna raspodela poginulih i povređenih vozača i putnika traktora, period 2010 – 2022. godina

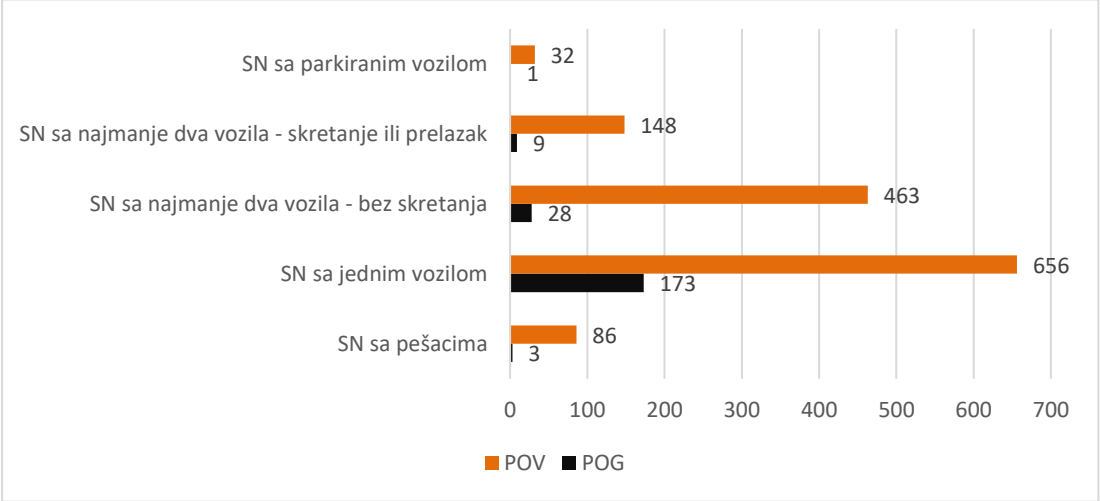
Najčešće grupe uticajnih faktora nastanka saobraćajnih nezgoda sa poginulim i povređenim licima u kojima su učestvovali traktori (Slika 3.) su: nepromišljene radnje od strane vozača (93 poginulih i 695 povređenih lica), greške vozača (107 poginulih i 649 povređenih lica), psihofizičko stanje vozača (50 poginulih i 418 povređenih lica) i uticaj neispravnosti vozila (61 poginulih i 284 povređenih lica).

Najčešći uticajni faktor u grupi uticajnih faktora koji se odnose na greške vozača je "Gubitak kontrole nad vozilom". Najčešći uticajni faktor u grupi uticajnih faktora koji se odnose na nepromišljene radnje vozača je "Neprilagođena brzina uslovima saobraćaja i stanju puta". Najčešći uticajni faktor u grupi uticajnih faktora koji se odnose na psihofizičko stanje vozača je "Vozač pod dejstvom alkohola".



Slika 3. Raspodela grupa uticajnih faktora na nastanak saobraćajnih nezgoda sa poginulim i povređenim licima u kojima su učestvovali traktori, 2015-2022. godina

Glavne grupe tipova kod saobraćajnih nezgoda sa traktorima su sledeće: saobraćajne nezgode sa parkiranim vozilom, SN sa najmanje dva vozila – bez skretanja, SN sa najmanje dva vozila – skretanje ili prelazak, saobraćajne nezgode sa jednim vozilo i saobraćajne nezgode sa pešacima. Najčešća grupa tipova saobraćajnih nezgoda sa poginulim i povređenim licima, u kojima je učestvovao traktor, su nezgode sa jednim vozilom (173 sa poginulim i 656 sa povređenim licima).



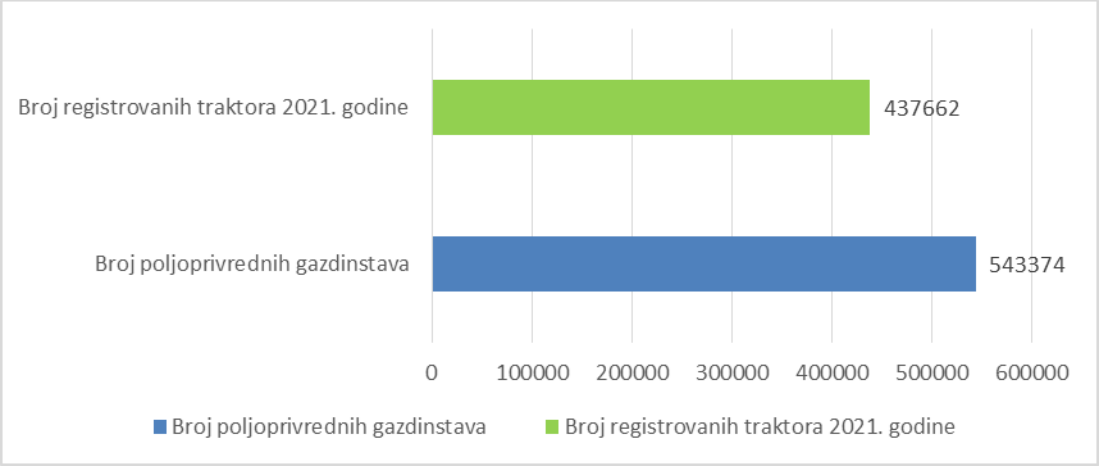
Slika 4. Raspodela grupa tipova saobraćajnih nezgoda sa poginulim i povređenim licima u kojima su učestvovali traktori, u periodu 2015 – 2022. godina

3.1. Primena novog modela u istraživanju stradanja vozača traktora

Kako bi se vrednovao uticaj većeg broja registrovanih traktora u odnosu na broj registrovanih poljoprivrednih gazdinstava po opštinama u Republici Srbiji za potrebe u ovom radu je kreiran poseban statistički model. Navedeni model vrši vredovanje navedenih parametara na nastanak i posledice saobraćajnih nezgoda. Ulazni podaci u modelu će biti statistički podaci od saobraćajnim nezgodama i posledicama za traktore koji se evidentiraju kod Agencije za bezbednost saobraćaja Republike Srbije i podaci o ukupnom broju poljoprivrednih gazdinstava koji se vode kod Zavoda za statistiku. Imenovani podaci će se evidentirati za svaku opštinu u Republiku Srbiju i isti će biti smešteni u posebnu bazu podataka. Nakon toga, predmetni podaci će se eksportovati u SPSS25 i vrši će se njihova obrada pomoću Pirsonove korelacije. Na ovaj način utvrđivanje se statistička povezanost između definisanih promenljivih i koliko dobro pojedine promenljive uticu na nastanak i posledice nezgoda sa traktorima.

Na slici 5. prikazan je broj poljoprivrednih gazdinstava za 2022. godinu i broj registrovanih traktora u Republici Srbiji 2022. godine. Broj poljoprivrednih gazdinstava u Republici Srbiji je 543.374, dok broj registrovanih traktora tokom 2021. godine iznosi 437.662.

Na slici 6. dat je uporedni prikaz ukupnog broja poljoprivrednih gazdinastava, registrovanih tratkora i ukupan broj saobraćajnih nezgoda sa traktorima u Republici Srbiji po opštinama.



Slika 5. Broj poljoprivrednih gazdinstava i broj registrovanih traktora na teritoriji Republike Srbije u 2021. godini

Slika 6. Broj poljoprivrednih gazdinstava i broj registrovanih traktora na teritoriji Republike Srbije u 2021. godini

Kao nezavisna promenljiva uzeta je zastupljenost ukupnog broja traktora u odnosu na broj gazdinstava po opštinama u Republici Srbiji (Ntrgz). Kao zavisna promenljiva uzete su posledice saobraćajnih nezgoda po opštinama u Srbiji za periodu 2010-2022. godine. Posebno su analizirane nezgode sa poginulima (SNpog), povređenima (SNpov) i samo sa materijalnom štetom (SNmš) kao i ukupan broj nezgoda sa učešćem traktora (SNukupno).

U nastavku ovog rada, prikazani su rezultati dobijeni unosom podataka u statistički program SPSS26. Na prvom mestu izvršena je provera korelacije između promenljivih.

Tabela 1. Vrednosti Pirsonove korelacije između promenljivih koje se odnose na broj i posledice nezgoda sa traktorima i zastupljenosti traktora u ukupnom broju gazdinstava

		SNpog	SNpov	SNmš	SNukupno	Ntrgz
SNpog	Pearson Correlation	1	.557**	.326**	.549**	-.019
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.819
	N	149	149	149	149	148
SNpov	Pearson Correlation	.557**	1	.765**	.947**	.131
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.114
	N	149	149	149	149	148
SNmš	Pearson Correlation	.326**	.765**	1	.924**	.276**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.001
	N	149	149	149	149	148
SNukupno	Pearson Correlation	.549**	.947**	.924**	1	.203*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.013
	N	149	149	149	149	148
Ntrgz	Pearson Correlation	-.019	.131	.276**	.203*	1
	Sig. (2-tailed)	.819	.114	.001	.013	
	N	148	148	148	148	148

Na osnovu rezultata iz prethodne tabele, može se zaključiti da su povezanosti između zavisnih i nezavisne promenljive statistički evidentne. Kada je u pitanju povezanost između koeficijenta zastupljenosti traktora i ukupnog broja nezgoda sa poginulim licima, možemo zaključiti da veća zastupljenost traktora u broju gazdinstava ima negativan statistički značaj, odnosno suprotno je povezana sa ukupnim brojem poginulih lica u nezgodama gde su zastupljeni traktori. Suštinski veći broj traktora neće doprineti povećanju najtežih posledica saobraćajnih nezgoda gde su zastupljeni traktori. Kod ove situacije statistička povezanost između promenljivih je izuzetno velika i iznosi P=-0,019, sig. 0,819, što nam govori da se radi o značajnoj povezanosti između navedenih promenljivih. Kod ostalih promenljivih, dobijeni rezultati su u pozitivnom smeru, odnosno dobijene su sledeće vrednosti Pirosove korealcije:

- - P=0,131, sig. 0,114 (za SNpov),
- - P=0,276, sig. 0,001 (za SNmš),
- - P=0,203, sig. 0,013 (za SNuk).

Iz navedenih vrednosti zaključuje se veća vrednost koeficijenta ima najveću statističku povezanost sa ukupnim brojem saobraćajnih nezgoda samo sa materijalnom štetom. Dakle, može se zaključiti da veći broj registrovanih traktora na poljoprivrednim gazdinstvima u opštinama ima povezanost sa većim brojem nezgoda sa materijalnom štetom i nezgoda sa povređenim licima gde su učestvovali traktori.

4. MERE ZA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI TRAKTORA

Traktori se često pojavljuju u saobraćaju na javnim putevima, a da pritom retko ispunjavaju sve zakonske bezbednosne obaveze, kako u pogledu samih vozila, tako i u pogledu ponašanja vozača. U prilog tome govori i podatak koliko vozači traktora često učestvuju u saobraćajnim nezgodama, odnosno koliko često ginu ili bivaju povređeni. Uz to, u saobraćajnim nezgodama često stradaju i njihovi saputnici.

Osnovne preporuke za unapređenje bezbednosti traktorista u saobraćaju treba da obuhvataju:

- Svaki traktor treba da ima sigurnosni ram ili kabinu, bez obzira na godinu proizvodnje, jer štite vozača u slučaju da se vozilo prevrne;
- Zakonskim odredbama je definisano da traktor noću, u uslovima smanjene vidljivosti i kada ima priključke za izvođenje radova na najisturenijoj tački tih uređaja mora da ima uključeno žuto rotaciono ili trepćuće svetlo;
- Trebalo bi obavezno postaviti tablu za označavanje sporih vozila (svetlo-odbojni zasečeni trougao) na zadnjem delu vozila;
- Brzina kretanja traktora je ograničena do 40 km/h, a ukoliko se u priključnom vozilu prevozi bar jedna osoba brzina je ograničena do 30 km/h;
- U priključnom vozilu traktora dozvoljeno je prevoziti najviše pet lica, odnosno tri lica u priključnom vozilu motokultivatora;
- Teret u priključnom vozilu mora biti ravnomerno raspoređen i
- Kad se upravlja poljoprivrednim mašinama, ne sme da se pije alkohol, jer i najmanja količina alkohola usporava reakcije, pogoršava sposobnost procene i smanjuje opreznost.

5. ZAKLJUČAK

Istraživanje bezbednosti vozača traktora treba da prestavlja kontiruiran proces. Na osnovu istraživanja kreiraju se odluke kojima se sprovode mere za unapređenje bezbednosti taktora u saobraćaju. Kampanje za povećanje bezbednosti vozača traktora na teritoriji Republike Srbije ne treba da budu samo pokrenute sa nivoa Agencije za bezbednost saobraćaja, već i lokalnih samouprava, a u okviru kampanja posebno mesto treba da zauzimaju i edukativni sadržaji posvećeni vozačima traktora za unapređenje znanja i veština za bezbedno učešće traktorom u saobraćaju. Na osnovu rezultata istraživanja u ovom radu može se zaključiti da unapređenje bezbednosti traktora treba da bude ostvareno i lokalnim savetima za bezbednost saobraćaja po opštinama i sa poljoprivrednim stručnim savetodavnim telima po okruzima. Na ovaj način, sistemski je potrebno uticati na smanjenje broja saobraćajnih nezgoda i posledica, što je i prepoznato u Akcionom planu za sprovođenje nacionalne strategije bezbednosti saobraćaja Republike Srbije.

6. LITERATURA

Марковић Н., Иванишевић Т., Петровић Т., Вукшић В., (2013). Анализа узрока настанка саобраћајних незгода са учешћем трактора. II стручни семинар Безбједност саобраћаја у локалној заједници, Бања Лука 2013.

Врањеш, Ђ., Милетић, Б., Ољача, М., Глигоревић, К. (2014). Анализа саобраћајних незгода са учешћем трактора и предлог мера за унапређење постојећег стања и праксе у Републици Србији, 17. Научно стручни скуп са међународним учешћем Актуелни проблеми механизације пољопривреде, Зборник радова стр. 211-218.

Закон о безбедности саобраћаја на путевима, „Службени гласник РС“, бр. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 – одлука УС, 55/2014, 96/2015 – др. закон, 9/2016 – одлука УС, 24/2018, 41/2018, 41/2018 – др. закон, 87/2018, 23/2019 и 128/2020 – др. Закон

Закон о путевима ("Сл. гласник РС", бр. 41/2018 и 95/2018 - др. закон)

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

Правилник о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима („Службени гласник РС“, бр. 40/12, 102/12, 19/13, 41/13, 102/14, 41/15, 78/15, 111/15, 14/16, 108/16, 7/17 (исправка), 63/17, 45/18, 70/18, 95/18 и 104/18)

Правилник о саобраћајној сигнализацији ("Сл. гласник РС", бр. 85/2017 и 14/2021)

Правилник о регистрацији моторних и прикључних возила ("Сл. гласник РС", бр. 69/2010, 101/2010, 53/2011, 22/2012, 121/2012, 42/2014, 108/2014, 65/2015, 95/2015, 71/2017, 44/2018 - др. закон, 63/2018, 96/2019, 87/2020, 41/2022 и 51/2022)

American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan www.asabe.org

http://www.stat.gov.rs/, Сајт Републичког завода за статистику Републике Србије.

http://195.222.96.212/ibbsPublic/, Интегрисана база података о обележјима безбедности саобраћаја Агенције за безбедност саобраћаја

http://www.abs.gov.rs/, Сајт Агенције за безбедност саобраћаја

Research in Agricultural Engineering, 68, 2022 (1): 1–8

www.agriculture.prevention.issa.int/activities.htm1

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

EVALUATION OF THE COMPATIBILITY FACTOR OF THE VEHCILE COLLISION PROCESS IN REAL TRAFFIC ACCIDENTS

VREDNOVANJE FAKTORA KOMPATIBILNOSTI SUDARNOG PROCESA KOD REALNIH SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

Goran Mihaljčić[a], Bojan Mihaljčić[b], Vuk Bogdanović[c], Tihomir Đurić[d]

[a] *Veljka Mlađenovića bb, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, goranmihaljcic@hotmail.com*

[b] *VIII Kuljanska 8, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, bojanmihaljcic@hotmail.com*

[c] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dositej Obradovic Square 6, 21102 Novi Sad, Serbia, vuk@uns.ac.rs*

[d] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, tihomir.djuric@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *The aim goal of this study is to demonstrate the way insurance appraisers, although they generally do not possess sufficient professional knowledge to carry out special analyzes of the compatibility of the vehcile collision process whose end goal is determining the credibility of the traffic accident, could, based on the knowledge and professional experience they do possess, recognize certain illogicalities in the documentation submitted with the compensation claim, and valuate and get the percentage of the probability of realization of the traffic accident in question. This study presents an example of evaluating the compatibility factor of the vehcile collision process in a real traffic accident. The result of the evaluation showed a high probability that the traffic accident in question had not occurred in the manner shown by investigative documentation, soon after that a detailed analysis of the compatibility of the vehcile collision process was performed, on the basis of which it was confirmed that it was indeed a simulated traffic accident. If appraisers from insurance companies were trained to use the method of evaluating the compatibility factor of the vehcile collision process, troughout their everyday work on discovering simulated traffic accidents, it would result in a reduction of falsely filed compensation claims, which would bring significant financial savings to insurance companies.*

Key words: *traffic accident, traffic accident expertise, insurance fraud, fraud prevention*

Apstrakt: *Cilj rada je da prikaže na koji način procjenitelji u osiguravajućim društvima, iako uglavnom ne posjeduju dovoljna stručna znanja da vrše posebne analize kompatibilnosti sudarnog procesa u cilju utvrđivanja vjerodostojnosti nastanka saobraćajne nezgode, na osnovu znanja i stručnog iskustva koje posjeduju, mogu prepoznati određene nelogičnosti u dokumentaciji koja je dostavljena uz odštetni zahtjev, koje bi, na vrlo jednostavan način mogli vrednovati, te dobiti procenat vjerovatnoće realizacije predmetne saobraćajne nezgode. U radu je prikazan primjer vrednovanja faktora kompatibilnosti sudarnog procesa kod realne saobraćajne nezgode. Rezultat vrednovanja je pokazao značajnu vjerovatnoću da se predmetna saobraćajna nezgoda nije dogodila na način prikazan uviđajnom dokumentacijom, a nakon čega je izvršena detaljna analiza kompatibilnosti sudarnog procesa, na osnovu koje je potvrđeno da se radi o fingiranoj saobraćajnoj nezgodi. Ukoliko bi se procjenitelji iz osiguravajućih društava obučili da koriste metodu vrednovanja faktora kompatibilnosti sudarnog procesa, kroz svoj svakodnevni rad na otkrivanju fingiranih saobraćajnih nezgoda, smanjio bih se i broj lažno podnesenih odštetnih zahtijeva, a što bi osiguravajućim kućama donijelo značajne materijalne uštete.*

Ključne riječi: *saobraćajna nezgoda, vještačenje saobraćajnih nezgoda, prevare u osiguranju, sprečavanje prevara*

1. UVOD

U cilju naplate nepostojeće štete ili štete koju nije moguće naplatiti u legalnom postupku, osiguravajućim društvima prijavljuju se štetni događaji koji se nisu stvarno dogodili ili se prijavljuju štetni događaji na način na koji se nisu mogli dogaditi. Takvi štetni događaji nazivaju se „fingirane saobraćajne nezgode“. Prema izvještaju WHO-a iz 2021. godine godišnja šteta od saobraćajnih nezgoda na globalnom nivou iznosi 518 milijardi dolara. Hipotetički posmatrano, da je samo 1 % saobraćajnih nezgoda fingirano, radi se o ogromnim novčanim sredstvima.

Na prvi pogled fingirane ili namještene saobraćajne nezgode izgledaju kao slučajna pojava, neželjeni događaj, događaj koji se nije mogao predvidjeti, ali u praksi je evidentna pojava da se ne radi o slučajnom, neželjenom događaju, već upravo o fingiranju. Procjenitelji u osiguravajućim društvima prvi pregledaju i analiziraju dostavljenu dokumentaciju uz odštetni zahtjev, te ukoliko ne obrate dovoljno pažnje na određene nelogičnosti u pogledu oštećenja na vozilima, tragovima na mjestu nezgode, zaustavnim položajima vozila, izjavama učesnika i dr. fingirana nezgoda bi mogla biti isplaćena kao prava saobraćajna nezgoda, a što bi osiguranjima donijelo neosnovane materijalne troškove.

Shodno tome, da bi se otklonila ili bar smanjila mogućnost isplate nepostojeće štete proistekle iz fingirane saobraćajne nezgode, procjenitelji u osiguravajućim društvima trebali bi svakom odštetnom zahtjevu pristupiti prvenstveno sa detaljnom analizom dostavljene dokumentacije, te ukoliko se primijete određene nelogičnosti, na način prikazan u ovom radu, na vrlo jednostavan način i bez posebnog predznanja, može se pristupiti vrednovanju pojedinih faktora kompatibilnosti sudarnog procesa na koji način se dobije stepen vjerovatnoće realizacije saobraćajne nezgode, a od kojeg rezultata bi zavisio daljnji proces obrade predmetne saobraćajne nezgode.

2. METODE

U radu je prikazan praktičan primjer vrednovanja faktora kompatibilnosti sudarnog procesa realne saobraćajne nezgode koja se dogodila 16.10.2022. godine oko 22:25 h, 25h u ulici Bojnička, mjesto Sarajevo, opština Sarajevo, u kojoj su učestvovali putnički automobil marke “Hyundai Tuscon” i putnički automobil marke “Ford Escort” u cilju utvrđivanja procenta vjerovatnoće realizacije saobraćajne nezgode.

Upotrebom analitičke i komparativne metode sudarni proces podijeljen je na 5 faktora kompatibilnosti i to na geometrijsku, energetsku, prostornu, vremensku kompatibilnost i beomehanički indikator, te su prema podacima iz dokumentacije dostavljene uz odštetni zahtjev pojedinačno vrednovani svi faktori kompatibilnosti, a čijim je krajnjim sabiranjem dobijen je procenat vjerovatnoće realizacije saobraćajne nezgode. Dobijeni rezultat vrednovanja u nastavku rada provjeren je kroz detaljnu i uporednu analizu tehničku analizu sudarnog procesa.

3. KOMPATIBILNOST SUDARNOG PROCESA

Na osnovu analize kompatibilnosti sudarnog procesa dobije se odgovor na pitanje da li je vozilo oštećeno ulaskom u udarni proces i da li nastale deformacije na putu smirivanja i eventualnom udaru sa objektima na cesti ima logičku podlogu u tragovima ulaska u udarni proces drugog vozila, nastalim deformacijama na istom i eventualnim putevima smirenja (Kovačević i dr., 2013).

Da bi se izvršila kompatibilnost sudarnog procesa neophodno je prvo prikupiti podatke o saobraćajnoj nezgodi, analizirati tragove saobraćajne nezgode, a potom izvršiti analizu njihove kompatibilnosti. Provođenjem analize tragova definiše se njihov prostorni položaj i intenzitet, a analizom konfiguracije sudara i oštećenja dobije se međusobna zavisnost deformacija na vozilima (Kovačević i dr., 2013).

3.1. Faktori kompatibilnosti sudarnog procesa

Prilikom izrade analize kompatibilnosti sudarnog procesa, neophodno je prethodno utvrditi smijer kratanja vozila neposredno prije sudara, mjesto sudara i sudarni položaj vozila, kao i smijer djelovanja sudarne sile, nakon čega se vrši analiza (Mihaljčić, 2022).

Analiza kompatibilnosti sudarnog procesa ogleda se kroz (Pijetlović, 2021):

- Geometrijska međuzavisnost oštećenja na vozilima;
- Međusobna zavisnost deformacionog rada;
- Prostorna međuzavisnost tragova u sudarnom procesu;
- Vremenska analiza tragova u sudarnom procesu;

- Biomehanika povreda vozača i putnika nastalih posljedicom sudara.

Geometrijska kompatibilnost pokazuje geometrijsku međuzavisnost, međusobni izgled i položaj tragova na vozilima i objektima.

Energetska kompatibilnost pokazuje međusobnu zavisnost nastanka deformacija u odnosu na put kretanja vozila u udarnom procesu, mjesta kontakta i put smirenja vozila nakon kontakta.

Prostorna kompatibilnost pokazuje položaj tragova u momentu ulaska vozila u udarni proces, za vrijeme udarnog procesa, mjesta kontakta i nakon udarnog procesa.

Vremenska kompatibilnost pokazuje međusobnu vremensku zavisnost nastanka tragova i deformacija na vozilima u momentu ulaska vozila u udarni proces, u udarnom procesu i nakon udarnog procesa.

Biomehanički indikator pokazuje vrstu i obim povreda vozača ili putnika u odnosu na mikrolokaciju unutrašnjosti vozila, mjesto i vrijeme nastanka u udarnom procesu.

4. VREDNOVANJE FAKTORA KOMPATIBILNOSTI SUDARNOG PROCESA

Ukoliko se svakom pojedinom faktoru kompatibilnosti sudarnog procesa odredi vjerovatnoća realizacije, provedenom analizom može se dobiti odgovor na pitanje koja je vjerovatnoća da se predmetna saobraćajna nezgoda dogodila.

Vrednovanje pojedinačnih faktora kompatibilnosti sudarnog procesa vrši se na način da se svakom faktoru pridoda izvedeni proračun vjerovatnoće realizacije događaja k_i, pa svaki od pojedinačnih može da dobije vjerovatnoću realizacije u granici $0 \leq k_i \geq 1$.

Indeks kompatibilnosti *KI* za određenu saobraćajnu nezgodu dobija se proizvodom pojedinačnih faktora kompatibilnosti sa indeksom važnosti a_i

$$KI = \sum_{i=1}^{n} k_i \times a_i = k_1 \times a_1 + k_2 \times a_2 + k_3 \times a_3 + k_4 \times a_4 + k_5 \times a_5 \quad (1)$$

Indeks kompatibilnosti je takođe u granicama $0 \leq KI \geq 1$.

Pojedinačni faktori važnosti a_i računaju se iz signifikacije pojedinih kompatibiliteta koji su prikazani u tabeli 1., koja po važnosti može voditi iz najjednostavnijih slučaja mogućnosti nastanka pojedinačnih kompatibiliteta. Oni se računaju iz sledeće formule:

$$\sum_{i=1}^{n} a_i = 1 \quad (2)$$

Tabela 1. Vrijednost faktora važnosti (Kovačević i dr., 2013)

Pojedinačni faktor kompatibilnosti K_i	Faktor važnosti a_i
Geometrija	0,22
Energija	0,26
Prostor	0,14
Vrijeme	0,27
Biomehanika	0,11
UKUPNO	1

5. PRIMJER VREDNOVANJA I TEHNIČKA ANALIZA REALNE SAOBRAĆAJNE NEZGODE

5.1. Osnovni podaci o saobraćajnoj nezgodi

Saobraćajna nezgoda dogodila se 16.10.2022. godine oko 22:25 h, u ulici Bojnička, mjesto Sarajevo, opština Sarajevo, u kojoj su učestvovali putnički automobil marke "Hyundai Tuscon" i putnički automobil marke "Ford Escort" ("Krajina" osiguranje a.d., 2023).

Prema uviđajnoj dokumentaciji saobraćajna nezgoda dogodila se na način da se putnički automobil „Ford Escort" kretao ulicom Bojnička, iz smijera Stupa prema Bojniku, a njemu u susret putnički automobil „Hyundai

Tuscon“, te na mjestu na kome su se trebali mimoići došlo je do sudara, kom prilikom je na vozilima nastala materijalna šteta, dok povrijeđenih osoba nije bilo.

U vrijeme nastanka nezgode bila je noć, vrijeme vedro, vidljivost dobra, a asfaltna površina kolovoza suva i neosvijetljena uličnom rasvjetom.

Kao oštećene dijelove na putničkom automobilu „Ford Escort“, u zapisniku o uviđaju policijski službenici navedeni su „lijevi far, prednja i zadnja lijeva vrata, lijevi blatobran i prednji branik“, dok je na fotodokumentaciji sa mjesta nezgode jasno da na navedenim dijelovima vozila **ne postoja vidljiva fizička oštećenja**. Na putničkom automobilu „Ford Escort“ oštećenja se nalaze na prednjoj desnoj strani i to poklopcu motora koji je u donjem desnom dijelu, u predjelu iznad desnog fara deformisan, desnom faru i prednjem braniku koji se odvojio od vozila te pukao u desnom dijelu (slika 1.).

Na putničkom automobilu „Hyundai Tuscon“ najznačajnija vidljiva oštećenja nalaze se na donjem dijelu lijevog fara, krajnjem lijevom dijelu ukrasne maske, krajnje lijevom dijelu prednjeg branika, prednjoj regIstarskoj tablici, te su aktivirani vazdušni jastuci (slika 2.)

Slika 1. i 2. Oštećenja na putničkom automobilu „Ford Escort“ (sl. lijevo) i „Hyundai Tuscon“ (sl. desno) (“Krajina” osiguranje a.d., 2023)

Policijski službenici na licu mjesta napravili su 15 fotografija. Fotografije izgleda lica mjesta prikazane su na slikama 3. i 4.

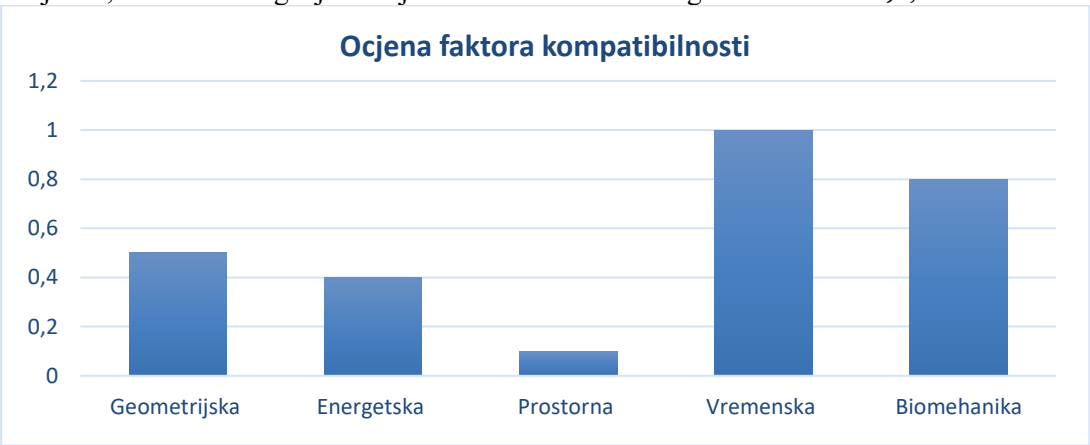
Slika 3. i 4. Izgled lica mjesta posmatrano iz pravca Stupa prema Bojniku (slika lijevo) i iz pravca Bojnika prema Stupu (slika desno) (“Krajina” osiguranje a.d., 2023)

5.2. Vrednovanje faktora kompatibilnosti sudarnog procesa

Pregledom gore navedene dokumentacije izvršeno je vrednovanje faktora kompatibilnosti na sljedeći način:

- ***Geometrijska kompatibilnosti*** – uzimajući u obzir tehničke karakteristike vozila u smislu dimenzija, te posmatrajući vidljiva oštećenja na istim, na prvi pogled jasno je da postoji odstupanje u pogledu visinskog položaja oštećenja na vozilima na osnovu čega je usvojen faktor geometrijske kompatibilnosti od **0,5**;
- ***Energetska kompatibilnost*** – iako je putnički automobil „Ford Escort“ dosta manje mase i mekše konstrukcije, usljed sudara nastala su značajnija oštećenja na putničkom automobilu „Hyundai Tuscon“ nego na putničkom automobilu „Ford Escort“, što upućuje na energetsku inkompatibilnost, na osnovu čega je usvojen faktor energetske kompatibilnosti od **0,4**;

- ***Prostorna kompatibilnost*** – Uzimajući u obzir stepen oštećenja na vozilima i njihove smijerove kretanja neposredno pred sudar, zaustavni položaj vozila, u kome je putnički automobil „Ford Escort“ nakon sudara vraćen lučno unazad pokazuju prostornu inkompatibilnost – deformacije na vozilima su takvog tipa da su se nakon sudara vozila trebala zaustaviti u neposrednoj blizini samog mjesta kontakta, na osnovu čega je usvojen faktor prostorne kompatibilnosti od **0,1**;
- ***Vremenska kompatibilnost*** – tragovi saobraćajne nezgode odgovaraju vremenu nastanka nezgode, na osnovu čega je usvojen faktor vremenske kompatibilnosti od **1**;
- ***Biomehanički indikator*** – iako je prema dostavljenoj dokumentaciji putnički automobil „Ford Escort“ u sudaru izgubio svu svoju kinetičku energiju, te je na njega prenijet i dio kinetičke energije koju je posjedovao putnički automobil „Hyundai Tuscon“, usljed čega je putnički automobil „Ford Escort“ vraćen unazad, završavajući u kanalu pored, za njega desne ivice kolovoza, niko od učesnika nije povrijeđen, na osnovu čega je usvojen faktor biomehaničkog indikatora od **0,8**;



Slika 5. Ocjena faktora kompatibilnosti

Uvrštavanjem faktora kompatibilnosti te njihovim množenjem sa faktorima važnosti (tabela 1.), dobijen je indeks kompatibilnosti od 0,58

$$KI = 0{,}5 \times 0{,}22 + 0{,}4 \times 0{,}26 + 0{,}1 \times 0{,}14 + 1 \times 0{,}27 + 0{,}8 \times 0{,}11 \quad (3)$$

$$KI = 0{,}58$$

što znači da vjerovatnoća da se predmetna saobraćajna nezgoda dogodila na način prikazan uviđajnom dokumentacijom iznosi 58%.

Kako bi se utvrdilo da li je sumnja u vjerodostojnost nastanka saobraćajne nezgode osnovana, u nastavku rada izvršena je detaljna analiza kompatibilnosti sudarnog procesa energetskom, prostornom i geometrijskom analizom.

5.3. Tehnička analiza kompatibilnosti sudarnog procesa

Prema podacima iz EES kataloga (Energy Eqvivalent Speed – energija ekvivalentna brzini na deformacionom radu) dr Steffan Datentecnih, poređenjem oštećenja nastalih na putničkom automobilu “Ford Escort” prilikom sudara sa putničkim automobilom “Hyundai Tuscon”, sa odgovarajućim oštećenjima nastalim u eksperimentalnim sudarima u realnim saobraćajnim nezgodama, proizilazi da je **vrijednost EES-a za “Ford Escort”** iznosila oko

$$EES_{Ford} = 12\ km/h\ ili\ 3{,}3\ m/s$$

dok izgubljena brzina na deformaciju za putnički automobil **„Hyundai Tuscon“ odgovara EES-u od oko**

$$EES_{Hyundai} = 9\ km/h\ ili\ 2{,}5\ m/s$$

Da bi postojala energetska kompatibilnost mora biti zadovoljen uslov (Vujanić, 2000):

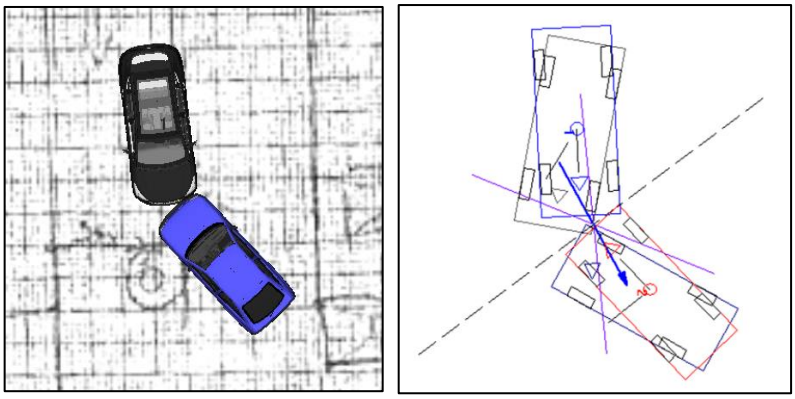
$$\frac{EES_{Ford}}{EES_{Hyundai}} = \frac{M_{Hyundai}}{M_{Ford}} \quad (4)$$

Kako masa putničkog automobila "Ford Escort" sa vozačem iznosi oko 855+75=**930 kg**, a masa putničkog automobila "Hyundai Tuscon", takođe sa vozačem oko 1.617+75 = **1.692 kg**, uvrštavanjem dobije se sljedeći rezultat:

$$\frac{12}{9} = \frac{1692}{930} \tag{5}$$

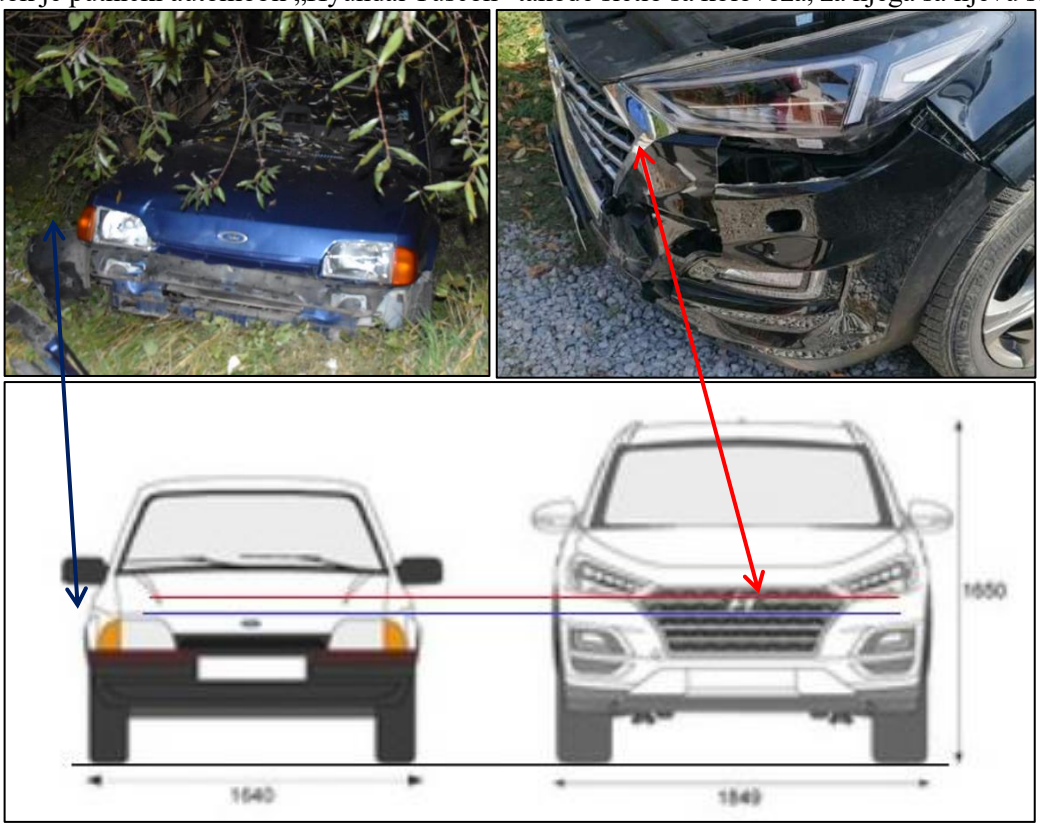
$$1{,}3 = 1{,}8$$

Dobijeni rezultat govori da ne postoji ni približna energetska kompatibilnost u pogledu nastalih oštećenja na vozilima. Uzimajući u obzir pravac kretanja vozila neposredno pred sudar, sudarni položaj vozila, pravac dejstva sila sudarenih vozila, kao i izgubljene brzine na deformaciju u sudarnom procesu, nakon ostvarenog kontakta vozila su se trebala zaustaviti u **neposrednoj blizini mjesta sudara**, na način da se težište putničkog automobila „Ford Escort" rotira u smijeru suprotnog od smijera hoda kazaljke na satu, dok bi težište putničkog automobila „Hyundai Tuscon", zbog znatno veće mase, bilo pomjereno za njega unaprijed i udesno (slika 6. i 7.), **a što se nije dogodilo**.



Slika 6. i 7. Sudarni položaj vozila (sl. lijevo) i očekivani zaustavni položaj vozila (sl. desno)

Prema uviđajnoj dokumentaciji, putnički automobil „Ford Escort" nakon sudara vraćen je lučno unazad, ostavljajući na kolovozu vidljiv trag rasute tečnosti, te zaustavljajući se u kanalu, prednjim dijelom okrenut ka kolovozu, dok je putnički automobil „Hyundai Tuscon" takođe sletio sa kolovoza, za njega sa lijevu stranu.



Slika 8. Poređenje oštećenja po visini na 2D oblicima vozila koji su u razmjeri

Analizirajući visinski položaj oštećenja na putničkim automobilima „Ford Escort“ i „Hyundai Tuscon“, primijetno je da se **najviše pozicionirano oštećenje** na putničkom automobilu „Ford Escort“ nalazi na donjem rubu na kome se lomi poklopac motora, u predjelu iznad prednjeg desnog fara, na mjestu na kome je vidljiva deformacija lima poklopca motora, dok se **najviše pozicionirano oštećenje** na prednjem lijevom uglu putničkog automobila „Hyundai Tuscon“ nalazi na sredini donje ivice prednjeg lijevog fara, na kojoj je vidljiva pukotina stakla fara.

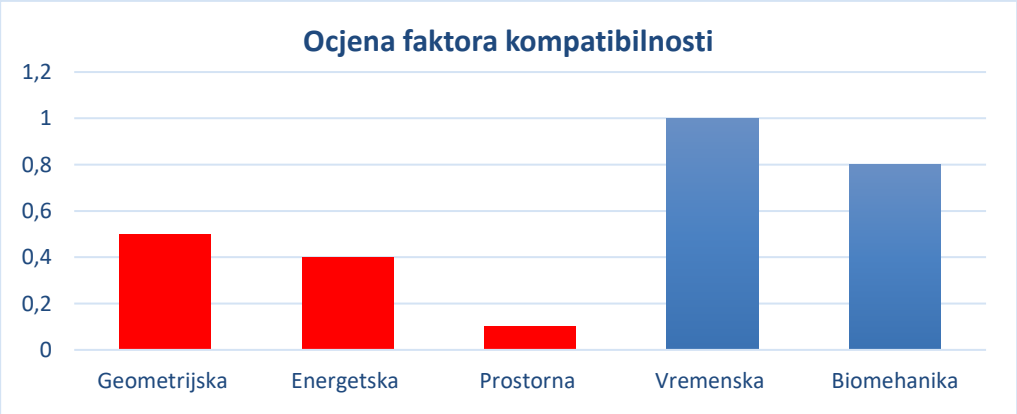
Postavljajući 2D oblike vozila u razmjeru, te posmatrajući položaje prethodno opisanih oštećenja (najviše pozicionirana oštećenja na putničkom automobilu „Ford Escort“ na slici 8. označena su plavom bojom, dok su najviša oštećenja na putničkom automobilu „Hyundai Tuscon“ označena crvenom bojom), jasno je da je oštećenje na prednjem lijevom faru putničkog automobila „Hyundai Tuscon“ pozicionirano iznad najviše pozicije oštećenja na poklopcu motora putničkog automobila „Ford Escort“, na osnovu čega proizilazi da **oštećenja na vozilima po visini nisu kompatibilna**, te da oštećenje na prednjem lijevom faru putničkog automobila „Hyundai Tuscon“ nije moglo nastati prilikom sudara sa putničkim automobilom „Ford Escort“.

7. DISKUSIJA

Detaljna i uporedna analiza svih elemenata iz uviđajne dokumentacije pokazala je da predmetna saobraćajna nezgoda **nije kompatibilna** prema sprovedenoj energetskoj, prostornoj i geometrijskoj analizi, te da se nezgoda **nije mogla dogoditi** na način prikazan uviđajnom dokumentacijom.

Rezultat analize sudarnog procesa odgovara rezultatu prethodno vrednovanih faktora kompatibilnosti sudarnog procesa, kojim je utvrđena relativno mala vjerovatnoća od 58% da se predmetna saobraćajna nezgoda dogodila na način prikazan uviđajnom dokumentacijom.

Najniže vrednovan faktor kompatibilnosti je faktor prostorne kompatibilnosti sa 0,1, a nakon njega faktor energetske kompatibilnosti sa 0,4 i faktor geometrijske kompatibilnosti sa 0,5, a čiji inkompatibilitet je upravo analiza sudarnog procesa i potvrdila, dok s obzirom na vremenske uslove u vrijeme vršenja uviđaja i manjkavosti uviđajne dokumentacije, vremenska kompatibilnost i biomehanički indikator u smislu mogućnosti nastanka trzajne povrede vrata, nisu mogli biti analizirani.



Slika 9. Analiza vrednovanja faktora kompatibilnosti

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U praksi je sve češći slučaj da se osiguravajućem društvu prijavljuje šteta nastala u saobraćajnoj nezgodi koja se dogodila pod nejasnim okolnostima. Da bi se utvrdilo da li postoji sumnja da je ista fingirana radi sticanja materijalne, odnosno novčane koristi, osobe zaposlene u osiguravajućim društvima i bez prevelikog poznavanja struke, samo na osnovu pregleda dokumentacije, mogu vrednovati određene faktore kompatibilnosti sudarnog procesa, na osnovu čega će dobiti određeni procenat vjerovatnoće realizacije događaja.

Ukoliko rezultat vrednovanja pokaže veliku vjerovatnoću da se predmetna saobraćajna nezgoda nije dogodila na način prikazan uviđajnom dokumentacijom, odnosno da postoji značajna mogućnost da se radi o fingiranoj saobraćajnoj nezgodi, osiguravajuće društvo bi trebalo angažovati vještaka saobraćajne struke koji bi izvršio sve potrebne analize kompatibilnosti sudarnog procesa te potvrdio ili podvrgao sumnje da se radi o fingiranoj saobraćajnoj nezgodi.

Takođe treba napomenuti da kvalitet samog vrednovanja kompatibilnosti sudarnog procesa, kao i detaljna analiza istog, uveliko zavise od kvaliteta dostupne dokumentacije.

6. LITERATURA

Datentechnik S. EES catalog, baza podataka, (pristupljeno: 20.06.2023. godine).

Kovačević F, Hadžić E, Imamović A. Kompatibilnost sudarnog procesa vozila u realnim saobraćajnim nezgodama, XII simpozijum „Veštačenje saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju". Zlatibor 2013..

Mihaljčić G. Identifikacija fingiranih saobraćajnih nezgoda, master rad, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj. Doboj 2022.

Obrada autora, Microsoft Office 2016.

Obrada autora, Simulacioni softver PC Crash 12.0.

Pijetlović D. Identifikacija fingiranih saobraćajnih nezgoda – kriminalističko – metodološki pristup. 2021, UDK: 343.98:614.86, str 41 – 51.

Podaci iz odštetnog zahtjeva „Krajina" osiguranja a.d. Banja Luka, broj 002-10.01-0010/23 od 10.01.2023. godine.

Vujanić M, Lipovac K, Vučen N, Sredić Z, Talijan D, Cvijen M i rd. Priručnik za saobraćajno – tehničko vještačenje i procjena šteta na vozilima, Modul Banja Luka. Banaj Luka 2000.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

HOW TO IMPROVE THE PASSIVE SAFETY OF ROADS?

HOW TO IMPROVE THE PASSIVE SAFETY OF ROADS?

Demeter Prislan

ICC DEMETER PRISLAN S.P., Dobravica 44, 1292 Ig, Slovenija, demeter.prislan@siol.net

Abstract: *In order to achieve the safest possible condition of the road, we should first of all free it from the various dangers that are in its area. As a hazard or lateral disturbance, we mean any object that can, in the event of a vehicle impact, cause fatal and serious consequences for the passengers in the vehicle. A smaller tree with a diameter of 10 cm or more, various public lighting poles and poles as carriers of traffic signals, fixed objects in the immediate vicinity of the roadway, sharp curves, near a precipice or rock in cuts and the like can also pose a danger. In order to improve the safety situation, we act in such a way as to remove them, if possible, to replace them with ones that are not harmful to human life, or to protect them with vehicle retention systems, thus to prevent possible contact of the vehicle with danger. This work primarily concentrates on the use of passively safe poles, crash cushions and the end terminals of guardrails.*

Key words: *passively safe poles, crash cushions, end terminals of barriers, EN 12767, EN 13173*

Apstrakt: *Da bismo postigli što bezbednije stanje puta trebamo ga pre svega osloboditi razno raznih opasnosti koje se nalaze u njegovom području. Kao opasnost ili bočnu smetnju podrazumevamo svaki objekat koji može, u slučaju udara vozila, uzrokovati kobne i teške posledice za putnike u vozilu. Opasnost može predstavljati i manje stablo sa prečnikom od 10 cm i više, razni stubovi javne rasvete i stubovi kao nosači saobraćajne signalizacije, fiksni objekti uz neposrednu blizinu kolovoza, oštre krivine, blizina provalije ili stenje u usjecima i slično. Da bismo unapredili stanje bezbednosti postupamo na način da ih, ako je moguće, sklonimo, da ih zamenimo sa takvima koje nisu štetne po ljudski život ili pak, da ih zaštitimo sistemima za zadržavanje vozila, dakle da sprečimo mogući kontakt vozila sa opasnošću. Ovaj rad se pre svega koncentriše na upotrebu pasivno bezbednih stubova, ublaživača udara i početne konstrukcije zaštitnih ograda.*

Ključne riječi: *pasivno bezbedni stubovi, ublaživači udara, početne konstrukcije zaštitnih ograda, EN 12767, EN 1317*

1. UVOD

Da bi nam putevi bili što bezbedniji trebamo voditi računa o adekvatnim postupcima za uklanjanje ili štićenje opasnih situacija na putu. Idealno bi bilo, da je put tako isprojektovan, da bi bilo koje skretanje sa kolovoza bilo bezopasno za putnike u vozilu, kao i za ostale učesnike u saobraćaju. U stvarnosti je, ipak, situacija puno složenija i daleko od idealnog modela. Svaki put ima tako opasnija, kao i bezbednija mesta. Opasnija su ona kod kojih bi skretanje sa vozne površine u pravilu moglo završiti kobnim i vrlo teškim posledicama za učesnike u saobraćaju. Govorimo o deonicama puta iznad provalija, u usjecima, kanjonima ali i o kosinama čiji je odnos visine i širine veći od, na primer, 1:3. Takva ćemo mesta uvek štititi sistemima za zadržavanje vozila, u večini slućajeva to su zaštitne ograde, jer nemamo druge mogućnosti.

Međutim, postoje situacije koje traže manje zahvate. Posebno kada se radi o stablima, stubovima ili drugim manjim „tačkastim“ objektima, pristupamo na način kojeg u svojoj metodologiji primenjuje i IRAP. Radi se o postupku zbrinjavanja opasnosti po sistemu „skloni, zameni, zaštiti“. Pri tom postupku je prva mera sklanjanje opasnosti, druga je zamena opasnog objekta sa bezopasnim, dakle pasivno bezbednim, a treća mera, ako ništa od prethodno navedenog nije bilo moguće, zaštita opasnog objekta od mogućeg udara vozila u nju.

Slika 1. Očišćena i poravnata zona bezbednosti u području brzine 70 km/h

Za prvi korak se odlučujemo posebno u slučaju, da su u blizini vozne površine stabla, stubovi i slični objekti. Stabla koja koja se nalaze u zoni bezbednosti potrebno je skloniti u potpunosti, znači isčupati panjeve i poravnati zonu bezbednosti, kako bi ona postala stvarno zona u kojoj bi se moglo zalutalo vozilo koliko toliko sigurno zaustaviti. Stubove koji bi se nalazili u zoni bezbednosti smestili bismo, ako je to moguće, van zone, a ako to ne bi bilo moguće, zamenili bismo ih sa pasivno bezbednim stubovima. Problem za ove jednostavne primere otklanjanja opasnosti predstavljaju zidani, fiksno postavljeni objekti kao što su trafo stanice, kuče i slično, koje u večini slučajeva ne možemo skloniti niti ih zameniti pasivno bezbednim. Takve opasnosti moramo zaštititi sistemima za zadržavanje vozila.

2. PASIVNO BEZBEDNI STUBOVI

Da bi mogli obične stubove u zoni bezbednosti zameniti sa pasivno bezbednim stubovima trebali bismo prvo znati kakav je pasivno bezbedan stub, kakve su njegove karakteristike i kakve su nam mogućnosti izbora. Za definisanje karakteristika stubova, odnosno nosača putne opreme, služimo se standardom EN 12767 (Passive Safety of Support Structures). Standard je imao već par osavremenjivanja pa se tako sada koristi varianta iz 2019. godine, koja detaljnije definiše neke do tada manje naglašene, ali za bezbednost, bitne karakteristike.

Tabela 1. Razred sigurnosti putnika u odnosu na indeks žestine udara po EN 12767:2019

Energy absorption categories	**Occupant safety class**	**Speeds**			
		Low speed test 35 km/h		**High speed test** 50 km/h, 70 km/h, 100 km/h	
		Maximum values		**Maximum values**	
		ASI	THIV km/h	ASI	THIV km/h
HE / LE / NE	E	1	27	1,4	44
HE / LE / NE	D	1	27	1,2	33
HE / LE / NE	C	1	27	1	27
HE / LE / NE	B	0,6	11	0,6	11
NE	A	No test required	No test required	No ASI and THIV measurements	

Standard EN 12767:2019 definiše stubove po nazivnoj brzini udara, to je 100 km/h ili 70 km/h ili 50 km/h, razlikuje način funkcionisanja – stubovi sa visokom absorpcijom energije, sa malom absorpcijom energije i bez absorpcije energije, a za karakteristiku bezbednosti za putnike u vozilu koristi sličnu skalu kao EN 1317, dakle A, B, C, D i E, gde A označava najmanji a E najjači učinak na putnike u vozilu. Još uvek, karakteristike za E ne prelaze vrednosti koje se nalaze u standardu EN 1317, dakle ASI indeks najviše 1,4 a teoretična brzina udarca glave pravo ne prelazi 44 km/h.

Pored ovih karakteristika standard EN 12767:2019 uvodi i definisanje tipa zemljišta u koje se stub, odnosno nosač opreme za puteve postavlja, traži određivanje načina funkcionisanja u smislu da li se stub odvaja od podloge ili ostaje vezan za nju i definiše iz kog pravca udara stub fukcioniše. Postoje naime stubovi koji funkcionišu samo ako su pogođeni pod tačno određenim uglom udara (označava ih se sa SD – singledirectional), pa onda iz dva tačno određena pravca (označava ih se sa BD – bidirectional), a postoje oni koji funkcionišu u svakom slučaju iz bilo kog pravca bili pogođeni (označava ih se sa MD – multidirectional). Ima još jedna karakteristika koja je pomalo diskutabilna, naime udubljenje krova vozila zbog udarca stuba. Ova karakteristika puno zavisi od oblika vozila ali i od mesta kontakta vozila sa stubom.

Slika 2. Pregažen pasivno bezbedan stub javne rasvete – samo je materialna šteta bila u pitanju iako je (sudeći po deformaciji stuba) brzina udara bila preko 75 km/h

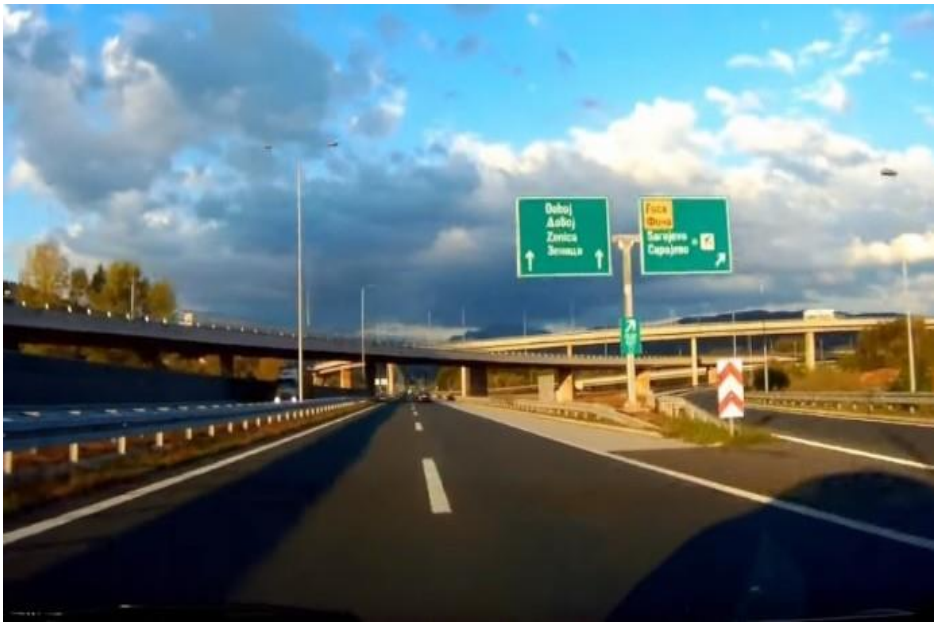
Postoji i karakteristika stuba koja može značajno utjecati na ponašanje stuba, a to je visina na kojoj je pasivno bezbedan stub pogođen. Samo neki stubovi funkcionišu bilo kako i na kojoj visini bili pogođeni, dok ostali trebaju biti pogođeni baš na mestu gde je predviđeno, da će konstrukcija popustiti pod naletom vozila. Trenutačno ova karakteristika stuba još nije našla svoje mesto u standardu, pa tako ostaje, da se ovaj standard nadopuni ovim kriterijem.

3. UBLAŽIVAČI UDARA

Ublaživač udara se već svrsta u područje Sistema za zadržavanje vozila. On se može postavljati samostalno ili vezano na zaštitnu ogradu u zavisnosti od toga, da li štiti samo tačkastu opasnost ili se nalazi na razdvajanju puteva ili izlazu sa autoputa i veže ga se prelaznim elementima na zaštitnu ogradu u nastavku.

Standardom EN 1317-3 su predviđene kategorije nazivnih brzina 50, 80, 100 i 110 km/h, postupci testiranja, kriteriji za ocenu podobnosti pojedinog proizvoda i drugi zahtevi vezani za ispunjavanje standarda. Iako su ublaživači često puta vezani za zaštitnu ogradu oni nemaju istih kriterija za ocenu podobnosti kao što to imaju zaštitne ograde koje se ocenjuje po standardu EN 1317-2 i kategoriše po nivou zadržavanja od N1 pa do H4b. Najteže vozilo koje standard EN 1317-3 predviđa za udar ima masu 1.500 kg. Znajući, da su večinom

maksimalna ograničenja brzine na autoputevima 130 km/h i prateći nove trendove proizvodnje osobnih vozila čija težina često prelazi 2.000 kg može se predvidjeti već i potreba za osavremenjenjem ovog standarda.



Slika 3. Po tadašnjim važećim propisima isprojektiran i izrađen izlaz sa autoputa bez ublaživača udara na početku razdelnog ostrva – između jedne i druge zaštitne ograde otvoren je slobodan ulazak u opasnu zonu gde se kao centralna tačka opasnosti nalazi stub nosača saobraćajnih tabli

Pored karakteristika koje se opredeljuju kroz kriterije standarda EN 1317-3 bitna karakteristika ublaživača su i njegove dimenzije. Sam po sebi ublaživač udara predstavlja neku vrstu prepreke na putanji zalutalog vozila, pa bi bilo najbolje, da je ublaživač što kraći za određenu nazivnu brzinu, kako bi ostalo što više manevarskog prostora. Nije, dakle, svejedno koliko je ublaživač dugačak ili širok. Širinu stražnje strane ublaživača treba odabrati tako, da ona prekriva potencialnu opasnost i kod bočnog udara, znači, da je opasnost koju ublaživač štiti, van njegovog trajnog bočnog posmaka. Ako imamo slučaj kao na slici 3, onda ublaživač sa prelaznim elementima vežemo na zaštitnu ogradu. Pri tom pazimo, da je prvih 4 - 8 metara iste radne širine kao ublaživač i tek u produžetku povečavamo radnu širinu na nazivnu radnu širinu preostale zaštitne ograde.

Što se dužine tiče, treba odabrati najkraći ublaživač za nazivnu brzinu, jer će tako ostati više manevarskog prostora ispred ublaživača. Večina ublaživača ima indeks ASI, koji naznačava žestinu učinka na ljudsko telo, tipa B, znači maksimalno 1,4. Ova je vrednost još prihvatljiva za ljudsko telo pa nas racionalnost izvedbe puta i mera za zaštitu od opasnosti navodi na to, da se zadovoljimo sa ASI indeksom B i radije zaoštrimo kriterije za područje vračanja i trajni bočni posmak.

Što manji trajni bočni posmak nam je bitan pre svega zbog toga, da se ublaživač kod udara što manje pomera sa svoje pozicije. Na takav način ostaju nam vozne površine bez opasnih prepreka, znači, bez deformisanog ublaživača ili njegovih delova. Standard EN 1317-3 predviđa ocenjivanje trajnog bočnog posmaka sve do pomaka od 3 metara ali je veliko pitanje koliko je smisleno upotrebiti proizvode takvih karakteristika, jer time već ugrožavamo bezbednost saobraćaja za ostale učesnike. Slična je situacija kod određivanja zone preusmeravanja. Već zona Z1 predviđa prostor za preusmeravanje levo ili desno od ublaživača u širini 4 metara, dok Z2 čak 6 metara. Ovi kriteriji su još „milostniji“ kod tipa udara u glavu ublaživača pod uglom od 15°, TC 3.3.110. Kao prihvatljivo za podobnost proizvoda standard EN 1317-3 navodi, da može vozilo nakon udara u glavu ublaživača, na odlaznoj strani napustiti zamišljenu paralelnu liniju sa ublaživačem na 4 odnosno 6 metara bez ikakvih ograničenja. Takva dikcija važi i za rezultate za trajni bočni posmak.

Slika 4. Posledice neštićenja razdvajanja saobraćajnih traka na izlazu sa autoputa na prethodno prikazanom primeru sa slike 3

4. POČETNE KONSTRUKCIJE ZAŠTITNIH OGRADA

Svaka ograda ima dva kraja, početni i završni ili pak dva početna ili dva završna, kako već i sa koje strane gladamo tu ogradu. Ipak, većinom se definišu krajevi po tome na kom se mestu nalaze gladano u pravcu vožnje, pa zbog toga prvo imamo početnu konstrukciju i na kraju ograde onda završnu konstrukciju. Početna konstrukcija nam je tako najistureniji deo ograde pa zbog toga i najopasnije mesto.

U početnu konstrukciju može zalutalo vozilo udariti pravo (iako ne baš često), može udariti bočno (slično kao što bočno udari i u zaštitnu ogradu) a može udariti koso u glavu početne konstrukcije. Nerazumljivo je, milo rečeno, da neki ljudi na odgovornim pozicijama još uvek ne mogu shvatiti, kako je traženje ispitanosti početne konstrukcije po ENV 1317-4 (ENV 1317-4 još nije harmonizovana norma) nedovoljno za bezbednost saobraćaja. Jer, ENV 1317-4 traži samo testiranje na četiri tipa udara u početnu konstrukciju i to: pravo po sredini vozila, pravo maknuto za četvrtinu širine vozila, pod uglom od 15° u bok na 2/3 dužine početne konstrukcije i iz suprotnog pravca po uglom 165° na polovini dužine početne konstrukcije. Ostaje, da se obavi ispitivanje sa udarom u glavu početne konstrukcije po uglom od 15° i, ako se nikako ne želi spominjati normu prEN 1317-7 koja je duže vremena bila u pripremi, pa ipak napuštena u daljem razvoju, može se barem tražiti poseban izveštaj TT 3.3.110.

Tabela 2. Primer različitog ocenjivanja istog proizvoda po različitim standardima: ENV 1317-4 ne predviđa test sa udarom u glavu početne konstrukcije pod 15°, dok prEN 1317-7 traži takav test. Razlika u rezultatima a time i u bezbednosti je jasno vidljiva za karakteristiku zone preusmeravanja, u tabeli „Redirection zone“

Standard:	ENV 1317-4	prEN1317-7
Performance level:	P4	T110
Impact severity level:	B	B
Lateral Displacement Class:	D1.1	S0.5 and T1.0
Redirection zone:	Z1	Z3
Durability:	HDG according to EN ISO 1461	

Početne konstrukcije koje su se nekad koristile u većini slučajeva, to su „riblji rep“ – spljošten i poluzakrivljen deo plašta i kosi počeci zaštitnih ograda, nebi smele više naći mesta u novim projektima puteva ili u obnovama.

Prve apsorbirujuće početne konstrukcije pojavile su se u SAD i funkcionisale su po principu preuzimanja udarne energije vozila deformacijom plašta zaštitne ograde. Sistem je donekle bio i uspešan ali mu je bila manjkavost u tome što je deformacijski deo ograde bio samo poduprt stubićima, što je dozvoljavalo pomeranje i vitoperenje ograde zbog neuravnoteženosti sile udara vozila i sile otpora ograde.

U današnje vreme se razmatraju početne konstrukcije zaštitnih ograda koje funkcionišu po principu absorpcije udarne energije vozila. Trebale bi zalutalo vozilo zadržati u svojoj blizini ili ga preusmeriti na što bezbedniji način.

Pošto se pojavilo mnoštvo raznih takozvanih apsorbirujućih početnih konstrukcija potrebno bi bilo uvesti u novi standard (ako će se formirati) ili barem u tehnički izveštaj radnih grupa koje dalje rade na usaglašavanju kriterija bezbednosti, pojam otvarajuće i neotvarajuće početne konstrukcije. Na engleskom govornom području je takvo ponašanje (ne samo početnih konstrukcija) poznato po imenom „gating“ (otvarajuće) i „non-gating“ (neotvarajuće) i znači, da ako je oprema „gating“ ona će se pri udaru vozila „otvoriti“ i pustiti vozilo na drugu, stražnju stranu zaštitne ograde. U pravilu je područje sa stražnje strane zaštitne ograde ono, koje želimo štititi, jer nam predstavlja opasnu zonu, dakle, opasnost za putnike u vozilu. Ako se upotrebi takozvana „otvarajuća“ (gating) početna konstrukcija treba voditi računa o tome, da treba produžiti potrebnu dužinu zaštitne ograde jer takve početne konstrukcije nemožemo smatrati kao sistem za zadržavanje, jer ne zadržava nego pušta vozilo u štićenu zonu.

Drugi tip apsorbirujućih početnih konstrukcija je tip, koji ima vođeni pomak absorpcijskih elemenata. Sa vođenim pomakom absorpcijskih elemenata obezbeđuje se kontrolisano funkcionisanje konstrukcije koje daje pouzdane rezultate i ponovljivost uspešnog funkcionisanja. To so u pravilu „neotvarajuće“ (non-gating), preusmeravajuće početne konstrukcije zaštitnih ograda.

Slika 5. Neadekvatna početna konstrukcija odbacuje vozilo preko puta. Srećom nije bilo vozila straga koje je moglo udariti u odbijeno vozilo. Žute oznake Z1 i Z2 predstavljaju zone vračanja vozila dok zona u kojoj se nalazi udareno vozilo nije definisana nigde u standardu ENV 1317-4 ili prEN 1317-7 i predstavlja anomaliju ponašanja vozila pri udaru u apsorbirujuću početnu konstrukciju

5. ZAKLJUČAK

U ovom kratkom radu izneseno je samo nekoliko primera mogućnosti unapređenja pasivne bezbednosti puteva. Ujedno su spomenuti i najaktuelniji problemi vezani za ocenu karakteristika u skladu sa standardima. Uz to, problematizirani su i kriteriji u standardima koji zbog svog širokog diapazona daju mogućnost za ocenu podobnosti proizvodima čije funkcionisanje vrlo verovatno neće nikako poboljšati bezbednosti na putevima. Takvi proizvodi su u pravilu jeftiniji od onih koji su stvarno efikasni, pa tako navode putne uprave, da se odlučuju za njih.

Standard sam po sebi ne određuje koja oprema se može ugrađivati na puteve nego daje samo mogućnost ocene podobnosti opreme. Onaj ko odlučuje u kojoj meri će nam putevi biti bezbedni je upravljač puteva. On odlučuje koju opremu za unapređenje pasivne bezbednosti puteva će ugraditi. Kako su to obično investicije koje traže proceduru javne nabavke, tu se pojavljuje i treći faktor, to je komisija za javne nabavke, koja u principu traži, da su uslovi javne nabavke takvi, da se može birati između više ponuđača i onda birati najpovoljnijeg po kriteriju ponuđene cene. Obično osobe u komisijama za javne nabavke nisu stručnjaci za bezbednost saobraćaja i ne zanima ih da li je potrebno tražiti zonu preusmeravanja Z1 ili Z4. Na takav način može društvo u principu dobiti najmanje bezbedno opremljene puteve, koji jedva da zadovoljavaju nekakav minimum od minimuma po kriteriju pasivne bezbednosti.

Potrebno je još dalje raditi na standardima, kako bi oni bili u nekim definicijama precizniji a pre svega, kako nebi nudili tako širok diapazon prihvatljivih karakteristika jer time omogućuju ponudu proizvoda upitne podobnosti. Ipak, na upravljaču puta je, da traži viši nivo bezbednosti puteva jer je on neposredno odgovoran ako se pokaže, da nije bila ugrađena adekvatna oprema. On treba stručno pojasniti zašto se određeni nivo bezbednosti za opremu traži i odbraniti prigovore onih ponuđača, koji zbog oštrijih kriterija nisu mogli učestvovati u javnoj nabavci. Svaki ponuđač (proizvođač) opreme za puteve ima svu slobodu, da napravi bolji, bezbedniji proizvod, koji će ispunjavati zahteve upravljača. Jer, snižavanjem kriterija na javnim nabavkama (samo zato da imamo povečan izbor ponuđača), snizujemo i bezbednost puteva i time potencialno povečavamo mogućnost žrtava saobraćaja! A govorimo, da radimo na projektu Vizija Nula (Vision Zero)?

6. LITERATURA

EN 12767:2019

EN 1317

Fotografije i tabele iz arhive autora

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

COMPARATIVE ANALYSIS OF DATA OBTAINED FROM THE DIGITAL TACHOGRAPH, DRIVER'S CARD AND TRAVEL ORDERS PN-3

УПОРЕДНА АНАЛИЗА ДОБИЈЕНИХ ПОДАТАКА СА ДИГИТАЛНОГ ТАХОГРАФА, КАРТИЦЕ ВОЗАЧА И ПУТНИХ НАЛОГА ПН-3

Ђорђе Попović[a], Саша Петровић[b], Tihomir Đurić[a], Slaviša Gačić[b]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, djdjpopovic1970@gmail.com, tihomir.djuric@sf.ues.rs.ba*

[b] *Inspectorat of the Republic of Srpska, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, s.petrovic85@gmail.com, slavisa.gacic86@gmail.com*

Abstract: *This paper explains the importance of using a digital tachograph in road motor vehicles and a comparative analysis of the data obtained from the control report and travel orders for the cargo and combined motor vehicle PN-3. The digital tachograph enables the monitoring of the driver's work with regard to several important criteria, such as the duration of driving the vehicle, the distance traveled, the speed of movement, the value and frequency of the vehicle's deceleration and acceleration, as well as rest time during the execution of work tasks. Continuous driving of a motor vehicle by the driver results in carelessness, which can cause serious consequences for the safety of all road users. The contribution of the driver's work records from the digital tachograph is not only reflected in the monitoring of his work, compliance with legal regulations regarding working hours, mandatory breaks during the working day, but also in significant opportunities for the prevention of traffic accidents in road traffic.*

Key words: *analysis of driver's working hours, mileage, traffic safety*

Апстракт: *У овом раду објашњен је значај употребе дигиталног тахографа у друмским моторним возилима и упоредна анализа добијених података са контролног извјештаја и путних налога за теретно и комбиновано моторно возило ПН-3. Дигитални тахограф омогућава праћење рада возача с обзиром на неколико важних критеријума као што су трајање вожње возилом, пређени пут, брзина кретања, вриједност и учесталост успоравања и убрзања возила, као и вријеме одмора у току извршавања радних задатака. Континуирана вожња моторног возила од стране возача резултира непажњом, што може бити узрок озбиљних последица по безбедност свих учесника у саобраћају. Допринос евиденције рада возача из дигиталног тахографа не огледа се само у праћењу његовог рада, поштовању законских прописа у погледу радног времена, обавезних пауза у току радног дана, већ и у значајним могућностима за превенцију саобраћајних незгода у друмском саобраћају.*

Кључне ријечи: *Анализа радног времена возача, пређена километража, безбједност у саобраћају*

1. УВОД

Тахограф је уређај за поуздано и тачно снимање података о кретању возила у реалном времену на носач података. Користи се у друмском моторном саобраћају. Разликујемо аналогне тахографе који праве запис на тахографски листић и дигиталне који обједињују податке са картице возача са подацима о кретању возила. Тахограф биљежи, односно записује дужину пређеног пута возила, брзину возила, податке о отварању кућишта у које је уметнут тахографски листић, а за електронске уређаје за снимање сваки прекид напајања електричном енергијом од 100 милисекунди (осим освјетљења), растојање и прекид напајања сензора брзине и сваки прекид сигналне везе са сензором удаљености и брзине.

Анализом евиденције очитава се временско трајање управљања возилом, временско трајање других врста рада и времена приправности, временско трајање пауза и дневног одмора.

Значај тахографа није само у регулисању безбједности учесника у саобраћају него има и дубљи, социјални аспект на заштити права возача од захтјева превозника на ванзаконски прековремени рад. Такође, тахограф се користи и као доказно средство у вјештачењу, као својеврсна „црна кутија“ која биљежи битне податке о кретању возила у сваком тренутку. Послије настале саобраћајне незгоде податке са тахографа обрађују судски вјештаци и на основу њих добијају врло важне податке у процесу вјештачења. Због таквих намјена захтјеви за израду тахографа у смислу прецизности су врло високе у односу на величине које тахограф треба да биљежи. Такође је потребно нагласити да су манипулације и злоупотребе у коришћењу тахографа и података које он биљежи одавно присутне. То се покушава превазићи увођењем нових технологија биљежења података.

Тако је увођење тахографа и начина реализације предмет разматрања закона и прописа у многим државама. За очекивати је да се сви ти закони усагласе на нивоу земаља Европе. Велики значај тахограф има и када је у питању безбједност учесника у друмском саобраћају. Аутоматско регистровање појединих података током кретања возила, као што су брзина кретања и пређени пут, у значајној мјери подстиче возаче да разумно и са високим степеном одговорности управљају возилом. Особином да региструје податке током вожње и утицајем на возаче да рационално управљају возилом, тахограф доприноси повећању безбједности, како возача, тако и осталих учесника у друмском саобраћају. Овај рад се бави упоредном анализом добијених података из путних налога и дигиталног тахографа који као такав представља један од многобројних интелигентних система који се примјењују у друмском саобраћају.

2. ПОЈАМ ТАХОГРАФА

Тахограф је мјерни инструмет који примарно служи за аутоматско записивање брзине и пређеног пута возила, као и врсту и трајање активности возача. Модерни тахографи тако мјере вријеме вожње (док је возило у покрету) за сваког возача, као и вријеме паузе и одмора. Главни разлог за коришћење овог инструмента је регулисање времена које возач проводи у вожњи код превозних средстава као што су аутобуси и камиони како би се избјегле незгоде које настају умором возача.

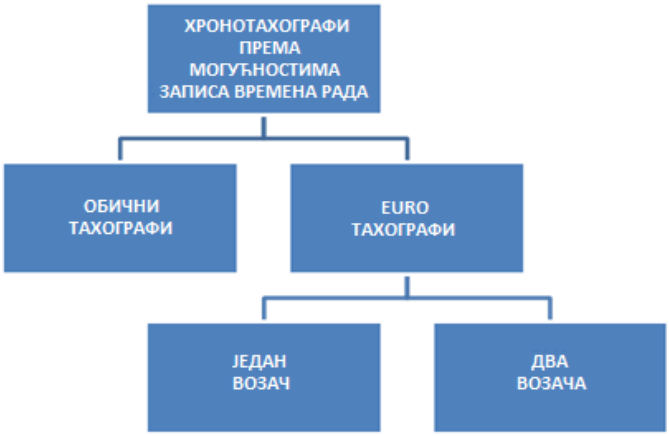
Систем тахографа се састоји од јединице за запис, главе тахографа (писаљке) и јединице за слање. Глава тахографа може бити аналогног или дигиталног типа. Код аналогних тахографа јединица за запис је у виду воском обложеног папира у облику диска на који писаљка стално биљежи податке, док су код дигиталних тахографа дигиталне картице које имају микрочип са флеш меморијом. Картице чувају податке у виду.ddd датотека и они се могу очитати у софтверу за анализу тахографа.

Овај уређај се унапређивао годинама тако да је било очекивано да добије и своју модернију верзију која одговара ери рачунара у којој се налазимо. Слободно можемо рећи да су данашњи модели дигиталног тахографа мјерно-аквизицијски инструменти са могућношћу трајног чувања података и реализовани као специјализовани микроконтролерски системи. И не само то, данас су сама возила покретни рачунарски системи са разгрантом сензорском и контролном мрежом, тако да и дигитални тахограф повезан са рачунаром у возилу на одговарајући начи егзистира у тој „рачунарској мрежи возила“. Дигитални тахограф је омогућио да се подаци са њега користе вишенамјенски, како за контролу спровођења законских прописа, тако и за управљање возним парком.

2.1. Врсте тахографа

Подјела тахографа се може спровести по више критеријума, према начину рада, преносном систему, посебној намјени, облику медијума за запис и тд. Најчешће су подјеле према намјени и према начину рада јер оне одређују већи дио осталих критеријума.

Према намјени, постоје тахографи за основне функције праћења тренутне брзине и пређеног пута у јединици времена. Такви тахографи се могу назвати обични тахографи. Друга врста су тахографи којима је намјена поред осталог да служе као уређај за запис врсте радних активности за оба или само једног члана посаде. Такви су се тахографи појавили као резултат социјалних закона прихваћеним у свим земљама потписницама AETR споразума, али како су предњачиле земље Европске Заједнице тахограф је назван EURO тахограф. Према начину како се информација о пређеном путу преноси и обрађује, тахографи се могу подијелити на механичке, електронске и дигиталне (слика 1).



Слика 1. Класификација тахографа према могућностима

Механички тахографи информацију о путу добијају преко окретања гипког вратила. Електронски тахографи прихватају и обрађују низ електронских импулса чија фреквенција представља тренутну брзину.

Дигитални тахографи који се све чешће срећу, од интелигентног давача брзине који се налази на диференцијалу возила добијају кодирану информацију која, осим података о брзини и путу, садржи и контролне шифре како би се избјегла могућност махинација на импулсним водовима.

Разлика између EURO и обичних тахографа је у могућности EURO тахографа да на дијаграмском листићу региструје не само који возач је када возио већ и друге њихове активности, као што су активно и пасивно радно вријеме као и вријеме које је употребљено за одмор.

EURO тахографи могу имати на кућишту преклопнике или тастере који служе возачу да изабере одговарајућу врсту радне активности. Постоје четири врсте радне активности:

- вријеме ефективне вожње;
- сва остала времена рада (замјена пнеуматика, ситне оправке возила, обезбјеђење товара...);
- вријеме приправности возача;
- паузе током вожње и вријеме дневног одмора.

Код EURO тахографа пребацивање на вријеме ефективног управљања се може извршити ручно када се започне вожња или аутоматски када је брзина возила већа од 5 km/h, што зависи од типа EURO тахографа. EURO тахографи се разликују и по начину биљежења времена вршења појединих радних активности.

2.2. Дигитални тахограф

По дефиницији из важеће законске регулативе у Босни и Херцеговини дигитални тахограф је уређај у друмском саобраћају за биљежење брзине и пређеног пута, као и времена рада и одмора гдје се подаци записују у радну меморију и меморијску картицу, а који омогућава похрану података за период од 365 дана.

Систем дигиталног тахографа се састоји од следећих саставних дијелова (слика 2):

- јединице у возилу ДТ (у кабини возила, у видокругу возача);
- сензора кретања (код мјењача);
- каблова (инсталације) којим су повезани јединица у возилу ДТ и сензор кретања;
- електронског брзиномјера са одометром;
- независног извора сигнала кретања (IMS) и
- адаптера за возила врсте M1 и N1.

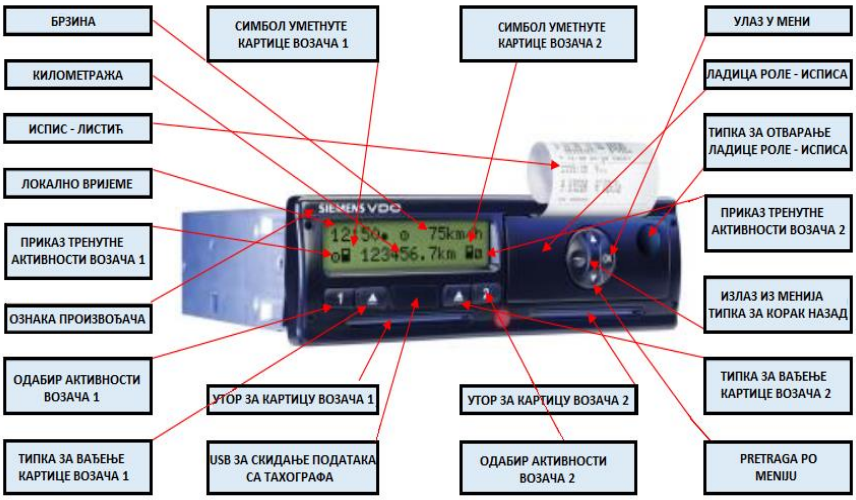
Слика 2. Компоненте дигиталног тахографа

Предности дигиталног тахографа у односу на аналогни су:

- возачима је лакше користити и пратити времена – довољно је притиснути једно дугме;
- даје звучна и визуелна упозорења о грешкама или временским ограничењима;
- поједностављене су функције скоро увијек иста акција возача се тражи за разнолике ситуације;
- лакше је праћење података са тахографа у вожњи – захваљујући прегледима и сажецима;
- систем дигиталног тахографа је поузданији;
- поштенија је конкуренција – сигурност система је на 3 нивоа, а возачева картица може да се контролише од стране овлаштених органа за текући дан и 28 дана уназад од дана контроле;
- лакша је обрада података и погоднија за управљање возним парком.

Постоје и неки недостаци дигиталних тахографа, а то су:

- дуже је чекање за издавање тахографских картица за возаче (попуњавање захтјева за издавање исте, достава документације, преглед и обрада документације од надлежног министарства те издавање и преузимање картице);
- нови возачи не могу да возе док не добију тахографску картицу.



Слика 3. Дигитални тахограф компаније „SIMENS“

2.3. Законска регулатива у Босни и Херцеговини

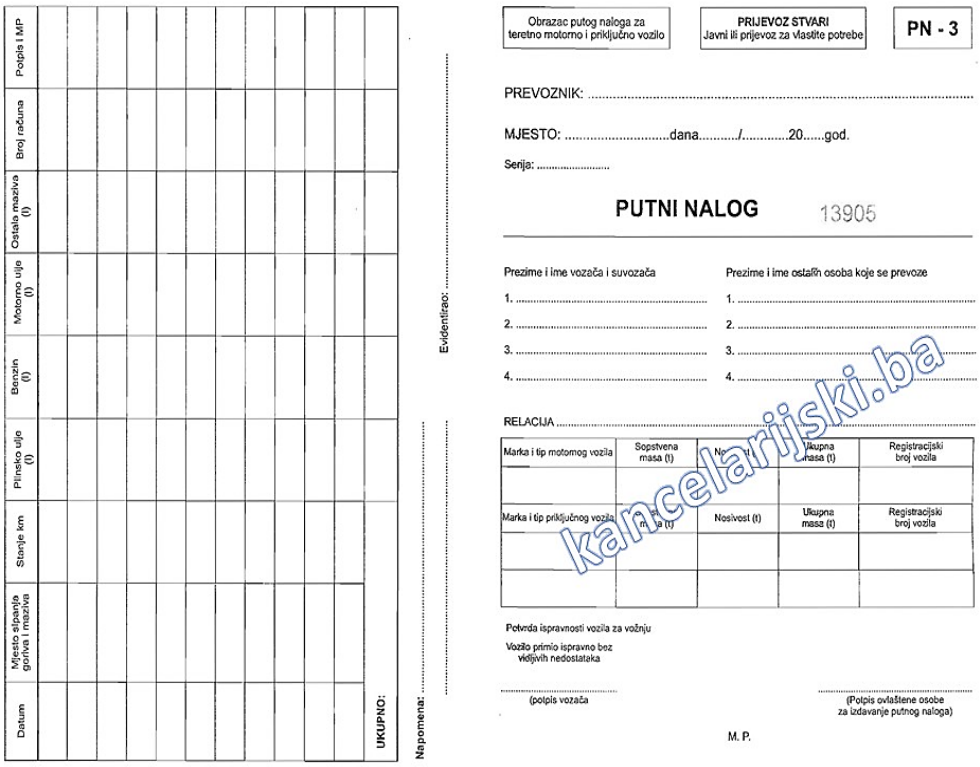
У Босни и Херцеговини питање дигиталног тахографа је ријешено увођењем Закона о радном времену, обавезним одморима мобилних радника и уређајима за евидентирање у друмском пријевозу (*“Службени гласник Босне и Херцеговине“, број: 48/10 од 28.5.2010. године*) и Закона о измјенама и допунама закона о радном времену, обавезним одморима мобилних радника и уређајима за евидентирање у друмском пријевозу (*“Службени гласник Босне и Херцеговине“, број: 66/16 од 31.8.2016. године*) гдје се први пут законски третирају и уводе у правне оквире сви појмови везани за дигитални тахограф. Важећа законска

регулатива у БиХ дефинисана је према директивама дефинисаним у Европској унији и државама потписницама AETR споразума.

Возила чија је највећа допуштена маса с прикључним возилом већа од 3,5 тоне, те аутобуси конструисани или трајно прилагођени за превоз више од девет путника, укључујући и возача, морају имати уграђен тахограф. Нова возила која се први пут региструју у Босни и Херцеговини након 16.6.2010. године, морају имати уграђен дигитални тахограф.

2.4. Путни налог за теретно и комбиновано моторно возило ПН-3

Путни налог је документ којим се одобрава употреба возила. За сваку употребу возила у превозу, превозник - власник возила издаје и одговарајући путни налог који важи до завршетка превоза, односно повратка возила у сједиште налогодавца. Путни налог попуњава овлаштено лице у два примјерка, читким штампаним словима која се не могу брисати и овјерава и издаје тек када образац путног налога потпише возач. Путни налог садржи податке које возач обавезно читко и урено попуњава прије почетка, у току и на крају вожње. Путни налог садржи податке о фирми, односно превознику, возачу и сувозачу, релацији, вучном и прикључном возилу, евиденцији рада возила, евиденцији утрошка горива и мазива (слика 4).



Слика 4. Изглед путног налога ПН-3

3. МЕТОД И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Метод истраживања се огледа у сакупљању података са дигиталног тахографа, картице возача и путних налога у времену од 23.1.2023. године до 24.2.2023. године. Подаци за горе наведени период су добијени очитавањем дигиталног тахографа и карице возача (слика 5) уз помоћ софтвера „TACHOSPEED 2.980“, а подаци из путних налога за возача су добијени увидом у исте приликом вршења инспекцијске контроле од стране републичке саобраћајне инспекције.

Циљ истраживања је утврђивање разлике између уписаних података у путни налог ПН-3 од стране возача и података забиљежених на картици возача и дигиталном тахографу. Ово истраживање има за циљ да донесе увид у сличност и разлику између података о радном времену возача, односно о почетку и завршетку вожње и пређеној километражи, а све у циљу добијања информација које могу бити корисне за унапређивање система за евиденцију података.

Слика 5. Картица возача за дигитални тахограф

4. РЕЗУЛТАТ ИСТРАЖИВАЊА

Упоредна анализа добијених података са контролног извјештаја и путних налога је вршена за 20 радних дана, и то у периоду од 23.1.2023. године до 24.2.2023. године. Подаци који су узети у обзир за упоредну анализу су пређена километража, почетно и завршно вријеме вожње возача за сваки радни дан, као и укупна километража. Добијени подаци су приказани у табелама 1 и 2.

Табела 1. Подаци из контролног извјештаја

Датум	Пређени километри (km)	Вријеме поласка (h)	Вријеме доласка (h)
23.1.2023.	571	07:30	21:25
24.1.2023.	636	08:32	22:15
25.1.2023.	223	07:20	16:09
26.1.2023.	303	09:00	18:59
27.1.2023.	199	07:01	20:48
28.1.2023.	11	10:17	10:45
30.1.2023.	36	07:40	13:49
31.2.2023.	125	11:25	19:38
1.2.2023.	467	04:45	17:14
2.2.2023.	174	07:46	17:52
3.2.2023.	165	12:02	18:15
7.2.2023.	507	10:48	00:38
8.2.2023.	17	11:32	13:52
9.2.2023.	0	08:02	08:20
19.2.2023.	229	15:40	00:54
20.2.2023.	596	10:33	23:50
21.2.2023.	308	08:56	18:52
22.2.2023.	41	09:33	22:55
23.2.2023.	431	07:59	19:43
24.2.2023.	157	07:07	18:48
Укупно	**5196**		

У табели 1 су приказани подаци са контролног извјештаја уз помоћ софтвера „TACHOSPEED 2.980“. Горе наведени подаци су добијени очитавањем дигиталног тахографа и картица возача. Укупна километража коју је забиљежио дигитални тахограф и картица возача за период од 20 радних дана је **5196** километара.

У табели 2 су приказани подаци из путних налога ПН-3. Исте је попуњавао возач. Укупна километража уписана од стране возача у путни налог ПН-3 за 20 радних дана је **6060** километара.

На основу претходних табела и добијених података у истим је утврђена битна разлика у укупној километражи, као и у километражи за дане 2.2.2023. и 19.2.2023. године.

Наиме, прегледом путног налога за дан 1.2.2023. године је утрђено да је возач возио на релацији Градишка – Осоппо (Италија) и прешао пут од 467 километара, а повратак из истог града за Градишку извршио наредног дана, односно 2.2.2023. године са пређеном километражом од 473 километра. Увидом у податке из контролног извјештаја за дане 1.2.2023. године и 2.2.2023. године је утврђено, да се километража за 2.2.2023. године не поклапа и иста је за 299 километара мања у односу на уписану километражу у путном налогу. С обзиром да је возач возио на истој релацији, долази се до закључка да је

софтвер „TACHOSPEED 2.980“ направио грешку приликом очитавања картице возача или се грешка догодила у раду дигиталног тахографа.

Грешка, се такође догодила за дан 19.2.2023. године гдје је возач возио на релацији Шипово – Горица и прешао пут уписан у путни налог од 502 километра, а што је за 203 километра више него у контролном извјештају.

Грешка је утврђена јер је возач дана 7.2.2023. године прешао исту релацију од Шипова до Горице, а гдје се утврђена километража за тај дан (507) поклапа у контролном извјештају и путном налогу.

Табела 1. Подаци уписани у путне налоге ПН-3

Датум	Пређени километри (km)	Вријеме поласка (h)	Вријеме доласка (h)
23.1.2023.	580	07:10	21:25
24.1.2023.	790	08:25	22:15
25.1.2023.	223	07:20	16:09
26.1.2023.	304	09:57	19:00
27.1.2023.	199	06:55	20:48
28.1.2023.	11	10:10	10:45
30.1.2023.	36	07:33	13:49
31.2.2023.	125	11:13	19:38
1.2.2023.	467	04:39	17:15
2.2.2023.	473	07:41	17:52
3.2.2023.	165	11:59	18:15
7.2.2023.	507	10:41	00:38
8.2.2023.	17	11:22	13:52
9.2.2023.	0	07:55	08:20
19.2.2023.	502	15:21	00:55
20.2.2023.	724	10:30	23:50
21.2.2023.	308	08:51	18:52
22.2.2023.	41	09:27	22:55
23.2.2023.	431	07:53	19:43
24.2.2023.	157	06:55	18:48
УКУПНО	**6060**		

Битна разлика у пређеној километражи уписаној у путни налог и очитаној помоћу софтвера је утврђена и за дане 24.1.2023. и 20.2.2023. године. Уписана је већа пређена километража у путни налог од стране возача. Узимајући у обзир да се широм свијета догађају крађе горива из теретних возила од стране возача који управљају истим са ралогом можемо посумњати да је возач управо из тог разлога уписао већу километражу, а све ради остваривања профита од продаје горива. Наравно, горе наведене наводе треба испитати на више начина јер је очигледно да и софтвери за очитавање картица возача праве грешке.

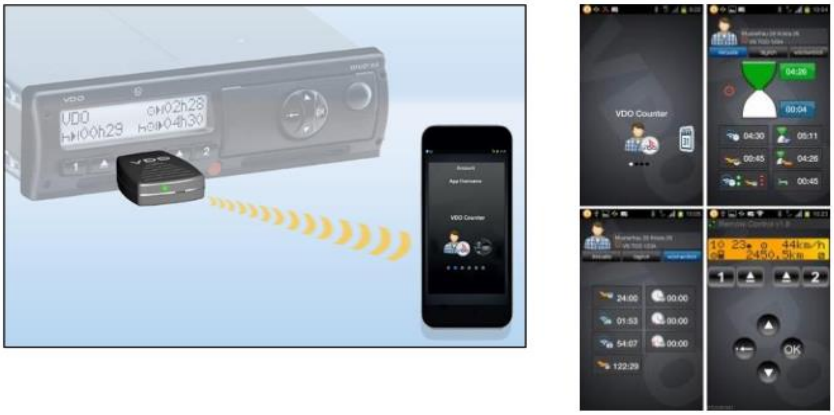
Анализирајући податке везане за радно вијеме возача је утврђено да је у већини случајева вријеме доласка возача уписано у путни налог идентично времену са контролног извјештаја. Међутим, вријеме поласка возача се разликује јер софтвер „TACHOSPEED 2.980“ очитава почетак времена вожње, а не и послове које возач обавља припремајући возило за вожњу.

5. УВОЂЕЊЕ НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Предности увођења паметног дигиталног тахографа се огледа у коришћењем DTCO SmartLink уређаја, а преко Bluetooth везе возач може да види информације на свом паметном телефону као што су преостало вријеме вожње, одмор или пауза на графичком дисплеју, да прикаже све активности са возачке картице и промјени активности на даљину путем даљинског. DTCO SmartLink је повезан са предњим интерфејсом дигиталног тахографа преко 6-пинског интерфејса, (слика 6) и служи искључиво за пружање основних информација како возачима преко VDO Driver апликације тако и шефовима возних паркова предузећа преко DTCO Configuration апликације. Наведена апликација нема приступ бази података Web TIS и не служи за преузимање података са дигиталног тахографског уређаја, нити за пријенос и евидентирање обавеза прописаних Законом.

Предности за предузећа:

1. DLD (енг. Ремоте Довнлоад Девице) технологија бежичног преузимања и преноса шифрованих података из меморије тахографа и картице возача на рачунар предузећа путем WLAN-а или GPRS-а;
2. шефови возних паркова могу самостално да управљају и подешавају тахограф помоћу паметног телефона користећи DTCO Configuration апликацију;
3. самосталан упис државе и регистарског броја возила;
4. предподешавање упозорења о истеку времена непрекидне или дневне вожње;
5. подешавање упозорења о потреби копирања података са картице возача;
6. подешавање упозорења о истеку баждарења тахографа;
7. постављање логотипа предузећа на заглавље сваког исписа;
8. подешавање аутоматских радних активности након заустављања возила и након гашења мотора.



Слика 6. DTCO Smart link i апликација VDO Drive

Предности за возаче:

1. могућност управљања паметним телефоном помоћу апликације VDO Driver;
2. брже уметање и вађење картице из тахографа;
3. пуна функционалност тахографа без давања контакта возила;
4. нема аутоматског захтева за штампање дневних активности возача приликом извлачења картице возача;
5. аутоматски повратак на почетни екран ако се дугме за потврду активности не притисне у року од 60 секунди;
6. нов начин осветљења екрана (инверзни екран);
7. ново упозорење возачу током паузе да му редовна пауза истиче за два минута и да се може припремити за вожњу.

DLD протокол преноса података у потпуности испуњава законску обавезу послодавца да прати радно вријеме мобилних радника, процес преузимања података из меморије и картице возача прати и контролише рачунар корисника, чиме се избегавају људске грешке приликом преноса. Апликација VDO Driver нема приступ бази података Web TIS и не служи за преузимање података са дигиталног тахографског уређаја, нити за пренос и евидентирање обавеза прописаних законом, већ служи возачу и шефу возног парка за пружање основних информација.

6. ЗАКЉУЧАК

Дигитални тахографи су постали неизоставан алат у транспортној индустрији јер омогућавају прецизно праћење вожње и радног времена возача. Они аутоматски снимају податке попут брзине, времена вожње и одмора, пређену километражу и идентификације возача. Ови уређаји пружају потребне информације које се могу користити за побољшање безбједности свих учесника у саобраћају, успостављање усаглашености са прописима и боља ефикасности у управљању возним парком.

Картица возача игра важну улогу у дигиталном тахографу јер повезује возача са уређајем. Картица возача садржи информације о возачевом идентитету, радном времену, квалификацијама и другим

релевантним подацима. Анализа података са картице возача омогућава провјеру усаглашености возача са прописима о радном времену и одмору, као и идентификацију возача у случају контроле од стране инспекција или проблема.

Путни налог ПН-3 је додатни документ који прати транспортну операцију. Исти се обавезно мора налазити у возилу уредно попуњен, потписан и овјерен од стране возача и одговорног лица. Путни налог садржи информације о предузећу, возачу и сувозачу, релацијама, вучном и прикључном возилу, поласку и доласку, пређеној километражи, гориву, мазиву и тд. Упоредна анализа података са дигиталног тахографа, картице возача и путног налога ПН-3 омогућава дубљи увид у вожњу и рад возача, као и усаглашеност са прописима и праћење испуњења транспортних захтева.

На основу упоредне анализе добијених података, могуће је извући неколико закључака. Прво, дигитални тахографи пружају информације о вожњи и радном времену возача, што олакшава усаглашеност са прописима и унапређује безбједност. Друго, картица возача омогућава идентификацију возача и проверу усаглашености са прописима, чиме се спријечава манипулација подацима. Треће, путни налог ПН-3 пружа додатне информације о транспорту и његовом испуњењу.

Укупно гледајући, комбинација анализе података са дигиталног тахографа, картице возача и путног налога ПН-3 омогућава шефовима возних паркова оптимизацији управљања возним парком и спријечавање малверзација од стране возача, односно посаде. Контролним органима омогућава праћење радног времена возача и усаглашености са прописима.

7. ЛИТЕРАТУРА

Вукановић С., Челар Н., "Примена интелигентних транспортних система (ИТС) у управљању саобраћајем на мрежи путева и улица" Пројекат бр15002 МНТР, Србије, 2008.

Гладовић П., Поповић В., & Симеуновић М. (2014). Информациони сиситеми у друмском саобраћају. Факултет техничких наука у Новом Саду.

Драшковић Д. (2017). Интелигентни транспортни системи. Паневропски универзитет „Апеирон" Бања Лука.

Пеулић В., Ранковић Ж., Хаџић Д., Дигитални тахограф и време вожње, 2008, РИЦО Траининг центар, Београд.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

COMPARISON OF ROLLER BRAKING FORCE RESULTS ON THE SAME VEHICLE AT TWO DIFFERENT VEHICLE INSPECTION STATIONS

ПОРЕЂЕЊЕ РЕЗУЛТАТА СИЛА КОЧЕЊА НА ВАЉЦИМА НА ИСТОМ ВОЗИЛУ НА ДВИЈЕ РАЗЛИЧИТЕ СТАНИЦЕ ЗА ТЕХНИЧКИ ПРЕГЛЕД ВОЗИЛА

Đorđe Popović[a], Slaviša Gačić[b], Saša Petrović[b], Adaleta Skula[c]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, djdjpopovic1970@gmail.com*

[b] *Inspectorat of the Republic of Srpska, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, slavisa.gacic86@gmail.com, s.petrovic85@gmail.com*

[c] *Mixed Secondary School Tešanj, Patriotske lige 61, 74260 Tešanj, Bosnia and Herzegovina, adaleta.skula94@gmail.com*

Abstract: *A technical inspection of a vehicle is a process of checking its safety technical correctness and ecological suitability of the vehicle. This inspection includes the examination of key on the vehicle systems and parts such as brakes, lights, tires, engine, and others. Its aim is to ensure that the vehicle meets the technical requirements and is able to participate safely on public roads. The aim of the research was to compare the results of braking forces on the rollers on the same vehicle at two different stations and to statistically analyze the data from the technical inspections of vehicles in the Republic of Srpska.*

Key words: *road safety, vehicle technical reliability, vehicle technical inspection, vehicle, inspection station*

Апстракт*: Технички преглед возила је процес провјеравања безбједности, техничке исправности и еколошке подобности возила. Овај преглед обухвата контролу кључних система и дијелова на возилу, као што су кочнице, свјетла, гуме, мотор и остало. Његов циљ је да се осигура да возило испуњава техничке захтјеве и да је способно да сигурно учествује на јавним путевима. Циљ истраживања је био поређење резултата сила кочења на ваљцима на истом возилу на двије различите станице и статистичка анализа података са техничких прегледа возила у Републици Српској.*

Кључне ријечи: *безбједност саобраћаја, техничка исправност возила, технички преглед возила, возило, станица техничког прегледа*

1. УВОД

У данашњем модерном свијету велику улогу у животу људи имају моторна и прикључна возила свих врста, намјена и димензија. Саобраћај ових возила је од великог значаја у друштвеном, економском, развојном, еколошком и сваком другом сегменту друштва. Међутим, за сигурно и ефикасно кориштење моторних и прикључних возила, од њих се првенствено тражи њихова техничка исправност, која се утврђује на станицама за технички преглед возила. Изглед и садржај опреме и рада станица за технички преглед возила је унифициран, односно врло сличан међу њима, осим што могу постојати разлике само у распореду обавезне опреме и уређаја на свакој појединој станици техничког прегледа.

Технички преглед возила је преглед опреме и уређаја возила који се проводи у циљу утврђивања да ли возило има прописане уређаје и опрему и да ли је у исправном стању, те да ли оно испуњава и друге прописане услове за учешће у саобраћају. Наравно, основни циљ вршења контроле техничке исправности возила је смањење удјела технички неисправних возила у саобраћају, као једног од три

фактора безбједности саобраћаја (пут-возач-возило) и на тај начин повећање опште безбједности саобраћаја. Основни циљ је и задржавање захтјеваних еколошких карактеристика возила које обезбјеђују минималну емисију штетних гасова, а на тај начин и минималну потрошњу горива. Прописана обавеза обављања техничког прегледа возила обезбјеђује заштиту учесника у саобраћају од повећаног узроковања саобраћајних незгода технички неисправних возила. Ова превентивна мјера може да обезбједи ту заштиту само ако се технички прегледи обављају квалитетно и ако се возила од стране власника, односно корисника одржавају у складу са режимом експолатације и инструкцијама произвођача у овлаштеним сервисним радионицама. Станице које обављају редовне техничке прегледе обављају и ванредне прегледе возила чији се преглед тражи ради утврђивања техничке исправности возила или појединих уређаја (кочница, свјетала и др.) по налогу суда, саобраћајне инспекције или МУП-а. Да би се моторна и прикључна возила задржала у безбједном и еколошки прихватљивом стању потребно их је одржавати на одговарајући начин спроводећи периодичне контроле и поправке. Како се возила различито користе и различити возачи имају другачије представе о безбједности и одржавању возила, свака држава је морала наћи начин како да се уведе ред у ту област.

Технички прегледи возила обављају се на основу Закона о основама безбједности саобраћаја на путевима у Босни и Херцеговини, Правилника о техничким прегледима возила и Упутством о временским нормативима за техничке прегледе појединих врста возила. Правилник о техничким прегледима је прописао минималне услове у погледу објекта, опреме и кадрова које морају испуњавати организације удруженог рада и друге организације за вршење техничког прегледа возила као и начин вршења техничког прегледа возила, а Упутство о временским нормативима за техничке прегледе појединих врста возила је прописало ефективно радно вријеме за обављање одређене радне операције изражено у минутама.

2. МЕТОДА ИСТРАЖИВАЊА

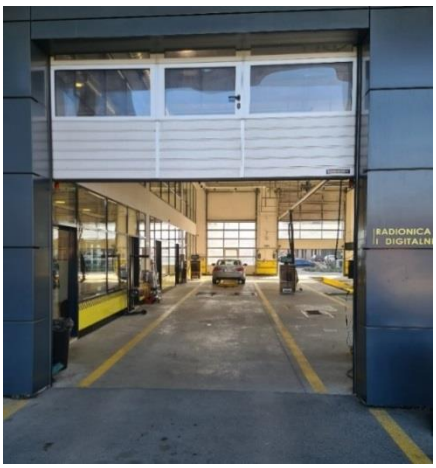
Предемт истраживања је поређење добијених резултата сила кочења на ваљцима на истом возилу на двије различите станице за технички преглед возила. Радили смо поређење на возилу марке „LADA“, модела „VESTA“ на станицама за технички преглед возила „BRČKO GAS“ д.о.о. и „AGRAM“ д.д. Горе наведене станице посједују опрему, односно ваљке за испитивање сила кочења на лаким возилима до 3.5 тоне. Циљ истраживања је утврђивање разлике добијених резултата сила кочења између горе наведених станица за технички преглед возила.

3. ПОРЕЂЕЊЕ РЕЗУЛТАТА СИЛА КОЧЕЊА НА ВАЉЦИМА НА ИСТОМ ВОЗИЛУ НА ДВИЈЕ РАЗЛИЧИТЕ СТАНИЦЕ ЗА ТЕХНИЧКИ ПРЕГЛЕД ВОЗИЛА

Мјерења за потребе овог научно-истраживачког рада су направљена на станицама за технички преглед возила, и то:

- „BRČKO GAS“ д.о.о. Бања Лука, Булевар војводе Степе Степановића 185, Бања Лука,
- „AGRAM“ д.д. Бања Лука, Булевар Српске Војске 17, Бања Лука.

Слика 1. Станица техничког прегледа возила „BRČKO GAS“ д.о.о. Бања Лука

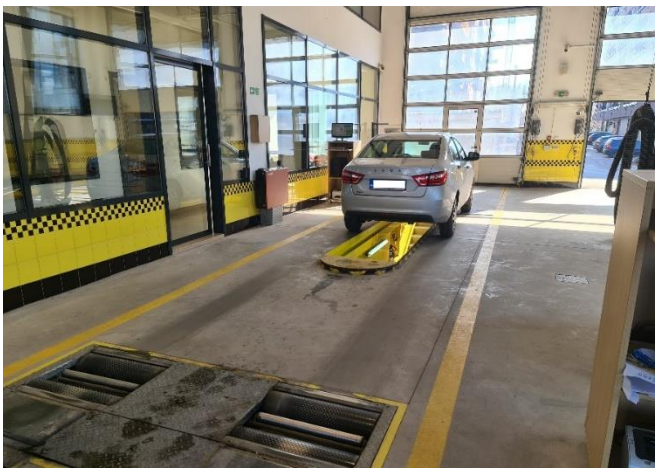


Слика 2. Станица техничког прегледа возила „AGRAM“ д.д.. Бања Лука

Станица техничког прегледа возила „BRČKO GAS“ д.о.о. Бања Лука има рјешење од Министарства саобраћаја и веза за вршење техничких прегледа лаких возила у једној смјени, а станица „AGRAM“ д.д. Бања Лука за вршење техничких прегледа лаких и тешких возила на двије технолошке линије у двије смјене.

Станица техничког прегледа возила „BRČKO GAS“ д.о.о. Бања Лука на којој су вршена мјерења сила кочења на ваљцима користи опрему од произвођача „HOFMANN“, а станица „AGRAM“ д.д. Бања Лука опрему произвођача „CARTEC“. Наведене опреме су намјењене за испитивање лаких возила до 3.5 тоне.

Слика 3. Опрема на станици техничког прегледа возила „BRČKO GAS“ д.о.о. Бања Лука



Слика 4. Опрема на станици техничког прегледа возила „AGRAM“ д.д. Бања Лука

3.1. Поступак мјерења сила кочења на ваљцима и резултати мјерења

Прије самог поступка мјерења силе кочења потребно је визуелно прегледати све могуће елементе кочионог система. Затим се возило навезе на ваљке и започиње са мјерење. Прво се мјере силе кочења за сваки точак посебно на предњој осовини, затим се мјере силе кочења на задњој осовини и на крају се мјере силе кочења ручне, односно помоћне кочнице. Код неких возила и опреме након мјерења сила кочења предње осовине мјере се силе кочења ручне кочнице, а затим силе кочења на задњој осовини.

Када се возило навезе на ваљке и исти се покрену, потребно је прво изравнати возило, а након тога мјерење се врши континуираним притиском на педалу кочнице како би се постигла највећа сила кочења. Приликом притиска на педалу кочнице треба пазити да се педала не притисне већом силом од прописане, посебно при мјерењу силе кочења задње осовине.

Приликом кочења сила на једном точку може бити већа од силе на другом, те је при кочењу потребно држати волан, што не значи да су кочнице неисправне, јер и при малим разликама у сили кочења возило се на ваљцима може заносити. Приликом мјерења силе кочења, педалу кочнице треба притиснути до силе блокирања точка или до максималне силе кочења која је прописана притиском на динамометар.

Када се предњи точкови блокирају, постоји велика вероватноћа да ће возило бити избачено из ваљака уназад. Ово се дешава зато што кочнице задње осовине нису биле активиране док је предња осовина била закључана. То не значи да су кочнице неисправне, али је произвођач подесио кочнице тако да кочнице задње осовине коче знатно мањим интензитетом од кочница предње осовине.

Слика 5. Изглед ваљака за мјерење сила кочења

У табелама 1. и 2. су приказани резултати сила кочења на ваљцима за исто возило на двије различите станице.

Табела 1. Резултати испитивања сила кочења на станици техничког прегледа возила „BRČKO GAS“ д.о.о. Б. Лука

	Радна кочница		Помоћна кочница	
	1. осовина	2. осовина	1. осовина	2. осовина
Сила кочења десно (N)	2280	1480	0	1240
Сила кочења лијево (N)	2040	1600	0	1320
Разлика сила кочења (%)	**16**	**21**	0	**12**
Макисмална разлика силе кочења (%)	**25**		0	**30**
Укупни коефицијент кочења за радну кочницу (%)	**61**		0	**21**

Табела 2. Резултати испитивања сила кочења на станици техничког прегледа возила „AGRAM“ д.д. Б. Лука

	Радна кочница		Помоћна кочница	
	1. осовина	2. осовина	1. осовина	2. осовина
Сила кочења десно (N)	2213	1522	0	1240
Сила кочења лијево (N)	2054	1597	0	1192
Разлика сила кочења (%)	7	5	0	**18**
Макисмална разлика силе кочења (%)	**25**		0	**30**
Укупни коефицијент кочења за радну кочницу (%)	**59**		0	**20**

3.2. Поређење добијених резултата на станицама техничког прегледа возила

У табелама 1. и 2. приказане су вриједности кочионих сила радне и помоћне кочнице за возило марке „LADA“, модел „VESTA“ добијених на горе наведеним станицама за технички преглед возила. Евидентно је да постоји разлика између измјерених сила кочења радне и помоћне кочнице као и укупног коефицијента за радну и помоћну кочницу, али су исте у дозвољеним границама прописаним Правилником о димензијама, укупној маси и осовинском оптерећењу возила, о уређајима и опреми коју морају имати возила и о основним условима које морају испуњавати уређаји и опрема у саобраћају на путевима.

У обзир се мора узети да је тачност резултата испитивања силе кочења на различитим станицама релативна, јер зависи од стања опреме, стручне оспособљености и радног искуства контролора који врше испитивање сила кочења на ваљцима.

4. ЗАКЉУЧАК

Мјерења која се проводе на станицама за технички преглед возила су најважније радње како би се утврдило да ли је возило технички исправно и задовољава ли потребне услове који су прописани законима и подзаконским актима. Рад и надзор над радом станица за технички преглед возила је од пресудне важности за цјелокупно друштво и за безбједност свих учесника у друмском саобраћају, јер технички неисправно возило узрокује разне и бројне посљедице по човјека.

Коришћењем ваљака различитих произвођача за испитивање сила кочења на возлима на двије различите станице за технички преглед возила је показало да се резултати разликују између те двије станице. Возило је задовољило услове у обе станице, а добијене вриједности испитивања су у дозвољеним границама прописаним Правилником о димензијама, укупној маси и осовинском оптерећењу возила, о уређајима и опреми коју морају имати возила и о основним условима које морају испуњавати уређаји и опрема у саобраћају на путевима.

Да би се повећала безбједност у саобраћају, потребно је провести више мјера, код којих је циљ отклањање, односно смањење опасности. Једна од тих мјера је повећати мјере контроле техничке исправности моторних возила. Осим повећања контроле над возилима потребно је увести већу контролу и над особљем које врше преглед и утврђују техничку исправност моторних возила у станицама за технички преглед. Ово су само неке од мјера које би требало предузети како би постигли што бољу сигурност и поузданост у саобраћају на путевима.

5. ЛИТЕРАТУРА

Ахмић, А.: Критичка анализа рада система техничког прегледа возила у функцији јачања сигурности саобраћаја, IX међународно стручно савјетовање "Технички прегледи 2009", Јахорина, 2009.

Драгач, Р., Ђурић, Т.: Технички прегледи моторних и прикључних возила у функцији контроле и безбједности саобраћаја, III Међународни научно стручни скуп "Саобраћај за нови миленијум" Бањалука 2007

Ђурић, Т., Поповић, Ђ., Ђукић, Б. и Гојковић, П.: Начин обављања техничког прегледа возила у станици техничког прегледа, Стручни скуп „Технички прегледи Републике Српске 2012", Теслић 2012.

Милашиновић, А., Ковачевић, Д.: Технологија техничког прегледа возила, Приручик за возитеље и контролоре, Саобраћајни факултет Добој, 2010.

Талијан, Д., Мишић Д.: Контрола уређаја и опреме на техничким прегледима, Билтен,Машински факултет, Бања Лука, 2010.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

THE CHOICE OF TYRES AS A SAFETY FACTOR IN TERMS OF ACTUAL AND DISPLAYED SPEED

IZBOR PNEUMATIKA KAO FAKTOR BEZBJEDNOSTI S ASPEKTA STVARNE I PRIKAZANE BRZINE

Sanja Rakić[a], Zoran Ristikić[b], Miroslav Pavlović[b], Miloš Ninković[a]

[a] *Bosnia and Herzegovina, rakicsanja04@gmail.com*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, zoran.ristikic@sf.ues.rs.ba, miroslav.pavlovic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *Tyres are one of the key factors in the active safety of a vehicle, and the choice of prescribed tyres is of great importance for the proper functioning of other vehicle systems and subsystems. Considering the known techniques for measuring and displaying vehicle speed, it is obvious that a change in tyre pressure will lead to a change in the dynamic radius of the wheel, which has an impact on the relationship between the actual and displayed vehicle speed. Using precise laboratory measuring devices, measurements were made of the deviation of the displayed speed in relation to the actual one, as well as the change in speed with the change in tyre pressure. Tests of vehicles, fitted with prescribed tyres, showed that the displayed speed is higher than the actual speed, which is in accordance with ECE regulations. The research led to the conclusion that with a change in speed there is also a change in the dynamic radius of the wheel, which legality of change needs to be further investigated. From the aspect of traffic safety, great importance should be attached to the dimensions of the tyre, i.e. their compatibility with the given vehicle, because they directly affect the driver in terms of the displayed and actual vehicle speed.*

Key words: *vehicle, tyre pressure, chassis dynamometer*

Apstrakt: *Pneumatici su jedni od ključnih faktora aktivne bezbjednosti vozila i sam izbor propisanih pneumatika je od velikog značaja za pravilno funkcionisanje ostalih sistema i podsistema vozila. S obzirom na poznate tehnike mjerenja i prikazivanja brzine kretanja vozila očigledno je da će promjena pritiska u pneumaticima dovesti do promjene dinamičkog poluprečnika točka, a što ima za posljedicu uticaj na odnos stvarne i prikazane brzine kretanja vozila. Pomoću preciznih laboratorijskih mjernih uređaja vršena su mjerenja odstupanja prikazane brzine u odnosu na stvarnu, kao i promjena brzine s promjenom pritiska u pneumaticima. Ispitivanja vozila, na kojima su bili postavljeni propisani pneumatici, su pokazala da je prikazana brzina veća u odnosu na stvarnu, što je u skladu sa ECE propisima. Istraživanjem se došlo do zaključka da sa promjenom brzine dolazi i do promjene dinamičkog poluprečnika točka, čiju je zakonitost promjene potrebno dalje ispitati. S apekta bezbjednosti saobraćaja veliki značaj treba se pridati dimenzijama pneumatika, odnosno njihovoj usklađenosti sa datim vozilom, jer oni direktno utiču na vozača u pogledu prikazane i stvarne brzine kretanja vozila.*

Ključne riječi: *vozilo, pritisak u pneumaticima, šasijski dinamometar*

1. UVOD

Danas je gotovo nemoguće zamisliti život bez motornih vozila koja se koriste u različite svrhe u zavisnosti od njihovih eksploatacionih karakteristika. Kod izbora vozila za određenu namjenu se vodi računa o njihovim karakteristikama kao što su snaga, vučna sila, brzina, nosivost, broj mjesta za sjedenje, dimenzije, prilagođenost eksploatacionim uslovima, pouzdanost, vijek trajanja i slično.

Velikom broju stanovnika je omogućeno da budu direktni korisnici motornih vozila, tj. vozači. Pored ovih korisnika postoje i indirektni korisnici motornih vozila, tj. putnici. Globalno posmatrajući, svi stanovnici planete su učesnici u saobraćaju, bilo kao vozači, putnici, biciklisti, pješaci i slično, i samim tim su izloženi rizicima koje saobraćaj sa sobom nosi. Saobraćaj u svijetu je već dugi niz godina prepoznat kao vodeći uzrok smrtnosti, kao posljedice saobraćajnih nezgoda. Pored velikog broja smrtno nastradalih, kao i onih sa težim i lakšim tjelesnim povredama, saobraćajne nezgode sa sobom donose i velike materijalne gubitke. Uzrok najvećeg broja saobraćajnih nezgoda je neprilagođena brzina.

U okviru ovog rada govoriće se o brzini kao jednoj od osnovnih performansi vozila, te izboru pneumatika i uticaju njegovih faktora na stvarnu i prikazanu brzinu kretanja vozila. Takođe, biće prikazane osnovne karakteristike pneumatika, kako i na koji način se prikazuje brzina kretanja vozila vozaču i koji su to presudni parametri kada je u pitanju izbor odgovarajućih pneumatika za određeno vozilo.

Ispitivanje brzine kretanja vozila se može uraditi na dva načina: eksperimentalno ili izračunavanjem. Kada se vrše eksperimentalna istraživanja vozila se mogu ispitivati na putu, kada su uslovi bliski eksploatacionim, ili u posebnim laboratorijama koje su za to namijenjene (stacionarna ispitivanja). Za potrebe istraživanja koristila su se stacionarna ispitivanja primjenom šasijskog dinamometra, kao i uticaj promjene pritiska u pneumaticima na prikazanu brzinu kretanja vozila.

2. METODE

Predmet istraživanja rada zasnovan je na ispitivanju odnosa stvarne i prikazane brzine kretanja vozila. Poseban značaj u ispitivanju ovog odnosa je pridan pneumatiku, a takođe će se uzeti u obzir i pritisak u pneumatiku kao jedan od faktora koji može da utiče na dinamički poluprečnik točka, a samim tim i na odnos prikazane i stvarne brzine kretanja vozila.

Istraživanja za potrebe rada su sprovedena u Tehničko – laboratorijskom centru Saobraćajnog fakulteta Doboj primjenom šasijskog dinamometra *AVL Roadsim Chassis Dyno 48“ 4WD MiM* u periodu od 20.05.2022. do 15.06.2022. godine. Ispitivanja su vršena na tri vozila marke Škoda Octavia.

Cilj istraživanja je bio usmjeren na laboratorijsko ispitivanje brzine kretanja vozila, kao i provjeru postojanja uticaja promjene pritiska u pneumaticima na odnos stvarne i prikazane brzine kretanja. Takođe, jedan od ciljeva je bio i tumačenje rezultata laboratorijskih ispitivanja.

Za potrebe izrade rada su primijenjene poznate i opšteprihvaćene metode naučnog saznanja kao što su:

- eksperimentalna metoda – ispitivanje brzine kretanja vozila na šasijskom dinamometru,
- komparativna metoda – poređenje rezultata,
- numerička metoda – obrada dobijenih rezultata istraživanja.

Nedostatak u istraživanju je bio što se prikazana brzina kretanja vozila očitavala sa digitalnog pokazivača u vozilu koji radi na principu cijelih brojeva, a ne sa decimalama koje daju dosta preciznije podatke.

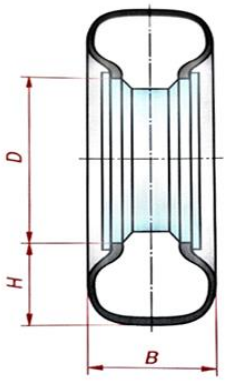
3. PNEUMATICI

Pneumatik („guma“) predstavlja elastični dio ispunjen vazduhom čija je uloga veoma kompleksna, a osnovna mu je funkcija da povezuje vozilo sa podlogom, u čemu se i ogleda njegov veliki značaj za bezbjednost saobraćaja. Pneumatik se u dodiru sa podlogom deformiše, ali isto tako mora da se vrati i u prvobitno stanje. Osnovni zadatak pneumatika jeste da obezbijedi dobro prianjanje i prenos sila (pogonskih, bočnih i kočionih), kao i što manji otpor kotrljanja, dobro prigušivanje vibracija, uz što veću trajnost, da ima sposobnost amortizacije udara, nošenja tereta, prenos upravljanja, itd. Sve to se postiže odgovarajućom strukturom pneumatika, izborom dimenzija, materijala, profila i dr. U dobrim uslovima većina pneumatika funkcioniše dobro, međutim, razlika se najviše uočava u teškim uslovima.

Na pneumatik djeluju tri osnovne sile: vertikalna, tangentna (koja djeluje u pravcu kretanja pneumatika) i bočna sila. Ako se uzme u obzir da na brzinu kretanja vozila utiče dinamički poluprečnik točka, koji će biti objašnjen u nastavku rada, bitno je navesti i karakteristike pneumatika, kao i neke faktore koji utiču na dinamički poluprečnik, a samim tim i na stvarnu i prikazanu brzinu kretanja vozila, kao što su: dimenzije pneumatika, pritisak u pneumaticima, istrošenost, elastičnost, temperatura i drugo.

3.1. Dimenzije i oznake pneumatika

Izbor pneumatika je prvenstveno uslovljen oznakama, odnosno dimenzijama naplatka. Dimenzije pneumatika definisane su s dvije mjere: širinom pneumatika (B) i nazivnim prečnikom naplatka (D). Ove dvije mjere se daju za neopterećene pneumatike pod nazivnim pritiskom. Nazivni odnos oblika predstavlja odnos visine (H) i širine (B) pneumatika izražene u procentima (slika 1) (Milašinović i Knežević, 2010).



Slika 1. Dimenzije pneumatika (Milašinović i Knežević, 2010)

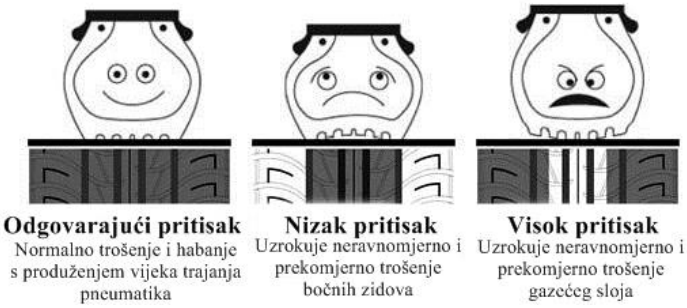
Primjer dimenzije pneumatika koji se može naći na evropskom tržištu je npr. 205/55 R16 91H XL, gdje:

- 205 – označava širinu pneumatika u milimetrima,
- 55 – označava postotak visine naspram širine pneumatika,
- R – je pneumatik radijalni (današnji standard),
- 16 – označava prečnik naplatka u inčima (“),
- 91 – označava indeks nosivosti,
- H – označava indeks brzine i
- XL – oznaka „extra load“, pneumatik je pojačan i ima veću nosivost.

3.2. Istrošenost i pritisak u pneumaticima

Gazeći sloj je jedini dio pneumatika koji obezbjeđuje prianjanje za podlogu pa je visina profila gazećeg sloja ključna za bezbjednost vožnje. Ukoliko se vozi sa istrošenim pneumaticima, povećava se šansa za pucanje pneumatika i smanjuje se sposobnost vožnje po klizavom kolovozu ili u zimskim uslovima.

Pritisak u pneumaticima je veoma bitan faktor za bezbjednu vožnju. Neispravan pritisak u pneumaticima može uticati na upravljanje, skretanje, kočenje i brzinu kretanja vozila. Isto tako utiče i na povećanu potrošnju goriva, kao i bržu i neravnomjernu istrošenost pneumatika, što je prikazano na slici 2.



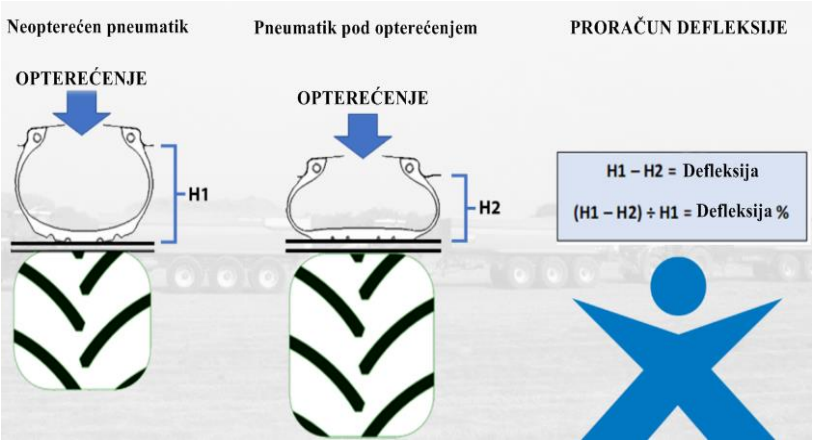
Slika 2. Posljedice pritiska i istrošenost pneumatika

Svaki proizvođač definiše za određeno vozilo dimenzije pneumatika i naplatka koji se ugrađuju na dato vozilo. Pored ovih dimenzija, takođe se definišu i propisani pritisci za pneumatike na pojedinim osovinama u zavisnosti od opterećenja.

3.3. Defleksija i dinamički poluprečnik točka

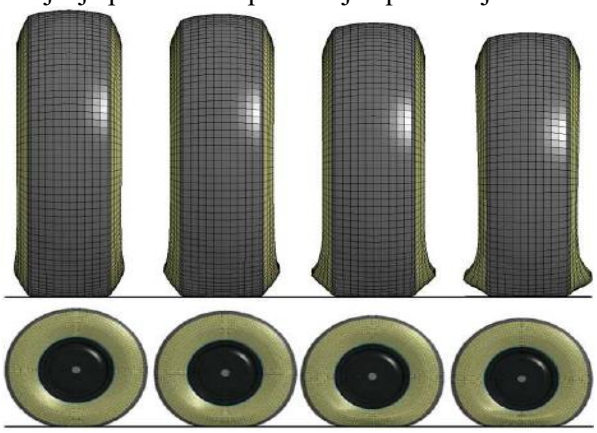
Defleksija pneumatika je vrlo važna zato što utiče na dinamički poluprečnik točka, a samim tim i na bezbjednost saobraćaja zbog odnosa stvarne i prikazane brzine kretanja vozila.

Defleksija pneumatika je količina „izbočenja“ koju pneumatik spušta pod opterećenjem kako se težina ili obrtni moment primjenjuje na površinu od strane osovine vozila. Defleksija je izračunata razlika u visini između visine presjeka „neopterećenog ili slobodnog“ pneumatika i visine presjeka pneumatika „pod opterećenjem“ koja se normalno mjeri od lica gazećeg sloja/ramena do prirubnice naplatka. Količina ili procenat defleksije je razlika između dvije visine, čiji je proračun prikazan na slici 3.



Slika 3. Proračun defleksije

Na slici 4 prikazana je defleksija pneumatika počevši od propisanog pritiska i normalnog opterećenja do maksimalne defleksije usljed smanjenja pritiska i/ili povećanja opterećenja.



Slika 4. Defleksija pneumatika (https://www.researchgate.net/figure/Tire-deflection-from-the-beginning-of-the-test-to-maximum-deformation-presented-in-two_fig5_268293803, 26.05.2023.)

Kretanje gotovo svih motornih vozila zasniva se na kotrljanju točkova, kao jedne od izvedbi, dok su gusjenice druga izvedba. Na vozilo djeluju različite sile, pa se tako u toku eksploatacije mijenja poluprečnik kotrljanja točka.

Razlikuju se: kinematski (slobodan ili neopterećen točak), statički i dinamički poluprečnik. Kinematski poluprečnik točka (r_0) je poluprečnik nedeformabilnog točka koji se kotrlja, a ima istu linearnu i ugaonu brzinu. Statički poluprečnik točka (r_s) je poluprečnik opterećenog točka (vertikalno opterećenje) koji se nalazi u stanju mirovanja i predstavlja rastojanje između nepokretne ose točka i podloge. Veličina r_s zavisi od dimenzija pneumatika, vertikalnog opterećenja i unutrašnjeg pritiska. Dinamički poluprečnik točka (r_d) je rastojanje između ose točka i podloge po kojoj se točak kotrlja. On se povećava sa smanjenjem vertikalnog opterećenja i povećanjem pritiska vazduha u njemu. Pri povećanju brzine kretanja vozila pod dejstvom centrifugalnih sila, pneumatik se rasteže u radijalnom pravcu usljed čega dolazi do povećanja r_d. Dinamički poluprečnik točka je izuzetno važan parametar za dinamiku vozila, kao i za rad bezbjednosnih sistema kao što su ESP, ABS, itd.

Dinamički poluprečnik može se odrediti na osnovu izraza kojeg je razvio Rill:

$$r_d = \frac{2}{3} \cdot r_0 + \frac{1}{3} \cdot r_s \qquad (1)$$

Statički poluprečnik se može odrediti na osnovu poluprečnika neopterećenog točka (r_0) i vertikalne deformacije pneumatika, uz uslov da je poznato vertikalno opterećenje točka ($F_Z=m\cdot g$) i radijalna krutost (C_Z), što je predstavljeno pomoću sljedećeg izraza:

$$r_s = r_0 - \frac{F_z}{C_z} = r_0 - \frac{m \cdot g}{C_z} \quad (2)$$

4. NAČIN MJERENJA I PRIKAZIVANJA BRZINE KRETANJA VOZILA

Prema Pravilniku ECE R39 Ujedinjenih nacija (UN/ECE) i odredbama za homologaciju vozila s obzirom na uređaj za pokazivanje brzine, uključujući i njegovu ugradnju, propisane su, između ostalog, i određene specifikacije kada su u pitanju uređaji za mjerenje brzine kretanja vozila, kao i uslovi koje svako vozilo mora da zadovolji. Jedna od tih odredbi odnosi se na odnos između stvarne (V2) i prikazane (V1) brzine kretanja vozila čiji odnos mora biti u granicama $0 \leq (V1 - V2) \leq 0{,}1 \cdot V2 + 4$ [km/h].

Kada se vozilo proizvede, odnosno, kada izađe iz fabrike, njegov brzinomjer je kalibrisan prema dimenzijama njegovih pneumatika. Ukoliko se na vozilo postave pneumatici drugačijih dimenzija od onih koje je proizvođač propisao, može doći do promjene čitavog niza stvari, od brzine koja se prikazuje do pređenih kilometara, te rada raznih elektronskih sistema za pomoć u vožnji.

Postoji više načina mjerenja brzine kretanja vozila, ali se svi svode na brzinu okretanja točkova. Kod savremenih vozila brzina okretanja se mjeri pomoću senzora ABS – a, dok kod starijih taj senzor može da bude na diferencijalu, koji je jednom sajlom povezan sa brzinomjerom. I u jednom i u drugom slučaju, mjeri se brzina okretanja točkova. Zbog toga je veoma važan obim točka, odnosno obim pneumatika, jer što je obim pneumatika veći, točak će jednim punim obrtajem preći veći put.

U zavisnosti od načina mjerenja i prikazivanja brzine kretanja vozila vozaču, ovi sistemi se mogu podijeliti na: mehaničke, elektromehaničke i elektronske.

5. POSTUPAK I REZULTATI ISPITIVANJA

Za sprovedeno ispitivanje je primjenom šasijskog dinamometra *AVL Roadsim Chassis Dyno 48“ 4WD MiM* vršeno mjerenje stvarne i brzine koja se prikazuje na instrumental tabli vozaču. Ispitivanja su vršena na tri vozila marke Škoda Octavia 2014. godište, sa pogonskim agregatima 2.0 od 110 [kW]. Ovdje je bitno napomenuti da su ispitna vozila bila opremljena Continental – ovim pneumaticima dimenzija 205/55 R16. Ispitivanje se sastojalo od dvije faze, gdje su u prvoj fazi vozila testirana sa propisanim pritiskom u pneumaticima, dok je u drugoj fazi ispitivanja pritisak smanjen na 1,5 [bar].

Prvi dio ispitivanja je imao za cilj da se izmjeri prikazana brzina kretanja vozila u odnosu na stvarnu brzinu kojom se vozilo kreće pri brzinama od 0 do 200 [km/h] sa korakom od 10 [km/h]. Stvarna brzina kretanja vozila je mjerena pomoću šasijskog dinamometra *AVL Roadsim Chassis Dyno 48“ 4WD MiM* čija se preciznost u mjerenju brzine kreće u granicama tolerancije od ≤ 0,02 [km/h], dok je tolerancija kontrole brzine kretanja ≤ 0,03 [km/h]. Prikazana brzina kretanja vozila je vizuelno očitavana sa instrumental table sa digitalnog pokazivača. Tokom ovih mjerenja za kretanje vozila nije korišten pogonski agregat vozila, nego je vozilo pokretano pomoću šasijskog dinamometra. Brzine kretanja za posmatrane tačke (brzine) kontrolisao je sam dinamometar, pri čemu je on takođe vršio i ubrzanja između ovih tačaka.

Za razliku od prvog dijela, u drugom dijelu ispitivanja je izvršena promjena pritiska u pneumaticima. Promjena je izvršena tako što je pritisak smanjen na vrijednost od 1,5 [bar]. Ovo je imalo za cilj da se utvrdi da li se sa promjenom pritiska u pneumaticima mijenja i sam dinamički poluprečnik točka. S obzirom na način mjerenja prikazane brzine kretanja vozila promjena dinamičkog poluprečnika točka dovodi i do promjene prikazane brzine kretanja vozila u odnosu na stvarnu brzinu.

Tokom ispitivanja došlo se do rezultata mjerenja koja su podijeljena u dva dijela. U prvom dijelu ispitivanja dobijeni su podaci o prikazanoj brzini kretanja na instrumental tabli u odnosu na stvarnu brzinu kretanja vozila pri propisanom pritisku u pneumaticima. Ovdje je bitno napomenuti da su za sva tri testirana vozila dobijene iste vrijednosti prikazane brzine kretanja vozila u odnosu na stvarnu brzinu, što je prikazano u tabeli 1.

Tabela 1. Vrijednosti stvarne i prikazane brzine kretanja vozila pri propisanom pritisku u pneumaticima

Posmatrana tačka	Stvarna brzina vozila	Prikazana brzina vozila
1	10	11
2	20	21
3	30	32
4	40	43
5	50	53
6	60	64
7	70	75
8	80	85
9	90	96
10	100	107
11	110	117
12	120	128
13	130	138
14	140	149
15	150	159
16	160	170
17	170	180
18	180	190
19	190	201
20	200	211

Tabela 2. Vrijednosti stvarne i prikazane brzine kretanja vozila pri smanjenom pritisku u pneumaticima

Posmatrana tačka	Stvarna brzina vozila	Prikazana brzina vozila
1	10	11
2	20	21
3	30	32
4	40	43
5	50	54
6	60	64
7	70	75
8	80	86
9	90	96
10	100	107
11	110	118
12	120	128
13	130	139
14	140	150
15	150	160
16	160	171
17	170	181
18	180	192
19	190	203
20	200	213

Nakon što su izvršena ispitivanja sa propisanim pritiskom u pneumaticima, pritisak je smanjen na vrijednost od 1,5 [bar], zatim su ponovljena mjerenja, pri čemu su posmatrane iste tačke. Prilikom ovih mjerenja se takođe došlo do podataka o prikazanoj brzini kretanja vozila na instrumental tabli u odnosu na stvarnu brzinu kretanja. Kao i kod prve faze ispitivanja, i u drugoj fazi su za sva tri vozila dobijeni isti rezultati koji su prikazani u tabeli 2.

6. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Na osnovu podataka dobijenih u tabeli 1 može se uočiti da je prikazana brzina kretanja vozila veća u odnosu na stvarnu brzinu. S obzirom da je Pravilnikom ECE R39 propisano da mjerni uređaj u vozilu mora prikazivati brzinu nešto veću u odnosu na stvarnu, ova mjerenja potvrđuju da je na ispitanim vozilima uređaj za mjerenje i prikazivanje brzine ispravan. Dobijeni rezultati mjerenja su podvrgnuti daljnjoj obradi te je dobijen grafik zavisnosti prikazane brzine kretanja vozila u odnosu na stvarnu brzinu (grafik 1).

Grafik 1. Stvarna i prikazana brzina kretanja vozila pri propisanom pritisku u pneumaticima

Sa grafika 1 uočava se da je zavisnost prikazane brzine kretanja vozila u odnosu na stvarnu približno linearna. Nakon matematičke obrade ove linije u Excel – u dobijena je njena zavisnost koja se ponaša po funkciji:

$$y = -0{,}0001 \cdot x^2 + 1{,}0802 \cdot x - 0{,}2526 \quad (3)$$

$$R^2 = 1 \quad (4)$$

gdje je:

- *y* – prikazana brzina kretanja vozila,
- *x* – stvarna brzina kretanja vozila i
- R^2 – tačnost funkcije.

Daljnjom obradom dobijenih rezultata može se primijetiti da je procenat odstupanja prikazane brzine u odnosu na stvarnu brzinu pri manjim brzinama nešto veći i iznosi oko 6%. Sa povećanjem brzine dolazi do smanjenja ovog procenta, i on pri brzinama od 200 [km/h] iznosi oko 5%. S obzirom na tehnologiju mjerenja i prikazivanja brzine kretanja u vozilu, teoretski bi ova zavisnost trebala da se ponaša linearno. Razlog nelinearnosti funkcije može se tražiti u promjeni dinamičkog poluprečnika točka sa promjenom brzine, kao i djelimično u načinu očitavanja prikazane brzine kretanja vozila.

Obradom podataka iz tabele 2 koji se odonse na mjerenja sa smanjenim pritiskom u pneumaticima može se uočiti da je prikazana brzina kretanja vozila takođe veća u odnosu na stvarnu brzinu. Ova odstupanja su nešto veća u odnosu na odstupanja sa propisanim pritiskom u pneumaticima. Dobijeni rezultati mjerenja iz tabele 2 su podvrgnuti daljnjoj obradi, te je dobijen grafik zavisnosti prikazane brzine kretanja vozila u odnosu na stvarnu brzinu sa smanjenim pritiskom u pneumaticima (grafik 2).

Grafik 2. Stvarna i prikazana brzina kretanja vozila pri smanjenom pritisku u pneumaticima

Analizom dobijenih rezultata iz tabele 2 i sa grafika 2 može se zaključiti da je promjena pritiska u pneumaticima, odnosno njegovo smanjenje, dovelo do toga da se vozaču daje informacija da se kreće nešto većom brzinom u odnosu na brzinu kretanja sa propisanim pritiskom u pneumaticima. Osnovni razlog ove pojave leži u tome što se sa smanjenjem pritiska u pneumaticima smanjuje i dinamički poluprečnik točka.

7. ZAKLJUČAK

Saobraćaj koji se danas poznaje i vozila u njemu su nezamislivi bez kontrole brzine. Gotovo svi putevi svijeta po kojima se vozila kreću su regulisani zakonskim ograničenjima o dozvoljenim brzinama kretanja vozila po njima. Iz tog razloga danas sva vozila moraju imati interne mjerne uređaje za mjerenje i prikazivanje brzine kretanja vozila vozaču što je definisano Pravilnikom ECE R39. Postojanje i ispravnost ovih uređaja je prvenstveno najvažnija iz bezbjednosnih razloga. Od pravilnog rada ovih urađaja zavisi brzina kretanja vozila i sama bezbjednost cjelokupnog saobraćaja.

Na osnovu sprovedenog ispitivanja u laboratorijskim uslovima na šasijskom dinamometru *AVL Roadsim Chassis Dyno 48" 4WD MiM* potvrđena je ispravnost mjernih uređaja u ispitanim vozilima Škoda Octavia za mjerenje i prikazivanje brzine vozila vozaču.

Ovim ispitivanjima došlo se do rezultata da je pri propisanom pritisku u pneumaticima, u opsegu od minimalne do maksimalne brzine, stvarna brzina uvijek manja od prikazane brzine kretanja vozila. Nakon obrade rezultata dobijenih ispitivanjem primjećuje se da je procenat odstupanja prikazane brzine u odnosu na stvarnu brzinu pri

manjim brzinama nešto veći i iznosi oko 6%. Sa povećanjem brzine dolazi do smanjenja ovog procenta, i on pri brzinama od 200 [km/h] iznosi oko 5%.

S obzirom na tehnologiju mjerenja i prikazivanja brzine kretanja u vozilu, teoretski bi ova zavisnost trebala da se ponaša linearno. Razlog nelinearnosti funkcije može se tražiti u promjeni dinamičkog poluprečnika točka sa promjenom brzine, kao i djelimično u načinu očitavanja prikazane brzine kretanja vozila. Uticaj pneumatika na brzinu kretanja vozila je višestruk, i ogleda se u samoj njegovoj elastičnosti, istrošenosti, dimenzijama, te i samom pritisku u njima. Svi ovi uticaji pneumatika se manifestuju kroz dinamički poluprečnik točka, a koji je u direktnoj vezi zavisnosti prikazane i stvarne brzine kretanja vozila.

U drugom dijelu ispitivanja je smanjen pritisak u pneumaticima kako bi se pokušalo uticati na dinamički poluprečnik točka, te samim tim na prikazanu brzinu kretanja vozila. Mjerenja su pokazala da je prikazana brzina kretanja vozila takođe veća u odnosu na stvarnu brzinu. Ova odstupanja su nešto veća u odnosu na odstupanja sa propisanim pritiskom u pneumaticima. Smanjenje pritiska u pneumaticima je dovelo do toga da se vozaču daje informacija da se kreće nešto većom brzinom u odnosu na brzinu kretanja sa propisanim pritiskom u pneumaticima.

Obradom dobijenih rezultata primijećeno je da je procenat odstupanja prikazane brzine u odnosu na stvarnu brzinu pri manjim brzinama nešto veći, dok sa povećanjem brzine dolazi do smanjenja ovog procenta. Uzrok ovome može biti najvjerovatnije promjena dinamičkog poluprečnika točka sa povećanjem brzine, što bi trebalo ispitati na većem broju vozila i sa različitim pneumaticima i pritiscima u njima, da bi se došlo do što tačnijih podataka zakonitosti ponašanja ove pojave, odnosno modela.

S aspekta bezbjednosti saobraćaja kada je u pitanju izbor pneumatika, dosta pažnje se posvećuje njihovoj kontroli kako pri tehničkim pregledima, tako i pri kontroli saobraćaja (vozila). Veoma je značajno napomenuti da se pri ovim kontrolama vrši provjera da li su pneumatici koji se koriste dozvoljeni s obzirom na godišnje doba (zimski i ljetni pneumatici), istrošenosti pneumatika, kao i pritisku u njima, što se ugrubo može i vizuelno provjeriti. Međutim, najmanje pažnje se pridaje, ili čak nimalo, provjeri usklađenosti korištenih pneumatika sa preporukama proizvođača za dato vozilo, što je takođe veoma značajno u pogledu bezbjednosti saobraćaja.

8. LITERATURA

Dedović, V., Mladenović, D. & Sekulić, D. (2017). Dinamika vozila, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

Milašinović, A. & Knežević, D. (2010). Tehnologija tehničkog pregleda, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj

Pavlović, M. & Nunić, Z. (2022). Comparative performance analysis of an OTTO engine equipped for petrol or liquefied petroleum gas propulsion. International Conference on Advances in Traffic and Communication Technologies (ATCT), 149-156

Pavlović, M. (2021). Uporedna analiza performansi otto agregata opremljenog za pogon na benzin ili tečni naftni gas. Magistarski rad, Doboj: Saobraćajni fakultet Doboj

Ristikić, Z. (2019). Prilog istraživanju uticaja pritiska u pneumaticima na koeficijent otpora kotrljanja kod privrednih vozila. Doktorska disertacija: Doboj: Saobraćajni fakultet Doboj

Stojić, B. (2012). Teorija kretanja drumskih vozila, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad

Internet izvori:

https://www.goodyear.eu/hr_hr/consumer.html#/

https://www.prometna-zona.com/vrste-guma-i-njihova-konstrukcija/

http://www.pgm.ba/vrste-i-simboli-pneumatika/

https://nashipoezda.ru/hr/cultivator/v-avto-spidometr-a-chto-princip-raboty-elektronnogo-spidometra-i-pochemu-on.html

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

ELECTRIC VEHICLE POWERTRAIN DESIGN

KONSTRUKCIJA POGONSKIH SISTEMA ELEKTRIČNIH VOZILA

Zoran Ristikić[a], Svetko Milutinović[a], Milan Eremija[a], Miroslav Pavlović[a], Ernad Ajanović[b]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, zoran.ristikic@sf.ues.rs.ba, s.milutinovic@hotmail.com, milan.eremija@sf.ues.rs.ba, miroslav.pavlovic@sf.ues.rs.ba*

[b] *Bosnia and Herzegovina, ernad_ajan@hotmail.com*

Abstract: *The increase in the effects of the greenhouse, to which the emission of exhaust gases from vehicles powered by internal combustion engines has caused the application of drive systems of vehicles of a different construction. Electric vehicle drives have several advantages over conventional vehicle drives. The advantages are primarily related to the more favorable torque characteristic of the electric motor, better degree of useful effect and more favorable maintenance due to the much simpler construction of the electric motor. The development of power electronics in the last three decades has enabled the application of higher-power electronic circuits for managing the operating parameters of electric motors. The paper describes different constructions of drive systems of electric vehicles and sulutions of controlling drive motors of electric vehicles. In order to analyze the drive of electric vehicles, the construction of a practical model of an electric vehicle powered by a DC motor is described. Motor drive control is performed via a transistor h-bridge using pulse-width modulation. Logical control of the drive is done through the Arduino nano 328p controller, and the vehicle is powered by two lithium-ion batteries. In addition to the above, the wave diagrams of the control system of the electric vehicle model are presented in the paper.*

Key words: *Electric vehicles, drive systems, DC motor control, Arduino controller*

Apstrakt*: Povećanje efekata staklene bašte kome zanačajno doprinosi i emisija izduvnih gasova vozila pogonjenih motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem je uslovilo primjenu pogonskih sistema vozila drugačije konstrukcije. Električni pogoni vozila imaju više prednosti u odnosu na konvencionalne pogone vozila. Prednosti se prvenstveno odnose na povoljniju momentnu karakteristiku elektro motora, bolji stepen korisnog dejstva i povoljnije održavanje zbog dosta prostije konstrukcije elektro motora. Razvoj energetske elektronike u posljednje tri decenije je omogućio primjenu elektronskih sklopova veće snage za upravljanje parametrima rada elektro motora. U radu su opisane različite konstrukcije pogonskih sistema električnih vozila i načini upravljanja pogonskim motorima električnih vozila. U svrhu analize pogona električnih vozila opisana je konstrukcija praktičnog modela električnog vozila pogonjenog elektro motorom istosmjerne struje. Upravljanje pogonom motora se vrši preko tranzistorskog h mosta pomoću impulsno-širinske modulacije. Logičko upravljanje pogonom se vrši preko kontrolera Arduino nano 328p, a napajnje vozila se vrši preko dvije litijum-jonske baterije. Pored navedenog u radu su prikazani talasni dijagrami upravljanja pogonskim sistemom modela električnog vozila.*

Ključne riječi: *električna vozila, pogonski sistemi, upravljanje motorima istosmjerne struje, Arduino kontroler*

1. UVOD

Savremena e-vozila zauzimaju sve veći udio tržišta automobilske industrije. Udio takvih vozila povećava se iz ekoloških razloga sa jedinstvenim ciljem proizvodnje automobila koja neće proizvoditi emisiju štetnih izduvnih gasova. Električna vozila imaju niz prednosti u odnosu na vozila sa unutrašnjim sagorijevanjem, a jedna od najvećih prednosti je i jednostavnost konstrukcije automobila. Osim toga ova vozila stvaraju manju buku i jedini izvor buke proizlazi iz kotrljanja pneumatika.

Uprkos tome, za daljnji razvoj i globalnu primjenu električnih vozila potrebno je riješiti još nekoliko značajnih prepreka od koji je najveća ograničen kapacitet baterija i ugradnja obnovljivih izvora energije. Napredak u razvoju baterija, energetske efikasnosti, materijala za izradu vozila, sam dizajn i bolja aerodinamičnost sigurno dovode električna vozila u svakodnevnu primjenu, a samo je pitanje vremena kada će električna vozila u potpunosti biti konkurentna klasičnim vozilima sa unutrašnim sagorijevanjem.

Električna vozila za pogon koriste elektromotore. Izbor elektromotora za primjenu u električnim vozilima je najvažniji korak u njihovom dizajniranju. Mnogobrojni uslovi kao što su: stepen korisnog dejstva, cijena, pouzdanost, snaga i upravljivost se moraju uzeti u obzir.

2. PREDNOSTI I NEDOSTACI ELEKTRIČNIH VOZILA

U poređenju sa vozilima u koje je ugrađen motor sa unutrašnjim sagorijevanjem, vozila sa elektro pogonom tokom vožnje ne stvaraju izduvne gasove. Ta prednost čini elektro vozila prihvatljivijima za okolinu od konvencionalnih vozila. Uvođenje zona sa smanjenom ili bez emisije u gradovima kao i promijenjeni politički okvirni uslovi ubrzat će proširenje elektro mobilnosti [3,4,7].

2.1. Prednosti električnih vozila

Neke od prednosti elektro pogona (E-pogon) vozila su:

- Pogon električnih vozila stvara znatno manje buke od motora s unutrašnjim sagorijevanjem,
- Električna vozila tokom vožnje ne stvaraju štetne izduvne gasove,
- E-pogon je vrlo robustan i ima malu potrebu za održavanjem,
- E-pogon ima veliki stepen korisnog dejstva do 96 % naspram motora s unutrašnjim sagorijevanjem sa stepenom korisnog dejstva od 35–40 %,
- E-pogon ima dosta povoljnije karakteristike obrtnog momenta i snage,
- Konstrukcija pogonskog sklopa je jednostavnija,
- Tokom kočenja motor može poslužiti i kao generator, koji stvara struju i puni bateriju (rekuperacija),
- Mogućnost dopunjavanja visokonaponske baterije kod kuće.

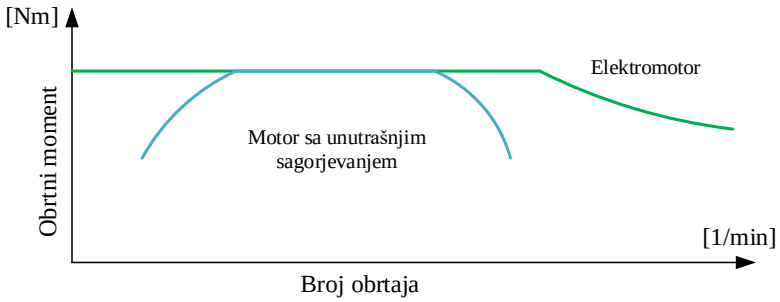
2.2. Nedostaci električnih vozila

Najvažniji nedostatci električnih vozila su:

- Elektromobili imaju ograničenu autonomiju. U savremenim baterijama mora biti pohranjena dovoljna količina električne energije za autonomiju vozila i omogućavanje komfora u kabini vozila. Ta količina energije je odlučujuća za autonomiju električnih vozila,
- Veliko trajanje intervala punjenja baterije,
- Enormno smanjenje autonomije vozila kod upotrebe klimatizacionog Sistema u vozilu,
- Mogućnost javnog punjenja elektro vozila je još u razvoju. Gustina benzinskih pumpi sa utičnicama za punjenje je mala,
- Ako je mjesto odredišta putovanja dalje od maksimalne autonomije vozila, vozač mora planirati strategiju putovanja.

2.3. Momentna karakteristika E-pogona

E-pogon od starta postiže maksimalni obrtni moment. Nije mu potrebna faza uhodavanja za postizanje broja obrtaja u praznom hodu. S povećanjem broja obrtaja (preko 12000 [1/min]), opada raspoloživi obrtni moment. Pomoću ove karakteristike E-pogona moguće je eliminisati sklop kao što je mjenjač vozila. Na sljedećoj slici je prikazana idealizovana momentna karakteristika elektro pogona i motora sa unutrašnjim sagorijevanjem [3].



Slika 1. Idealizovana momentna karakteristika elektro pogona i motora sa unutrašnjim sagorijevanjem

Motor sa unutrašnjim sagorijevanjem za stvaranje obrtnog momenta mora imati određeni broj obrtaja praznog hoda. Povećanjem broja obrtaja motora raste raspoloživi obrtni moment. Dodatno ta karakteristika motora s unutrašnjim sagorijevanjem zahtjeva mjenjač sa više stepeni prenosa. Preko spojnice ili pretvarača obrtnog momenta se obrtni moment prenosi na zupčanike mjenjača [3,8,9].

3. GLAVNE KOMPONENTE ELEKTRIČNIH VOZILA

Cjelokupni pogonski sistem elektro vozila obuhvata:

- Visokonaponska baterija sa BMS-om za regulaciju punjenja-pražnjenja baterije,
- E-pogon s elektronskim upravljanjem i hlađenjem,
- Mjenjač sa diferencijalom,
- Kočni sistem,
- Sistem za klimatizaciju unutrašnjosti vozila.

Pojam elektro pogon ili E-pogon se koristi umjesto generatora, elektromotora i pokretača. U pravilu se svaki elektromotor može koristiti i kao generator. Ako se E-pogon pogoni mehanički, kao generator isporučuje električnu energiju. Ako se E-pogon opskrbljuje električnom strujom, funkcioniše kao pogon. E-pogoni za vožnju se hlade vodom. Ali moguće je zamisliti i hlađenje vazduhom. Kod potpuno hibridnog vozila (HEV) E-pogon služi i kao pokretač za motor sa unutrašnjim sagorijevanjem. Kao elektro pogon se često koriste trofazni motori i to najčešće sinhroni. Trofazni motor se pogoni trofaznom naizmjeničnom strujom. Kod električnih vozila manje snage koriste se motori istosmjerne struje (DC motori).

4. POGON ELEKTRIČNIH VOZILA MOTORIMA ISTOSMJERNE STRUJE

Motori istosmjerne struje (DC motori) se sastoje se od statora (stalni magneti), rotora, četkica i komutatora. Komutator je mehanički prekidač koji periodično obrće smer struje u motoru. Čini ga par međusobno izolovanih bakarnih kontakata polucilindričnog oblika pričvršćenih oko rotora. Četkice služe za zatvaranje strujnog kola izmedju izvora preko komutatora. One su načinjene od mekšeg materijala nego komutator i lako se menjaju jer se habaju usljed eksploatacije.

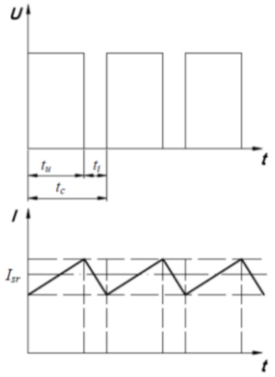
Bitan nedostatak u odnosu na motore istosmjerne struje bez četkica je potreba za održavanjem četkica i komutatora zbog toga što oni mehanički mjenjaju smjer struje kroz armaturu rotora te se time troše i gube svojstva. Glavne prednosti ovog tipa motora su manja cijena od ostalih vrsrta DC motora, veliki maksimalni moment, linearni odnos brzine i momenta što pojednostavljuje upravljanje.

DC motore sa četkicama možemo podeliti po tome kao su vezani namotaji polja (statora) i armature (rotora). Postoje motori sa serijskom i paralelnom pobudom.

4.1. Upravljanje smjerom i brzinom obrtanja DC motora

Kod istosmjernog motora sa nezavisnom pobudom brzina obrtanja rotora proporcionalno zavisi od napona na armaturi motora, što znači da se promjenom napona mijenja brzina obrtanja. Dakle, da bi se moglo upravljati naponom, a time i brzinom obrtanja potreban je elektronski sklop koji ima mogućnost brze i precizne promjene napona. Takav elektronski sklop se naziva tranzistorski frekventni pretvarač (eng. chopper) odnosno energetski usmjerivač struje motora. Njegov rad zasnovan je na prekidačkom režimu rada (eng. switching mode), odnosno napajanje armature motora je isprekidano. U zavisnosti od toga koliko je armatura motora vremenski uključena,

odnosno isključena, mijenjat će se napon na njoj, a time i brzina obrtanja samog motora. Takvo upravljanje naponom, tj. brzinom obrtanja istosmjernog elektromotora, naziva se impulsno širinska modulacija (eng. PWM - Pulse Width Modulation), pri čemu se dužinom trajanja visokog stanja impulsa, odnosno niskog, mijenja srednja vrijednost napona. Budući da je rotor istosmjernog motora napravljen od namotaja žice koji se ponašaju kao kalem i otpornost u strujnom krugu, to će uzrokovati kašnjenje struje za naponom, kao što je prikazano na sljedećoj slici [1,2,4].



Slika 2. Prikaz napona i struje istosmjernog motora u režimu impulsno širinske modulacije [4]

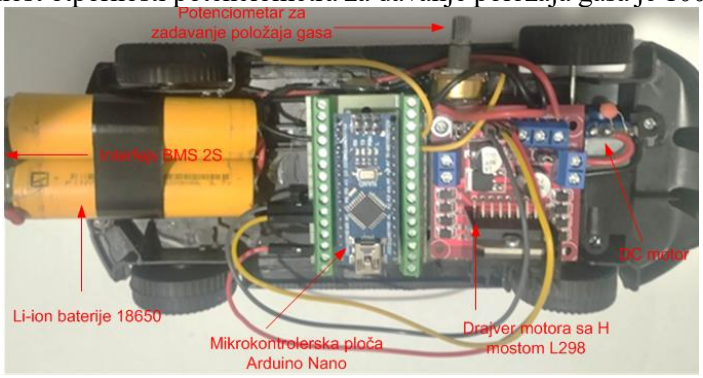
Isprekidani napon armature uzrokuje oscilacije struje u namotaju rotora, što znači da će doći i do oscilacija u momentu motora. Zbog toga je važno da frekvencija uključivanja i isključivanja napona armature rotora bude velika (reda veličine nekoliko kHz) kako bi oscilacije obrtnog momenta bile neprimjetne. Srednja vrijednost napona armature računa se prema sljedećem izrazu:

$$U_{sr} = \frac{1}{t_c}\int_0^{t_c} u(t)dt = \frac{u_b \cdot t_u}{t_c} = d \cdot u_b \qquad (1)$$

Odnos vremena uključenja t_u i vremena ciklusa t_c označava se sa d, a naziva se faktor ispune (eng. duty cycle), a izražava se u postocima. Upravljanje brzinom obrtanja se vrši preko regulacije faktora ispune.

4.2. Model pogona električnog vozila sa DC motorom

U svrhu prikaza upravljanja pogonom električnog vozila napravljen je model električnog vozila. Model električnog automobila napravljen je na bazi DC motora sa stalnim magnetom maksimalnog radnog napona 6V. Za generisanje PWM signala je upotrebljen mikrokontrolerski razvojni sistem Arduino Nano. Upravljački PWM signal motora se nalazi na pinu D11 Arduino kontrolera. Promjena smjera obrtanja se vrši preko pinova D8 i D9. Srednji izvod potenciomatra za davanje položaja gasa je povezan na pin A7, tj. ulaz analogno-digitalnog konvertora ADC7. Vrijednost otpornosti potenciometra za davanje položaja gasa je 1000 oma.



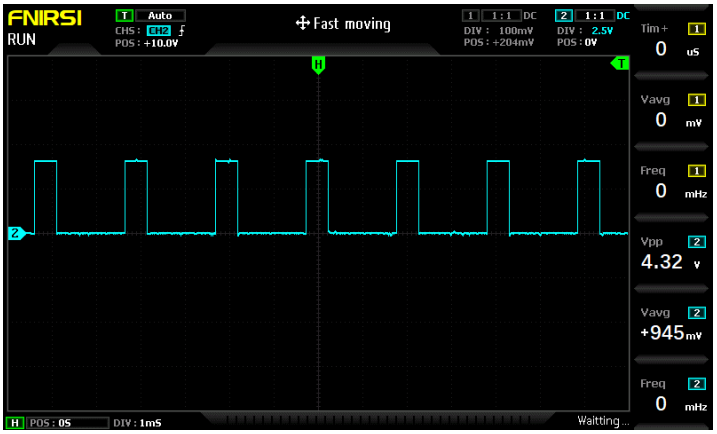
Slika 3. Izgled modela električnog vozila

Za prepoznavanje položaja potenciometra gasa i generisanje upravljačkog PWM signala iskorišten je Arduino Nano. Arduino Nano je mala upravljačka ploča bazirana na Atmega328 (mikrokontroleru. Radni napon za logičke sklopove je 5V, a preporučeni ulazni napon napajanja sistema se kreće u granicama od 7 do 12 V. Arduino Nano ima 14 digitalnih ulaza/izlaza, od kojih 6 omogučavaju PWM (engl. Pulse Width Modulation) izlaz.

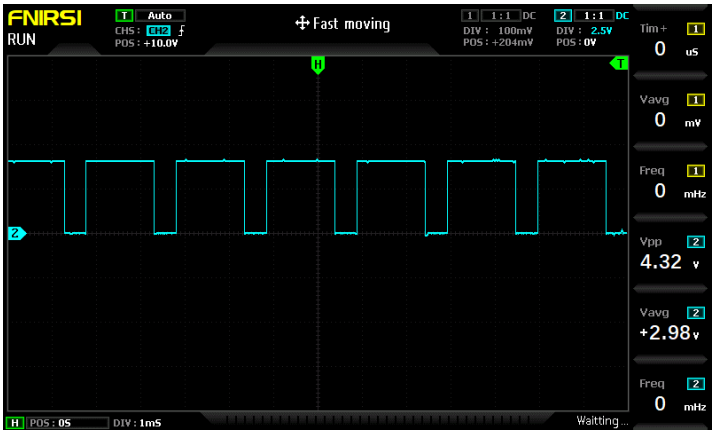
Upravljanje motorom modela električnog vozila realizovano je preko drajvera L298N, odnosno dvostrukog H-mostnog drajvera.. Spomenuti modul ima dvije mogućnosti te tako omogućuje upravljanje brzinom i smjerom

obrtanja dva motora istosmjerne struje. Drajver služi za upravljanje DC motora koji imaju radne napone između 5 i 35 V, sa maksimalnom jačinom struje od 2 A. Na modulu se nalaze dva priključka za motor A i motor B, priključak za uzemljenje GND, napajanje za motor VCC, 5 V pin koji koji je iskorišten za napanje Arduino Nano mikrokontrolera, kratkospojnik, i digitalni pinovi (logički izlazi) za povezivanje modula sa Arduino kontrolera. Brzinom motora se upravlja pomoću PWM signala, dok se pomoću pinova jedan, dva, tri i četiri upravlja tranzistorskim prekidačima unutar H-mosta za promjenu smjera obrtanja motora. Ulazni pinovi jedan i dva upotrebljavaju se za upravljanje smjerom obrtanja motora A, dok se ulazni pinovi tri i četiri koriste za upravljanje smjerom obrtanja motora B.

Dijagrami PWM signala generisani od strane Arduino Nano mikrokontrolerske ploče sa faktorom ispune od 30 i 70 % dati su na sljedećim slikama.



Slika 4. PWM signal sa faktorom ispune od 30 %



Slika 5. PWM signal sa faktorom ispune od 70 %

5. ZAKLJUČAK

Električna vozila imaju nekoliko prednosti u odnosu na konvencionalna vozila sa motorima sa unutrašnim sagorijevanjem, koje uključuju značajnu razliku između cijene električne energije u odnosu na cijenu naftnih derivata, smanjenje zagađenja vazduha u gradovima i smanjenje buke koja potiče od saobraćaja, kroz gotovo nečujan rad električnih vozila.

Najveća razlika izmeću klasičnih i električnih automobila je u tipu pogonskog motora. Konvencionalni automobili koriste benzinske ili dizel motore, za razliku od električnog automobila kojeg pokreće elektromotor. Moderni motori sa unutrašnjim sagorijevanjem se sastoje od oko hiljadu sastavnih dijelova, dok se elektromotor sastoji od nekoliko pokretnih dijelova, što ih čini znatno pouzdanijim i trajnijim. Elektromotori konstrukcijski imaju dva namotaja (stator i rotor) od kojih je jedan pobudni a drugi radni ili armaturni namotaj. Postoje i konstrukcije gdje je pobudni namotaj zamijenjen permanentnim magnetima. Ovakvi motori zahtijevaju veoma malo ili nikakvo održavanje zbog toga što nemaju potrošnih dijelova. Elektromotor u pravilu omogućuje linearno i besprekidno ubrzavanje vozila sa znatno boljom karakteristikom vuče u odnosu na konvencionalna vozila. S druge strane, električna vozila ne posjeduju mjenjačku kutiju. Eliminacija mjenjačke kutije znatno

smanjuje masu vozila, što ujedno dovodi do znatno manje potrošnje goriva, a sa mehaničke strane smanjuje cijenu vozila sa te strane.

U svrhu prikaza jednostavnosti upravljanja pogonom motora istosmjerne struje u električnim vozilima u radu je prikazan model električnog vozila pogonjenog takvim motorom. Upravljanje motorom je realizovano preko mikrokontrolera Arduino Nano i drajvera sa tranzistorskim H mostom.

6. LITERATURA

Brawn, M. (2016) Elektronika za pobudu i pogon elektromotora, Infoelektronika, Beograd, 2016.

Radetić R (2006) Tranzistorski pretvarači, Infoelektronika, Bor, 2006.

Ajanović, M. (2022) Motorna vozila – konstrukcija i dinamika dinamika vozila, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, Doboj, 2022.

Antolić Z. (2020) Projektiranje sustava za regulaciju brzine vrtnje istosmjernog motora zasnovanog na magnetskom enkoderu, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 2020.

Popović, G. (2015) Tehnika motornih vozila, 30 prerađeno i nadopunjeno izdanje, Pučko otvoreno učilište Zagreb, Centar za vozila Hrvatske, Hrvatska obrtnička komora, Zagreb, 2015.

Hentschel, J. (2017) The e-mobility module, Volkswagen Magazine, Volkswagen AG is DE115235681, Braunschweig, 2017.

Williamson, S. (2013) Energy Management Strategies for Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicles, Springer Science+Business Media New York 2013.

Happian-Smith, J. (2002) An Introduction Modern Vehicle Design, Butterworth Heinemann, Oxford, 2002.

Miller, J. (2010) Propulsion Systems for Hybrid Vehicles, IEE power and energy series 45, Institution of Electrical Engineers, London, 2010.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

INFLUENCE OF THE APPLICATION OF BIODIESEL FUEL ON THE DRIVE AND ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

UTICAJ PRIMJENE BIODIZEL GORIVA NA POGONSKE I EKOLOŠKE KARAKTERISTIKE MOTORA SUS

Milan Eremija[a], Snežana Petković[b], Pero Dugić[c], Zoran Ristikić[a], Svetko Milutinović[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, milan.eremija@sf.ues.rs.ba, zoran.ristikic@sf.ues.rs.ba, s.milutinovic@hotmail.com*

[b] *University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, Vojvode Stepe Stepanovića 71, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, snezana.petkovic@mf.unibl.org*

[c] *University of Banja Luka, Faculty of Technology, Vojvode Stepe Stepanovića 73, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, pero.dugic@tf.unibl.org*

Abstract: *The use of bio-fuel, i.e. fuels of biological origin, in engines with internal combustion becomes more and more attractive from the point of view of saving energy and reducing gases they cause the appearance of the greenhouse effect as well as the reduction of air pollution. Code diesel engine as a bio-fuel, most work is done on the use of biodiesel fuel and its mixture with diesel fuel. The goal of the research is to reach conclusions about the possibilities of using biodiesel fuel in a mixture ratio with fossil diesel in internal combustion engines as its influence on the driving and environmental characteristics of the engine. Laboratory testing for operational purposes was conducted within the engine testing laboratory, which is equipped with an AVL Dyno engine brake. Laboratory testing monitored the parameters in terms of power, torque, fuel consumption and engine smoke, using diesel fossil fuel and the mixture ratio of biodiesel. The obtained results indicate that the use of biodiesel fuel results in a decrease of power and torque. Also, the use of biodiesel causes an increase a fuel consumption and the degree of blackening. The importance of the work is reflected in the possibility of using biodiesel fuel as well as its impact on the driving and environmental characteristics of the internal combustion engine.*

Key words: *driving characteristics of the internal combustion engine, biodiesel fuel, environmental characteristics of the internal combustion engine, fossil diesel fuel*

Apstrakt*: Upotreba bio – goriva tj. goriva biološkog porijekla, u motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem postaje sve atraktivnija sa stanovišta uštede energije i smanjnja gasova koji izazivaju pojavu ekfekta staklene bašte kao i smanjenje zagađenja vazduha. Kod dizel motora kao bio – gorivo najviše se radi na upotrebi biodizel goriva i njegovoj mješavini sa dizel gorivom. Cilj istraživanja je da se dođe do zaključaka o mogućnostima primjene biodizel goriva u mješavinskom odnosu sa fosilnim dizelom u motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem kao njegov uticaj na pogonske i ekološke karakteristike motora. Laboratorijsko ispitivanje za potrebe rada sprovedeneo je u okviru laboratorije za ispitivanje motora koja je opremljena motornom kočnicom AVL Dyno. Laboratorijskim ipitivanjem praćeni su parametri u pogledu snage, obrtnog momenta, potršnje goriva i dimnosti motora, korištenjem dizel fosilnog goriva i mješavinskog odnosa biodizela. Dobijeni rezultati ukazuju da primjenom biodizel goriva dolazi do pada snage i obrtnog momenta. Takođe, primjena biodizela uzrokuje i porast potrošnje goriva i stepena zacrnjenosti. Značaj rada se ogleda u mogućnosti primjene biodizel goriva kao i njegov uticaj na pogonske i ekološke karakteristike motora sus.*

Ključne riječi: *pogonske karakteristike motora sus, biodizel gorivo, ekološke karakteristike motora sus, fosilno dizel gorivo*

1. UVOD

U posljednjoj deceniji prošlog vijeka pristupilo se ubrzanom uvođenju obnovljivih goriva širom svijeta, a naročito tečnih goriva biljnog porijekla. Glavni razlozi koji su podstakli upotrebu obnovljivih izvora energije su evidentna iscrpljivost fosilnih goriva kao i negativni uticaji upotrebe fosilnih goriva na prirodu i životnu sredinu.

Prilokom upotrebe fosilnih goriva u motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem dolazi do povećane emisije ugljen dioksida. Međutim, pored ugljen dioksida u produktima sagorijevanja se nalaze i druge komponente poput vodene pare, azotnih oksida, ugljen monoksida, nesagorjelih ugljovodonika i čestica čađi. Svi ovi razlozi kao i evidenta iscrpljivost fosilnih goriva i nestabilno tržište nafte uslovili su nalaženje određenih alternativnih riješenja za pogon motornih vozila. Kada je riječ o gorivima iz obnovljivih izvora energije najviše se radi na primjeni biogoriva prve genereacije a to su biodizel i bioetanol. Razlog njiove primjene je u tome što i biodzel i bioetanol imaju mogućnost primjene u postojećim motorima sus bez potrebe za dodatnim modifikacijama kao i što imaju mogućnost korištenja postojeće infrastrukture. Kod dizel motora sa unutrašnjim sagorijevanjem, od alternativnih goriva, najviše se radi o primjeni biodizela i njegovoj mješavini sa dizel gorivom.

Osnovne sirovine za proizvodnju biodizela su (Damjanović, 2008): biljna ili životinjska ulja i masti, otpadna ulja koja su upotrebljena za pripiremu hrane i alkohol. Kao pomoćne sirovine za proizvodnju biodizela koriste se (Udovičić, 2018): katalizatori, kiseline i demineralizovana voda. Izbor sirovine za dobijanje biodizela uglavnom zavisi od specifičnih uslova i prilika u nekoj državi (klima, zastupljenost određene poljoprivredne kulture, ekonomski razvoj države i slično) (Lukić, 2015).

Protokol iz Kyoto-a, uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama ogleda se kao strategija za borbu protiv klimatskih promjena, propisan sa ciljem smanjenja emisije ugljen-dioksida, metana i drugih štetnih gasova koji izazivaju pojavu efekta staklene bašte, te na taj način reguliše upotrebu goriva iz obnovljivih izvora energije. Kada je riječ o Evropskoj uniji najznačajnij dokument koji reguliše upotrebu goriva iz obnovljivih izvora energije je Direktiva EC/2003/30 koja je kasnije zamjenjena Direktivom EC/2009/28.

Biodizel ima svoje prednosti i nedostatke, prema tome cilj rada je istražiti uticaj primjene biodizela u različitim mješavinski odnosima sa fosilnim dizelom na rad motora sa unutrašnjim sagorijevanjem. Istraživanja za potrebe rada su sprovedena u laboratorijskim uslovima pri čemu su ispitane pognoske karakteristike motora (snaga, obrtni moment, potrošnja goriva i stepen zacrnjenosti)

2. METODE

Laboratorijskim ispitivanjem izvršeno je poređenje performansi motora (snaga, momenat, potrošnja goriva i opacitivnost) kada se u motoru koristi dizel gorivo i mješavina dizel i biodizel goriva (različiti mješavinski odnosi). Mješavinski odnosi su formirani na bazi učešća biodizel goriva u dizel gorivu u sljedećim procentima: 7 % - (BD7), 15% - (BD15), 20% - (BD20) biodizela..

Laboratorija za ispitivanje motora Saobraćajnog fakulteta u Doboju opremljena je savremenom mjernom opremoma za ispitivanje motora SUS, proizvođača AVL Grac. Mjerna oprema sastoji od sljedećih mjernih lanaca:

- mjerni lanac sa kočnicom za snimanje karkteristika motora: snaga motora i obrtni moment motora,
- mjerni lanac za mjerenje potrošnje goriva,
- mjerni lanac za mjerenje količine usisanog vazduha,
- mjerni lanac za indiciranje (snimanje pritiska u cilindru motora),
- mjerni lanac za mjerenje sastava izduvnih gasova i čestica,
- mjerenje količine prolaza gasova pored klipnih prstenova,
- upravljanje sistemom (**PUMA**).

U ispitnoj motorskoj Laboratoriji Saobraćajnog fakulteta za određivanje performansi motora kao i snimanje karakteristika motora (brzinske karakteristike i karakteristike opterećenja instalisana je savremena električna motorna kočnica „Dyno Perform 160 kW“ proizvođača AVL Austrija, slika 1. Kod ove kočnice mjeri se obrtni moment i broj obrtaja motora, čime je određena i snaga motora. Namjenjena je za ispitivanje motora do 160 kW snage i do 400 Nm obrtnog momenta, a mogu se vršiti i statička i dinamička ispitivanja performansi motora i hibridnih pogona.

Slika 1. Motorna kočnica „Dyno Perform 160 kW“

Opacimeter AVL 439 (Slika 2.) sa parcijalnim uzorkovanjem usmjerava uzorak gasa kroz mjernu komoru, čija se temperatura kondicionira. Instrument se zasniva na mjernom principu opacimetrije što znači da se mjerenje smanjenja intenziteta vidljive svjetlosti obavlja prolaskom kroz mjernu komoru. Opacimeter je namjenjen i za sertifikovanje motora: za mjerenja dima pri slobodnom ubrzanju prema ECE R24 za dizel motore koji rade u lakšim i teškim uslovima; za motore koji rade u teškim uslovima tokom sprovođenja testa (ELR) prema ECE R49. Izlazna mjerna vrijednost je data ili kao opacitivnost N [%] ili kao koeficijent apsorpcije svjetlosti k [m-1]. Instrument je povezan sa automatizacijskim sistemom PUMA preko AK protokola uz pomoć RS 232 serijskog interfejsa. Mjerni opseg sistema za mjerenje opacitivnosti izduvnih gasova dizel motora je 0-100% opacitivnosti.

Slika 2. AVL „Opacimeter 439“

Laboratorijska ispitivanja su vršena na motoru *Volkswagen 1.9 TDI PD BKC* čije su specifikacije prikazane u sljedećoj tabeli.

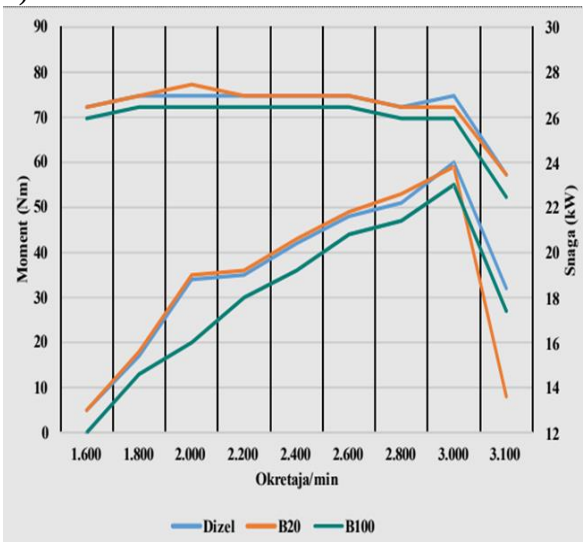
Table 1. Karakteristike ispitnog motora

Karakteristika	Vrijednost
Zapremina motora	1898 cm3
Snaga	77 kW
Oznaka motora	BKC
Broj cilindara	4 OHC
Odnos kompresije	1:19
Tip sistema za snadbjevanje gorivom	EDC 16
Tip pumpe goriva	U
Pritisak tandem pumpe goriva	7,5 Bar
Taktovi ubrizgavanja	1-3-4-2
Tip mjerenja protoka vazduha	Maseni
Broj obrataja u praznom hodu	900 ±100 °/min
Maksimalni broj obrataja u praznom hodu	4650-5050 °/min
Temperatura ulja	80 °C
Pritisak ulja	2 bara

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Uticaj primjene biodizela na snagu i obrtni moment motora

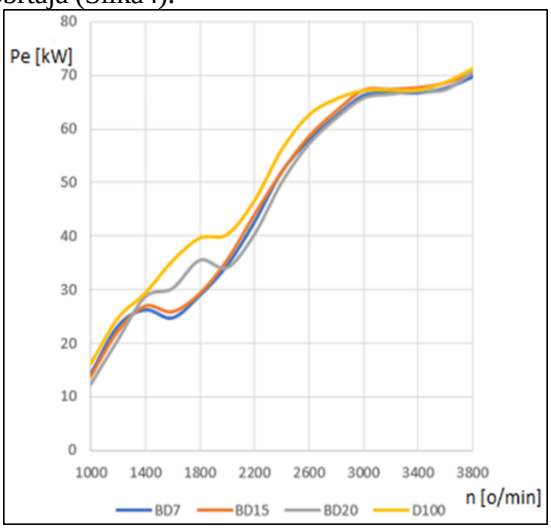
Rezultati istraživanja, mnogih istraživača (Ali, 1995; Wu F,2009) pokazali su da se primjenom biodizela (prije svega čistog biodizela) smanjuje snaga motora za približno 8-14%, zbog niže donje toplotne moći biodizela u odnosu na fosilni dizel, (slika 3). Međutim, pojedini rezultati istraživanja su pokazali da je pad snage manji u odnosu na očekivani (Utlu, 2008).



Slika 3. Efektivna snaga (Pe), efektivni obrtni moment (Me) i specifična potrošnja goriva (ge) za dizel i mješavine biodizela (Petković, 2014.)

Ali (1995) je utvrdio da su performanse moroa, odnsono snaga i obrtni moment prilikom sagrijevanjem biodizela vrlo slične onima koje se ostvaruju sagorijevanjem fosilnog dizela. Karabektas (2006) i Kaplan (2006) su zaključili da korištenjem biodizela (B100) proizvedenog od suncokretvog ulja dolazi do minimalnog smanjenja sange i obrtnog momenta, do je specifična potrošnja goriva povećana. Utlu (2008) je ustanovio smanjenje snage primjenom biodizela od otpadnih kuhinjskih ulja u prosjeku za 4,4%. Smanjenje snage pripisao je većem viskozitetu i većoj gustini, kao i sniženoj toplotnoj vrednosti biodizela (8,8%). Hansen (2006) je utvrdio porosječno smanjenje obrtnog momenta motora od 9,1% primjenom biodizela u odnosu na fosilni dizel. Murillo je (2007) procijenio gubitak snage motora od 7,14% primjenom biodizela u odnosu na fosilni dizel.

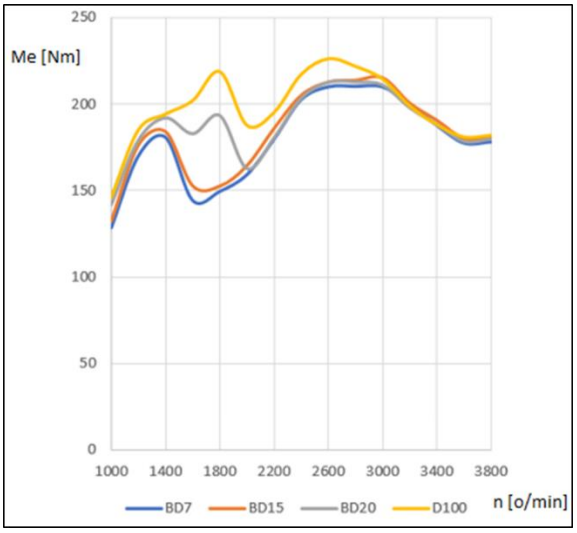
Dobijeni rezultati ukazuju da je dobijena maksimalna snaga motora, pri punom režimu rada motora (opterećenju od 100%), od 71,2 kW na 3800 o/min sa dizel gorivom, dok je sa mješavinskim odnosima ta snaga nešto manja i kreće se oko 70 kW za isti broj obrtaja (Slika4).



Slika 4. Dijgram promjene snaga pri opterećenju od 100%

Kada je riječ o obrtnom momentu motora pri punom režimu rada motora (opterećenje od 100%) najveći obrtni moment ostvaruje se sa D100 dok sa mješavinskim odnosima dolazi do nešto manjih vrijednosti (Slika 5). U pomenutom režimu rada motora maksimalni moment od 226 Nm se ostvaruje sa dizel gorivom na oko 2600

o/min, dok je moment sa mješavinama BD nešto manji i kreće oko 212 Nm. Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da dolazi do pada obrtnog momenta korištenjem mješavina BD za oko 7%. Dobijeni rezultati su slični onima do kojih je došao Hansen (2006) i koji je pad obrtnog moenta prpisao povećanoj viskoznosti i povećanoj gustini biodizela u poredđenju sa fosilnim dizelom, što za rezultat ima lošije raspršivanje goriva.

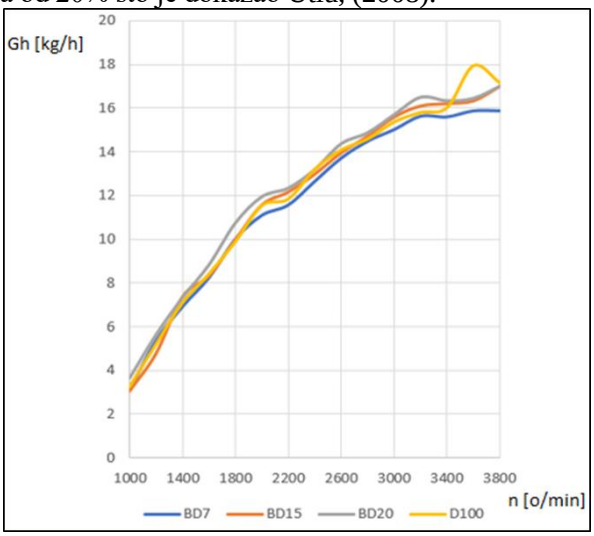


Slika 5. Dijagrm promjene obrtnog momenata pri opterecenj od 100%

3.2. Uticaj primjene biodizela na potrošnju goriva

Povećana gustina biodizela dovodi do ubrizgavanja veće mase goriva po jedinici zapremine što utiče na povećanje specifične potrošnje. Prema tome, povećanje potrošnje goriva potrebno je posmatrati kroz zajedničko djelovanje svih parametara goriva: niže toplotne vrijednosti, veće gustine i veće viskoznosti biodizela (Utlu, 2008; Carraretto, 2004; Ramadhas, 2005). Potrošnja goriva uslovljena je i vrstom sireovine iz koje se dobija biodizel. Lin i sar. (2009) ispitivali su specifičnu potrošnju goriva motora pri čemu su koristili osam različitih vrsta biodizela na jednocilindričnom motoru. Rezultati njihovih istraživanja ukazuju na povećanje potrošnje goriva za 9,45-14,65% zavisno od primjenjenog biodizela, dok je toplotna vrijednost ovih goriva bila niža u odnosu na fosilni dizel za 12,9-16%.

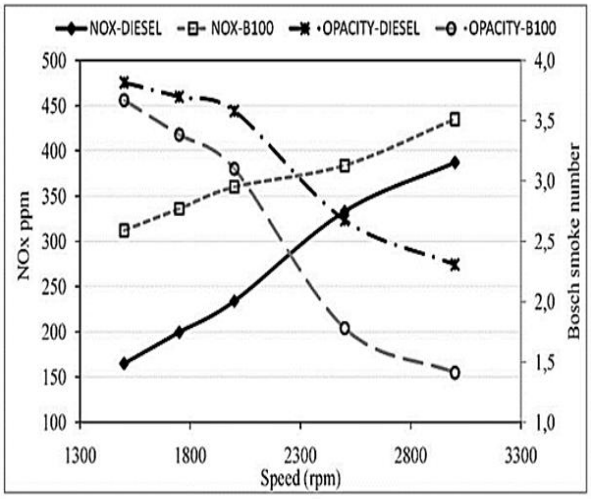
Na slici 6. moguće je učiti da dolazi od povećanja potrošnje goriva sa povećanjem broja obrtaja, što je logično jer u jedinici vremena raste broj radnih ciklusa. Takođe, moguće je uočiti da sa primjenom mješavina BD 15 i BD 20 dolazi do veće potrošnje u odnosu na BD7 i D, što govori da sa porastom koncentracije biodizel u fosilnom dizelu dolazi i do povećanja potrošnje goriva. Moguće je očekivati veći porast potrošnje goriva sa većim koncetracijama biodizela od 20% što je dokazao Utlu, (2008).



Slika 6. Dijagram potrošnje goriva (kg/h) pri opterećenju od 100%

3.3. Uticaj primjene biodizela na dimnost motora

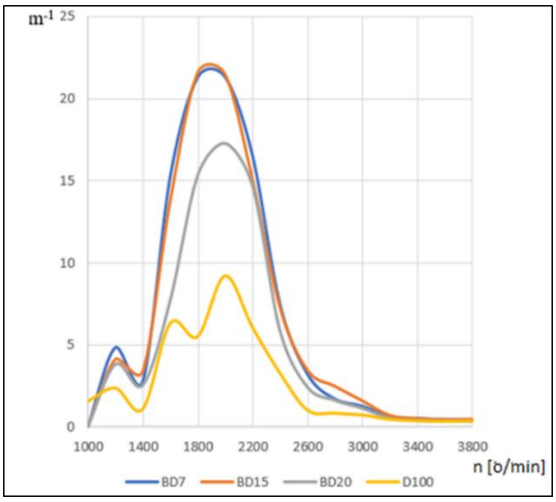
Turrio-Baldassarri i saradnici (2004) zaključili su da nema razlike u PM emisiji za biodizel u odnosu na dizel ili da je čak došlo do malog povećanja, a kao uzrok navodi se visok viskozitet biodizela koji dovodi do loše atomizacije goriva, a samim tim i lošijeg kvaliteta sagorijevanja. Međutim, Armas i saradnici (2010) smatraju da do porasta PM dolazi zbog nesagorjelih ili djelimično sagorjelih ugljovodonika, koji se kondenzuju i koje apsorbuju čestice PM, što dovodi do povećanja rastvorljivih organskih frakcija (SOF) koji su glavna komponenta PM.



Slika 7. NOx emisija i emisija dima u funkciji broja obrtaja motora.(Petković, 2014)

Aydin i Bayindir (2010) tvrde da veća gustina i viskoznost biodizela narušava atomizaciju pri raspršivanju goriva u komori za sagrijevanje što za konačan rezultat ima povećanu čestičnu emisiju.

Prilikom laboratorijskog ispitivanja zabilježen je najmanji stepen zacrnjenosti korištenjem fosilnog dizela, dok je prilikom korištenja mješavinski odnosa došlo do povećanja stepena zacrnjenosti, sa čime su saglasni mnogi istraživači navedeni u literaturnim izvorima.



Slika 8. Dijgram zacrnjenosti pri opterećenju od 100%

Pri punom opterećenju motora, najveća dimnost je izmjerena kod primjene BD7 i BD15 dok kod primjene BD20 je niža dimnost, a značajna manja emisija dimnosti je izmjerena kod primjene čistog dizel goriva, (Slika 8). Takođe je moguće uočiti da pri svim vrstama goriva dolazi do maksimuma stepena zacrnjenosti u područuju rada motora od 1800 do 2200 o/min.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Laboratorijskim ispitivanjem izvršeno je poređenje performanski motora (snaga, moment, potrošnja goriva i opacitivnost) pri punom režimu rada motora kada se u motoru koristi čisto dizel gorivo (D100) i mješavine sa 7% (BD7), 15% (BD15) i 20 % (BD20) biodizel goriva

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da primjenom mješavinskih odnosa biodizela i fosilnog dizela dolazi do pada snage i obrtnog momenta u poređenju sa čistim fosilnim dizelom. Najveći pad snage i obrtnog momenta zabilježen je sa mješavniskim odnosom koji sadrži najveću koncetraciju biodizela (mješavinom do 20% m/m biodizela u dizelu). Prema tome, moguće je očekivati veći pad snage sa porastom koncetracije biodizela u dizelu. Kada je riječ o ptrošnji goriva može se zaključiti da primjena biodizela dovodi do povećanja potrošnje goriva. Rezultati ispitivanja dimnosti pokazuju da dolazi do povećanja stepena zacrnjenosti kod primjene mješavina biodizel goriva u poređenju sa primjenom dizel goriva

Laboratorijskim ispitivanjem nije bilo moguće izvršiti analizu uticaja biodizel goriva na dijelove motora i njegov vijek, jer su ispitivanja vršena pri kratkotrajnim režimima rada motora. Ispitivanje motora pri dugotrajnim režimima rada bi dala kompletniji uvid u uticaj biodizela na performanse motora ali i dijelove motora i njegov vijek. Međutim, ispitivanje pri dugotrajnim režimima rada motora zahtjevaju velika ulaganja i velike troškove. Prema tome, dalji pravci istraživanja se mogu usmjeriti na dugotrajne režime rada motora, ali i analizu hladnog starta motora sa posebnim osvrtom na izudvnu emisju.

5. LITERATURA

Ali Y, MA Hanna, LI Leviticus, (1995). Emissions and Power Characteristics of Diesel Engines on Methyl Soyate and Diesel Fuel Blends. Bioresour. Technol. 52: 185-195.

Armas O, Yehliu K, Boehman AL, (2010). Effect of alternative fuels on exhaust emissions during diesel engine operation with matched combustion phasing. Fuel, 89:438–56.

Aydin H, Bayindir H, (2010). Performance and emission analysis of cottonseed oil methyl ester. Renewable Energy 35. 588-592.

Carraretto C, Macor A, Mirandola A, Stoppato A, Tonon S. (2004). Biodiesel as alternative fuel: experimental analysis and energetic evaluations. Energy; 29, 2195–211.

Damjanović, N. (2008). Istraživanje i projektovanje procesa priozvodnje biodizela u laboratorijskim uslovima. Magistarski rad. Banja Luka: Tehnološki fakultet.

Hansen AC, Gratton MR, Yuan W. (2006). Diesel engine performance and NOx emissions from oxygenated biofuels and blends with diesel fuel. Trans ASABE. 49: 589-595.

Kaplan C, Arslan R, Surmen A. (2006). Performance characteristics of sunflower methyl esters as biodiesel. Energ Source Part A;28:751–5.

Karabektas M, Ergen G. (2006). Production methylester fromsunflower oil, examining the engine performances and exhaust emission characteristics. Intl.Combus. Symp., Kirikkale Univ. 67: 689-694.

Lin Y-C, Lee W-J,WuT-S,WangC-T. (2006). Comparison ofPAHand regulated harmfulmatter emissions from biodiesel blends and paraffinic fuel blends on engine accumulated mileage test. Fuel;85:2516–23.

Lukić, I. (2015). Kinetika heterogene metanolize svežeg i korišćenog biljnog ulja. Doktorska disertacija. Beograd: Univerzitet u Beogradu.

Murillo S, Miguez JL, Porteiro J, Granada E, Moran JC. (2007). Performance and exhaust emissions in the use of biodiesel in outboard diesel engines. Fuel 86, 1765-1771.

Petković, S. (2014). Biodizel: Uticaj na mazivo i pogonske karakteristike motora. Banja Luka: Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske.

Ramadhas AS, Muraleedharan C, Jayaraj. (2005). Performancer and emission evaluation of a diesel engine fueled with methyl esters of rubber seed oil. Renewable Energy, 30: 1789-1800.

Turrio-Baldassarri L, Battistelli CL, Conti L, Crebelli R, De Berardis B, Iamiceli AL, et al. (2004). Emission comparison of urban bus engine fuelled with diesel oil and biodiesel blend. Sci Total Environ; 327:147–62.

Udovičić, J. (2018). Određivanje sadržaja metil-estara masnih kiselina u dizel gorivu infracrvenim spektrometrijom. Diplomski rad. Banja Luka: Prirodno-matematičko fakultet.

Utlu Z, Koc¸ ak MS. (2008). The effect of biodiesel fuel obtained from waste frying oil on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions. Renew Energ; 33:1936-41.

Wu F, Wang J, Chen W, Shuai S. (2009). A study on emission performance of a diesel engine fueled with five typical methyl ester biodiesels. Atmos Environ; 43:1481–5.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

ROAD MOTOR VEHICLE FIRES AND IMPACTS ON THE ENVIRONMENT

POŽARI DRUMSKIH MOTORNIH VOZILA I UTICAJI NA ŽIVOTNU SREDINU

Dragiša Đorđić[a], Slavko Đurić[b], Milan Milotić[b], Džana Dubinović[c]

[a] *Independent University of Banja Luka, Faculty of Ecology, Veljka Mladjenovica 12e, 78000 Banja Luka, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina, zastitad@gmail.com*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, slavko.djuric@sf.ues.rs.ba, milan.milotic@sf.ues.rs.ba*

[c] *Bosnia and Herzegovina, dzana_dubinovic@hotmail.com*

Abstract: *Road motor vehicle fires are becoming an increasingly significant factor endangering the safety of people and the environment, especially with the increase in the number of serious traffic accidents, mostly on highways, with the largest participation (75%) of older vehicles in mentioned fires. Determining the cause of a vehicle fire requires multidisciplinarity and a high level of technical expertise. The multi-criteria analysis presented in this paper provides an overview of road motor vehicle fire incidents, which occurred on the roads of parts of Europe (Croatia, Sweden) and America (USA), in certain time periods. The largest number of vehicle fires occurred on passenger, followed by cargo road motor vehicles. Vehicle fires most often started in the area of the engine, chassis or wheels. The main causes of vehicle fires were mechanical and electrical failures. The probability of a fire occurring in a vehicle that is 10 or more years old is significantly higher than in a vehicle that is up to 3 years old. Vehicle fires in the USA cause more deaths than apartment fires. Most of the victims in vehicle fires were male. Although most road vehicle fires lead to relatively minor environmental pollution, specific situations in sensitive areas can lead to more serious consequences for the environment and human health. Gaseous emissions (HCl, SO2, VOC, PAH and PCDD/PCDF) in case of fire of passenger road vehicles are significant, which produce negative impacts on the environment.*

Key words: *fire, causes, vehicles, traffic, environment*

Apstrakt*: Požari drumskih motornih vozila postaju sve značajniji faktor ugrožavanja bezbjednosti ljudi i životne sredine, posebno sa povećanjem broja teških saobraćajnih nezgoda, najviše na autoputevima, sa najvećim učešćem (75%) starijih vozila u navedenim požarima. Utvrđivanje uzroka požara vozila zahtijeva multidisciplinarnost i visok nivo tehničke stručnosti. Višekriterijumska analiza prikazana u ovom radu daje pregled požarnih incidenata drumskih motornih vozila, koji su se dogodili na putevima dijela Evrope (Hrvatska, Švedska) i Amerike (SAD), u određenim vremenskim periodima. Najveći broj požara vozila dogodio se na putničkim, a zatim teretnim drumskim motornim vozilima. Požari vozila su najčešće nastajali u zoni motora, voznog mehanizma ili točkova. Glavni uzroci požara vozila bili su mehanički i električni kvarovi. Znatno je veća vjerovatnoća nastanka požara vozila starih 10 ili više godina, nego vozila starosti do3 godine. Požari vozila u SAD izazivaju više smrtnih slučajeva nego požari u stanovima. Većina žrtava u požarima vozila bile su muškog pola. Iako većina požara drumskih vozila dovodi do relativno manjih zagađenja okoline, specifične situacije u osjetljivim područjima mogu dovesti do ozbiljnijih posledica po životnu sredinu i zdravlje ljudi. Značajne su gasovite emisije (HCl, SO_2, VOC, PAH i PCDD/PCDF) u slučaju požara putničkih drumskih vozila, koji produkuju negativne uticaje na životnu sredinu.*

Ključne riječi: *požar, uzroci, vozila, saobraćaj, životna sredina*

1. UVOD

Svrha predmetnog istraživanja se ogleda u naučnom istraživanju požara drumskih motornih vozila, jer oni postaju sve značajniji faktor ugrožavanja bezbjednosti ljudi i životne sredine sa mnogim posledicama na lokalnom, ali i širem nivou, a sve u funkciji istraživanja mogućnosti poboljšanja, odnosno sprečavanja, smanjenja i neutralisanja kontaminacije životne sredine, kao i štetnih posledica po bezbjednost, zdravlje i život ljudi, uz obavezno preduzimanje i realizaciju seta zaštitnih mjera i aktivnosti.

Cilj istraživanja u ovom radu bio je da se na osnovu dostupnih statističkih i drugih podataka, iz naslovljene oblasti, izvrše višekriterijumske analize i sinteze podataka o vrstama vozila na kojima su se dogodili požarni incidenti, glavnim uzrocima požara drumskih motornih vozila, koji su se dogodili na putevima dijela Evrope i Amerike, u određenim vremenskim periodima, radi dobijanja bitnih podataka i zaključaka istraživanja. Glavni cilj istraživanja, u skladu sa zaključnim i drugim relevantnim podacima, je preduzimanje odgovarajućih zaštitnih aktivnosti i eventualno dodatnih istraživanja, kako bi se preventivno i pravovremeno spriječile, ublažile i eventualno otklonile brojne negativne posledice u slučaju požara vozila i njihovog kompleksnog negativnog uticaja na ljude i životnu okolinu, lokalnih ili većih razmjera.

Prema dostupnim podacima iz predmetne oblasti (Bodolo i Posavac, 2009; Peruško i Belas, 2017), u svijetu se godišnje evidentira od 7-8 miliona požara, od čega oko 18% se odnosi na požare vozila. U vezi sa navedenim, prema statističkim podacima o požarima drumskih vozila u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD), u periodu 2014.-2016. god. (National Fire Data Center, 2018) stručnim istraživanjem je konstatovano da najveći udio-82,70% požara nastaje na putničkim drumskim motornim vozilima. Približno slični podaci su statistički utvrđeni i u Hrvatskoj (Peruško i Belas, 2017) u periodu 2001.-2011. god. (najveći udio-81,70% požara nastaje na putničkim drumskim vozilima). U navedenim statistikama, prema procentualnom učešću vozila u požarnim incidentima, dalje slede drumska teretna, odnosno kombinovana vozila, autobusi i druga vozila.

Statistika navedenih i drugih zemalja je utvrdila da najveći udio u uzrocima požara drumskih motornih vozila imaju mehanički i električni kvarovi. Prikupljeni podaci iz SAD, koji su u skladu sa statističkim podacima Švedske, sugerišu da je u 3-4% požara vozila primarni uzrok požara bila saobraćajna nezgoda i da se preko 5% smrtnih slučajeva dešava u požaru automobila, prema objavljenoj studiji (Ochoterena i dr., 2016).

Takođe, u skladu sa istom studijom, konstatovano je da većina požara drumskih motornih vozila uzrokuju lokalna i manja zagađenja životne sredine, a specifične situacije u osjetljivim oblastima mogu dovesti do više ozbiljnih posledica.

2. METODE

U ovom radu su korištene višekriterijumske metode analize i sinteze, te komparativna metoda. Upotrijebljeni su statistički podaci iz:

- SAD za period 2014.-2016. god. (National Fire Data Center, 2018), 2005.-2013. god. (Ochoterena i dr., 2016), 2002.-2014. god. (Ochoterena i dr., 2016), 2013.–2017. god. (Ahrens, 2020), 2017.-2019. god. (Malaker, 2023);
- Hrvatske za period 2001.-2011. god. (Peruško i Belas, 2017);
- Švedske za period 1998.-2008. i 2014. god. (Ochoterena i dr., 2016).

3. ANALIZA, REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Analiza statistike požara drumskih motornih vozila na putevima Amerike i dijela Evrope

U SAD svake godine, od 2014. do 2016., se dogodilo oko 171500 požara na autoputevima, što je rezultiralo u godišnjem prosjeku 345 smrtnih slučajeva, 1300 povreda i 1,1 milijardu dolara gubitka imovine. Požari vozila na autoputevima čine 13 procenata požara na koje su reagovale vatrogasne službe širom SAD. (National Fire Data Center, 2018)

Na slikama 1. i 2. su dati fotografski prikazi požara drumskih motornih vozila i vatrogasne intervencije.

Slika 1. Požar motornog vozila (Malaker, 2023)

Slika 2. Vatrogasna intervencija pri požaru motornog vozila (Malaker, 2023)

Procenat smrtnih slučajeva u požaru drumskih motornih vozila u SAD, u periodu od 2002.-2014. god. se kretao od 4,20-5,36%, što je veoma slično kao u Švedskoj, u periodu od 1998.-2008. god. - 5,00% (Ochoterena i dr., 2016).

U tabeli 1. su prezentovane vrste vozila sa požarnim incidentima koji su se dogodili na autoputevima u SAD.

Tabela 1. Vrste vozila na kojima su se dogodili požarni incidenti na autoputevima u SAD u periodu 2014.-2016. god. (National Fire Data Center, 2018)

Redni broj	Vrsta vozila	Procenat požara vozila na autoputu
1.	Putničko drumsko vozilo	82,70
2.	Teretno drumsko vozilo	8,80
3.	Autobus	0,60
4.	Drugo vozilo	0,90
5.	Bez podataka	7,00
6.	Ukupno	100,00

Najviše požara na autoputevima (83%) dogodilo se u putničkim drumskim vozilima i to:

- 66% se dogodilo u standardnim putničkim vozilima, a
- 17% u nekom drugom tipu putničkog vozila, te
- manje od 1% se dogodilo u autobusima.

Samo oko 10% požara vozila na autoputu dogodilo se u neputničkim vozilima, kako slijedi:

- 9% se dogodilo u teretnim drumskim vozilima što čini većinu ovih požara, a
- 1% se dešavalo u drugim vrstama vozila, kao što su građevinska vozila, poljoprivredni traktori i vozila specijalne namjene.

U preostalih 7% požara vozila na autoputu, tip vozila nije evidentiran (tabela 1.).

U tabeli 2. su prezentovane vrste vozila sa požarnim incidentima koji su se dogodili na putevima u Hrvatskoj.

Tabela 2. Vrste vozila na kojima su se dogodili požarni incidenti u Hrvatskoj u periodu od 2001.-2011. god. (Peruško i Belas, 2017)

Redni broj	Vrsta vozila	Procenat požara vozila
1.	Putničko drumsko vozilo	81,70
2.	Kombinovano vozilo	8,30
3.	Autobus	3,30
4.	Drugo vozilo	6,70
5.	Ukupno	100,00

Prema statistici MUP-a Hrvatske u periodu od 2001. do 2011. godine u Republici Hrvatskoj bilo je 6872 požara drumskih motornih vozila (Peruško i Belas, 2017), od čega najviše požara putničkih vozila (81,70%), a zatim kombinovanih vozila (8,30%) i dr.

Komparacijom podataka o vrstama drumskih motornih vozila koja su učestvovala u požarnim incidentima na putevima Amerike i dijela Evrope (tabele 1. i 2.) uočava se njihova značajna sličnost u procentualnom učešću. Najveći broj požara vozila dogodio se na putničkim, a zatim teretnim drumskim motornim vozilima. Požari vozila su najčešće nastajali u zoni motora, voznog mehanizma ili točkova.

Požari drumskih motornih vozila postaju sve značajniji faktor ugrožavanja bezbjednosti ljudi i životne sredine, posebno sa povećanjem broja teških saobraćajnih nezgoda, najviše na autoputevima, sa najvećim učešćem (75%) starijih vozila (Ahrens, 2020) u navedenim požarima. Znatno je veća vjerovatnoća nastanka požara vozila starih 10 ili više godina, nego vozila starosti do 3 godine. Tačnije rečeno, četiri puta je veća vjerovatnoća da će vozilo staro deset godina ili više učestvovati u požaru, nego vozilo mlađe od tri godine (Li i Spearpoint, 2007; Trisko, 1975).

Prosječna starost motornih vozila u Bosni i Hercegovini 2021. godine je iznosila nešto više od 16 godina (Akta, 2022), slično kao i u Srbiji 2022. godine - 16,2 godina (Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije, 2022), dok je između 1999. i 2001. godine 51% automobila ili lakih kombija koji su obično dostupni domaćinstvima u Velikoj Britaniji imalo više od 6 godina starosti (Department for Transport, 2004). Navedene činjenice ukazuju da je posebno u jugoistočnoj Evropi prisutan značajan rizik od požara drumskih motornih vozila, zbog njihove starosti.

Požari vozila u SAD izazivaju više smrtnih slučajeva nego požari u stanovima (Malaker, 2023). Većina žrtava u požarima vozila bile su muškog pola. Četiri od pet ljudi poginulih ili povređenih u požarima vozila na autoputu 2013.–2017. god. su bili muškarci (Ahrens, 2020).

3.2. Glavni uzroci požara drumskih motornih vozila

Utvrđivanje uzroka požara drumskih motornih, kao i drugih, vozila zahtijeva multidisciplinarnost i visok nivo tehničke stručnosti. Primarni uzroci požara na vozilima u SAD su navedeni u tabeli 3.

Tabela 3. Uzroci požara na vozilima u SAD u periodu od 2005.-2013. god. (Ochoterena i dr., 2016)

Redni broj	Primarni uzroci	Procenat požara vozila	Pocenat smtnih ishoda
1.	Mehanički kvar	43,30	10,70
2.	Električni kvar	21,10	1,30
3.	Nedostatak pri projektovanju, proizvodnji, ugradnji	0,70	0,20
4.	Zloupotreba	12,60	13,10
5.	Saobraćajna nezgoda	3,60	55,20
6.	Širenje požara	7,60	2,30
7.	Ostali	11,10	17,20
8.	Ukupno	100,00	100,00

Prema podacima baze podataka NFIRS vatrogasne službe SAD (tabela 3.), za period od 2005. do 2013. godine, glavni uzroci požara automobila i drugih drumskih vozila su mehanički kvarovi (43,30%) i električni kvarovi (21,10%), od čega su saobraćajne nezgode samo oko 4% uzrok požara svih vozila.

Međutim, kada je riječ o poginulim u požaru drumskih motornih vozila, saobraćajne nezgode su vodeći faktor, sa učešćem od 55,20% u smrtnim ishodima. Iako su požari automobila i drugih drumskih motornih vozila usled saobraćajnih nezgoda relativno rijetki, oni igraju važnu ulogu kada su u pitanju smrtni slučajevi i treba ih temeljno proučiti kako bi se smanjio rizik od požara.

U skladu sa bazom podataka FARS, koja registruje sve prijavljene saobraćajne nezgode sa smrtnim ishodom od strane policije SAD, za sve kategorije vozila nije ista vjerovatnoća da se zapale, tj. da dođe do požarnog incidenta.

Osnovni uzroci požara na vozilima u Hrvatskoj su navedeni u tabeli 4.

Tabela 4. Uzroci požara na vozilima u Hrvatskoj u periodu od 2001.-2011.god.(Peruško i Belas,2017)

Redni broj	Primarni uzrok	Procenat požara vozila
1.	Mehanički kvar	19,80
2.	Električni kvar	32,10
3.	Zloupotreba (namjerno izazvan požar)	25,70
4.	Dječija igra	0,70
5.	Ostali	13,40
6.	Neutvrđen	8,30
7.	Ukupno	100,00

Osnovni uzroci požara na vozilima u Hrvatskoj, prema statistici (tabela 4.), su kvarovi električnih instalacija (32,10%), mehanički kvarovi (19,80%) i dr.

Komparacijom podataka o glavnim uzrocima požara drumskih motornih vozila koja su učestvovala u požarnim incidentima na putevima Amerike i dijela Evrope (tabele 3. i 4.) zaključuje se da postoji sličnost u vrsti primarnih uzroka i njihovom procentualnom učešću.

3.3. Uticaji požara vozila na životnu sredinu

Uticaji požara vozila na životnu sredinu su obrađeni u relativno malom broju radova. Prema dostupnim podacima autori radova (Lonnermark i Blomqvist, 2006; Persson i Simonson, 1998; Amon i dr., 2014; Noiton, 2001) su najviše istraživali i prezentovali uticaj požara automobila na životnu sredinu. U vezi navedenog, u Švedskoj se dogodi godišnje oko 3500 požara na automobilima (Ochoterena i dr., 2016).

Uticaj požara vozila na životnu okolinu se može podijeliti u sledeće grupe:

- veličina požara,
- lokacija zapaljenog vozila,
- tip vozila i emisije,
- količina i tip medijuma koji se koriste za gašenje,
- zadržavanje i naknadne mjere.

Analiza emisija u vazduh, vodu i zemljište je neophodna da bi se uvidio potpuni obim potencijalnih šteta. Emisije u vazduh se obično mogu širiti na velike udaljenosti, relativno razblažene i naknadno deponovane u sisteme zemljišta i vode.

Autori rada (Lonnermark i Blomqvist, 2006), iz predmetne oblasti, su prioritetno proučavali gasovite emisije pri požarima na automobilima. Oni su zaključili da su emisije HCl, SO_2, VOC, PAH i PCDD/PCDF bile značajne. Konkretno, PAH i PCDD/PCDF koji se emituju pri požarima automobila predstavljaju važan udio u ukupnim emisijama ovih jedinjenja u Švedskoj. Takođe je utvrđeno, prema urađenoj studiji (Persson i Simonson, 1998), da su emisije CO_2, CO, NO_x i SO_2 od požara automobila manji udio u ukupnim emisijama u Švedskoj.

Situacija u slučaju požara automobila je složena, jer uključuje mnogo zapaljivih materijala. Sve važniji u komponentama automobila biće polimeri, zbog njihove male težine, lake obrade i dobrih svojstava. Pošto su polimeri organski materijali na bazi sirove nafte, oni mogu djelovati kao gorivo u požaru, pa će njihovo

razlaganje dovesti do stvaranja opasnih gasova i produkata raspadanja. Pri požaru u automobilu, svi polimeri predstavljaće potencijalni rizik po zdravlje ljudi. Polimeri imaju veoma dobra svojstva pogodna za automobilske komponente, tako da je malo vjerovatno da se oni mogu zamijeniti drugim materijalima. Međutim, otpornost polimera na sagorijevanje u požaru može se poboljšati upotrebom usporivača plamena. Mnogi usporivači plamena su toksični ili problematični sa ekološke tačke gledišta, ali danas su u razvoju mnogi ekološki sistemi za usporavanje plamena. Polimeri mogu imati uticaj u početnoj požarnoj fazi, a samim tim i upotreba usporivača plamena u polimerima je važna, da bi obezbijedila dodatno vrijeme za evakuaciju putnika.

Opasnosti po životnu sredinu od požara vozila podstaknute novim tipovima goriva kao što su etanol, biogas, električna energija i dr. još uvijek su uglavnom nedovoljno istražene.

Prevoz opasnih materija može predstavljati problem pri požaru na kamionima, jer dovodi do veoma specifičnih zagađenja.

Jedan broj radova pri istraživanju se fokusirao na oticanje vode pri požaru vozila. Kod požara putničkih drumskih motornih vozilima i pri njihovom gašenju vodom, pjenom i dr. sredstvima (Amon i dr., 2014) pokazalo se da je oticanje pomenutih sredstava veoma kontaminirano metalima i organskim jedinjenjima, te se može proširiti na velike udaljenosti, dostižući relativno visoke vrijednosti kontaminacije na lokalnom nivou. Tipični zagađivači su: bakar, cink, olovo, kadmijum, antimon, toluen i benzol. Takođe se mogu naći ostaci plastike kao što su akrilonitril i stiren (Noiton, 2001). Oni će direktno dospjeti u životnu sredinu, gdje mogu imati akutne, ali i hronične efekte, u zavisnosti od tipa incidenta.

Poseban problem vezan za požare vozila je što se mogu dogoditi na bilo kojoj lokaciji, što znači da mjere zadržavanja i sanacije mogu biti veoma komplikovane, a njihov neuspjeh potencijalno dovodi do kontaminacije osjetljivih ekosistema.

Kada se požar vozila dešava na putevima, pritisak da se put ponovo otvori može dovesti do minimizacije zadržavanja medija za suzbijanje i sanaciju. Vatrogasci se često suočavaju sa pitanjem gašenja požara, što može dovesti do oticanja velikih količina vode u životnu sredinu, ili puštanja da vozilo izgori pod kontrolom, a to dovodi do povećanja emisija u vazduh. Kontaminacija tla je često veoma visoka, ali ograničena na lokalnu oblast. Međutim, ona može služiti kao skladište zagađenja, koje vremenom može dospjeti i u vodovodne sisteme. Emitovane toksične vrste su evidentirane za sistem voda, vazduh i zemljište (Lonnermark i Blomqvist, 2006), te u nekim slučajevima predstavljaju značajan udio zagađenja i produkuju negativne uticaje na životnu sredinu.

Iako većina požarnih incidenata uzrokuje lokalna i uglavnom manja zagađenja, specifične situacije u osjetljivim oblastima mogu dovesti do više ozbiljnih posledica. Zato je veoma važno obuzdavanje požara, kao i odgovarajući tretmani, u funkciji zaštite životne sredine, bezbjednosti i zdravlja ljudi.

4. ZAKLJUČAK

Požari drumskih motornih vozila, zajedno sa njihovim uticajima na životnu sredinu i negativnim posledicama po ljude, predstavljaju značajan problem.

Prilikom analiza baza podataka često postoji problem analize predmetne vrste požara, zbog nedostatka izvještavanja, a samim tim je i visok udio nepoznatih podataka za dublju analizu. Različite metode izvještavanja između različitih baza podataka i zemalja otežavaju poređenje podataka na ravnopravnoj osnovi.

Zaključak generisan kao rezultat detaljne analize i komparacije vrsta drumskih motornih vozila, koja su učestvovala u požarnim incidentima na putevima Amerike i dijela Evrope, je da se najveći broj požara događa na putničkim (82,70% u SAD i 81,70% u Hrvatskoj), a zatim teretnim-kombinovanim drumskim motornim vozilima (8,80% u SAD i 8,30% u Hrvatskoj).

Utvrđivanje uzroka požara na drumskim motornim vozilima je zahtjevno, jer je potrebno uzeti u obzir mnogo varijabli. Komparacijom podataka o uzrocima požara drumskih motornih vozila koja su učestvovala u požarnim incidentima zaključuje se da postoji sličnost u vrsti primarnih uzroka. Glavni uzroci požara automobila i drugih drumskih vozila na putevima Amerike i dijela Evrope su mehanički kvarovi (43,30% u SAD i 19,80% u Hrvatskoj), električni kvarovi-kvarovi električnih instalacija (21,10% u SAD i 32,10% u Hrvatskoj) i dr.

Prisutan je značajan rizik od požara drumskih motornih vozila, zbog njihove starosti, posebno u zemljama jugoistočne Evrope, koje uglavnom spadaju u kategoriju zemalja u razvoju (prosječna starost motornih vozila je viša od 16 godina u Srbiji i Bosni i Hercegovini).

Iako su požari automobila i drugih drumskih motornih vozila usled saobraćajnih nezgoda relativno rijetki, oni imaju važnu ulogu kada su u pitanju smrtni slučajevi.

Povećano požarno opterećenje u novijim motornim vozilima je važan faktor, koji treba obavezno uzeti u obzir za bezbjednost od požara, kao i njihov potencijal za oslobađanje toksičnih isparenja pri sagorijevanju. Situacija pri požaru automobila i dr. drumskih motornih vozila je složena, jer uključuje mnogo zapaljivih materijala, čije sagorijevanje se brzo razvija, sa stvaranjem dima. U slučaju požara u automobilu polimeri, u komponentama automobila, predstavljaće potencijalni rizik po zdravlje i bezbjednost ljudi.

Pri požarima na automobilima značajne su emisije HCl, SO_2, VOC, PAH i PCDD/PCDF, koji produkuju negativne uticaje na životnu okolinu. Detaljna analiza uticaja požara drumskih motornih vozila na životnu sredinu ukazuje da emitovane toksične vrste PAH i PCDD/PCDF mogu predstavljati, u nekim slučajevima, veliki udio u ukupnom zagađenju.

Prevoz opasnih materija može predstavljati problem pri požaru na teretnim motornim vozilima, jer može dovesti do veoma specifičnih zagađenja.

Kod požara putničkih drumskih motornih vozilima i pri njihovom gašenju vodom, pjenom i dr. sredstvima, oticanjem navedenih sredstava dolazi do značajne kontaminacije okoline sa metalima i organskim jedinjenjima, koja se može proširiti na velike udaljenosti.

Većina požara automobila i dr. drumskih motornih vozila će biti lokalna i produkovati manji obim zagađenja, ali specifične situacije u pojedinim osjetljivim područjima mogu prouzrokovati značajne posledice po životnu sredinu i bezbjednost ljudi.

5. LITERATURA

Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije (2022). https://www.abs.gov.rs/admin/upload/documents/20230306101949--starost-vozila-voznog-parka-2022.pdf (09.06.2023.)

Ahrens, M. (2020). Vehicle Fires. National Fire Protection Association (NFPA) Research, 1-13.

Akta (2022). https://www.akta.ba/kapital/izvjestaji/146387/ (02.06.2023.)

Amon, F., McNamme, M. S., & Blomqvist, P. (2014). Fire effluents contaminants, predictive models, and gap analysis. Brandforsk project, SP report, 20.

Bodolo, T., & Posavac, V. (2009). Pristup utvrđivanju uzroka požara na vozilu. Centar za veštačenje i procene, Novi Sad.

Department for Transport (2004). Age of household cars, 1992-1994 and 1999-2001: Regional Trends. National Travel Survey, 38.

Li, Y., & Spearpoint, M. (2007). Analysis of vehicle fire statistics in New Zealand parking buildings. Fire Technology, 43(2), 93-106.

Lonnermark, A., & Blomqvist, P. (2006). Emissions from an automobile fire. Chemosphere, 62(7), 1043-1056.

Malaker, E. (2023). 12 Car Fire Statistics, https://housegrail.com/car-fire-statistics/ (01.07.2023.)

National Fire Data Center (2018). Highway Vehicle Fires (2014-2016). Topical Fire Report Series, 19(2), 1-11.

Noiton, D. (2001). The ecotoxicity of fire water runoff-Part II: analytical results. ESR Fire Research Report, NZ Fire Service Commission Research Report, 18.

Ochoterena, R., Roux, F., Sandinge, A., Nylander, C., Lindkvist, M., Bjornstig, U., Sturk, D., & Skrifvars, M. (2016). Post-collision fires in road vehicles, a pre-study. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP Rapport, 55.

Persson, B., & Simonson, M. (1998). Fire emissions into the atmosphere. Fire technology, 34(3), 266-279.

Peruško, S., & Belas, D. (2017). Gašenje požara i postupci pri utvrđivanju uzroka požara na vozilima. Vatrogastvo i upravljanje požarima, 7(1), 41-58.

Trisko, E. M. (1975). Results of the 1973 National Survay of Motor Vehicles Fires. Fire Journal, 69, 19-27.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

MODELING THE DISTRIBUTION OF DANGEROUS AIR-POLLUTANTS AND IT SUPPORT IN TRAFFIC ACCIDENTS

MODELOVANJE DISTRIBUCIJE OPASNIH AERO-POLUTANATA I INFORMATIČKA PODRŠKA PRI SAOBRAĆAJNIM AKCIDENTIMA

Venezija S. Ilijazi[a], Jelena S. Lamovec[b], Stevo K. Jaćimovski[b], Jovan P. Šetrajčić[c]

[a] *University Metropolitan, Belgrade, Serbia, venezija.ilijazi@metropoliten.ac.rs*

[b] *University of Criminal Investigation and Police Studies, Zemun, Belgrade, Serbia, jelena.lamovec@kpu.edu.rs, jacimovskis@gmail.com*

[c] *Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, jovan.setrajcic@gmail.com*

Abstract: *Eliminating the consequences of harmful gas emissions is part of the risk management process aimed at monitoring the crisis situation, restoring and rehabilitating the environment, restoring it to its original state, as well as eliminating the danger of the possibility of an accident recurrence. The subject of the research is the contribution to the application of modeling in the emission of hazardous substances in situations that occur during accidents during the transportation of hazardous and volatile substances, e.g. tankers on highways or rail transport. There are several models that allow the calculation of the distribution of the ground concentration of air pollution in the area around the pollution source. Modeling of the spatial and temporal spread of air pollution is used as a basic mathematical and IT support tool for early response and management with the aim of precise weather warning, and to prevent threats to the living world, property, environment and natural resources. The paper provides a solution to the problem of calculating the spread of excess air pollution in which larger or larger amounts of hazardous substances are emitted into the atmosphere. The result is a software solution that enables the recognition of the intensity, scope and consequences of the caused danger and is a contribution to monitoring the movement of air pollution in the entire contaminated area after the accident, as well as the assessment of the final range of the caused pollution.*

Key words: *transport accident, air pollution, mathematical-informatics modeling, spatial and temporal distribution of air pollution*

Apstrakt*: Otklanjanje posledica emisije štetnih gasova je deo procesa upravljanja rizikom koje imaju za cilj praćenje krizne situacije, obnavljanje i sanaciju životne sredine, vraćanje u prvobitno stanje, kao i uklanjanje opasnosti od mogućnosti ponovnog nastanka udesa. Predmet istraživanja je doprinos primeni modelovanja kod emisije opasnih materija u situacijama koje se javljaju prilikom akcidenata pri prevozu opasnih i isparljivih materija, npr. cisternama po auto-putevima ili šinskim transportom. Postoji više modela koji omogućavaju proračun distribucije prizemne koncentracije aerozagađenja u oblasti oko izvora zagađenja. Modelovanje procesa prostorno-vremenskog širenja aerozagađenja ima primenu kao osnovni matematičko-informatički alat podrške pri ranom reagovanju i upravljanju s ciljem preciznog vremenskog upozoravanja, a da bi se sprečilo ugrožavanje živog sveta, imovine, životne sredine i prirodnih resursa. U radu se daje rešenje problema sa proračunavanjem širenja ekscesnih aerozagađenja u kojima se emituju veće ili velike količine opasnih supstancija u atmosferu. Rezultat je softversko rešenje koje omogava prepoznavanje intenziteta, obima i posledica izazvane opasnosti i predstavlja doprinos u praćenju kretanja aerozagađenja na celokupnom kontaminiranom prostoru posle akcidenta, kao i procenu krajnjeg dometa izazavanog zagađenja.*

Ključne reči: *transportni akcident, aerozagađenje, matematičko-informatičko modelovanje, prostorno-vremenska distribucija aerozagađenja*

1. UVOD

Ispuštanja opasnih gasova u atmosferu, bilo slučajno zbog ljudske nemarnosti, kvarova u postrojenju, prirodnih nepogoda, ili namerno u terorističkim napadima (u akcidentima), predstavljaju veliku opasnost po stanovništvo i infrastrukturu kao i po životnu sredinu. Toksične hemijske materije kod akcidenata mogu dovesti do požara, trovanja, opekotina, bolesti ljudi i zagađenja životne sredine usled njihovog paljenja, eksplozija, nekontrolisanog curenja i prosipanja kao i deformacije postrojenja ili prevoznog sredstva kod skladištenja ili transporta (Dingman, 2014; Štrbac, Petrović-Gegić i Mirosavljević, 2019). Količina i vrsta opasne materije i veličina zona prostiranja zagađenja utiču na razmere i stepen opasnosti pri akcidenatima kod hemijskih postrojenja i pri transportu opasnih materija. Mali procenat hemijskih materija sadrži samo jednu od opasnih osobina (zapaljivost, toksičnost, eksplozivnost itd.). Supstance obično imaju dve ili više opasnih osobina koje su međusobno zavisne ili povezane (Zhang i Kleinstreuer, 2001). Na primer, zapaljiva jedinjenja su često eksplozivna i opasna.

Problematika zagađenja životne sredine, njihovih uzroka i posledica, podrazumeva unapređenje i usavršavanje metoda i tehnika za analizu i procenu rizika od neželjene opasnosti sa potencijalno ozbiljnim posledicama po ljudsko zdravlje ili životnu sredinu i time se bavi posebna multidisciplinarna oblast – ekološka forenzika (Dingman, 2014; Ilijazi, et al, 2021). Tu postoje dva pristupa istraživanja. Prvi je konvencionalni pristup, ili pristup po klasičnim – EPA standardima i metodama koje se koriste za određivanje koncentracija odabranih hemijskih materija ili jedinjenja koja se ispuštaju u životnu sredinu. Ove metode su veoma jednostavne, dobro dokumentovane i nalaze se u širokoj primeni, ali daju informacije samo o specifično izabranoj hemijskoj materiji ili jedinjenju. Drugi pristup je kompleksniji i podrazumeva upotrebu i primenu širokog spektra naučnih tehnika, te analitičkih i numeričkih metoda radi dobijanja sveobuhvatne slike zagađenja. U radu se baziramo na ovom drugom pristupu uz primenu naprednih informatičko-komunikacionih tehnologija, kao i korišćenje analitičkih metoda i numeričko-grafičkih prikaza u cilju identifikacije, analize i procene rizika kod aero zagađenja. Opasne materije koje se koriste, obrađuju ili prevoze, često su podložne incidentima različite težine, i uprkos korišćenju raznih tehnika i procedura kao i mera usvojenih za sprečavanje tih nesreća, nije ih moguće predupredити. Da bi rizik bio minimalan, neophodno je razviti planove i procene za smanjenje katastrofa koji omogućavaju zaštitu potencijalno pogođenog područja (Filipović, 2000).

Matematički modeli disperzije opasnih materija čine osnov prevencije i zaštite u vanrednim situacijama, s obzirom na to da su nivo i opseg posledica direktno srazmerni merama koje su potrebne za njihovo izbegavanje ili ublažavanje. U početku su to bili jednostavni modeli koji su se mogli lako proračunati. Razvoj informacionih tehnologija doprineo je ubrzanom razvoju matematičkih modela disperzije čime su oni postali sve kompleksniji, sa sve više ulaznih parametara. Postojeće softverske aplikacije za modelovanja gasnog zagađenja daju samo delimično rešenje problema disperzije. Veliki procenat ovih modela ne radi u stvarnom – realnom vremenu, sa istovremenom akvizicijom i obradom snimljenih podataka, već samo vrši analizu prikupljenih podataka i prikaz regiona rizika u dve dimenzije. Zone različitih koncentracija opasnih materija su statične i ne uzimaju u obzir dinamiku procesa, primarnu promenu atmosferskih uslova i promenu jačine izvora zagađenja. Utvrđivanje i razrada modela disperzije za odabrane polutante predstavlja osnovni cilj ovog istraživanja kako bi se omogućila procena zagađenja vazduha koji je primarno uslovljen polutantima kod akcidenata usled transporta opasnih materija i njihovog izlivanja, uz uzimanje u obzir i drugih faktora kao što su meteorološki, topografski i ostali. Poseban akcenat je na brizi prema stanovništvu. Ovaj rad bi trebalo da ukaže na potrebu za ranim reagovanjem na potencijalne opasnosti kojima su izloženi upravo stanovnici u zonama zahvaćenim uticajem opasnih materija. Za potrebe matematičkog modelovanja korišćene su različite tehnike i metode, zbog kompleksnosti istraživanog zadatka, kao i aplikativna rešenja *Aloha* i *Ceres* koja razmatraju zagađenost vazduha u zavisnosti i od lokacije, meteoroloških faktora i klasa stabilnosti.

2. METODI ANALIZE I PROCENE RIZIKA KOD AKCIDENATA

Način procene rizika ima za cilj da identifikuje i kvantifikuje područja na kojima bi potencijalno mogao da se dogodi akcident. To je proces koji mora biti stručno i naučno utemeljen multidisciplinarnim pristupom. Dobro urađena procena opasnosti je preduslov za adekvatno planiranje, pripremu, prevenciju, reagovanje na akcident kao i otklanjanje štetnih posledica. U isto vreme, ova procena pruža dovoljno korisnih informacija i podataka za proces upravljanja rizikom pri transportu opasnih materija. Ova faza ima za cilj da proceni obim mogućih posledica akcidenta kao i veličinu štete.

Istraživanje o drumskom transportu opasnih materija ide u tri pravca (Guo i Verma, 2010). Prvi je vezan za metodologiju koja je usmerena na poboljšanje reagovanja u vanrednim situacijama na osnovu karakteristika

puta, vremenskih uslova i obima saobraćaja i drugih faktora. Drugi je zasnovan na analizi rizika od nezgoda koristeći istorijske podatke čiji je cilj otkrivanje karakteristika nezgoda kao što su učestalost pojave, posledice nezgode, i identifikacija uzročno-posledičnih faktora. Treći pravac se odnosi na donošenje odluka usmerenih na izbor transportnih sredstava i rute. Saobraćajne nesreće nastale kao posledica transporta opasnih materija, predstavljaju veliki rizik i opasnost po stanovništvo, životnu sredinu, biljni i životinjski svet. U vezi sa tim neophodno je sagledati sve informacije o posledicama koje generišu ove vrste saobraćajnih nesreća. Rizik kod transporta opasnih materija bitno se razlikuje se od uobičajenog rizika od saobraćajnih nezgoda zbog mogućnosti prouzrokovanja ozbiljnih posledica po zdravlje stanovništva kao i životne stredine (Ilijazi, et al, 2021). Glavni faktor koji razlikuje problematiku transporta opasnih materija od ostalih transportnih problema čini rizik i on se definiše kao verovatnoća prouzrokovanja teških posledica po stanovništvo, biljni i životinjski svet kao i životnu sredinu u blizini mesta nesreće (Erkut, Tjandra i Verter, 2007), na delu puta dužine l:

$$R_l = S_l \cdot P_l \cdot N_l \tag{1}$$

gde su: R_l – rizik od transporta opasnih materija, S_l – broj učesnika u saobraćaju, P_l – verovatnoća nezgode učesnika i N_l –broj osoba koje mogu biti pogođene nezgodom.

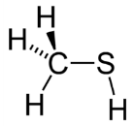
Danas u svetu postoji veliki broj matematičkih modela i softverskih rešenja koji su deo projekata i sistema unutar pojedinih država i upotrebljavaju se kao pomoć u svim fazama upravljanja rizikom i svim vrstama vanrednih situacija (Kumar i Goyal, 2012). Radi analize opasnosti kod nesreća pri njihovom transportu, usled izlivanja opasnih materija koje se prenose vazduhom, najčešće se koristi Gausov model distribucije aero zagađenja (Zhang, Hodgson i Erkut, 2000), ali on daje statičnu i često pogrešnu sliku, pa se povezivanjem sa bazom GIS sistemom došlo do disperzionih modela, npr. *Aloha* i *Marplot,* uvezanih preko *Cameo* modula ili objedinjenih u *Ceres* (Ramasamy, et al, 2013). Ovi modeli danas imaju značajnu ulogu zbog svoje sposobnosti da procene uticaj i štetnost određenih procesa i predstavljaju jedini metod koji kvantifikuje deterministički odnos između emisije i koncentracije hazardnog gasa. Aplikacije nude opciju vizuelnog prikaza koji je integrisan sa interfejsom Google Maps, sa svim standardnim mogućnostima GIS sistema. Oni mogu proceniti posledice posmatranih scenarija, kao i efikasnost primenjenih strategija za smanjenje zagađenja. Vizuelnim i zvučnim alarmima, automatski se generiše, prati, analizira i procenjuje uticaj različitih parametara, sa unapred definisanim scenarijima, a u cilju brzog odgovora pri vanrednim situacijama usled hemijskih nezgoda i akcidenata. Aplikacija nudi mogućnost arhiviranja i analize istorijskih podataka.

Prilagođeni i inovirani softverski paket *Aloha* u čijoj osnovi se nalazi Gausov model, primenili smo na akcident koji se desio pre 4 godine u Srbiji. Naime, dana 25.07.2019. godine u 13:49 (i 17.01.2019. godine u 13:34), u Kruševcu u urbanom delu grada u ulici Šumadijska 2, na krivini na tranzitnom putu (koordinate: 43°35′08″ N i 21° 20′ 17″ E, nadmorska visina 160 m), dogodio se transportni incident – prevrnula se cisterna koja je prevozila 18,6 tona metal-merkamptana. Izmerena trenutna temperatura vazduha je iznosila + 34 °C (– 5 °C), vlažnost vazduha je bila 25 % (75 %), oblačnost je iznosila 5/10 (7/10), duvao je severni (severozapadni) vetar brzinom od 3 m/s (7 m/s). U zagradi su podaci za prethodni (zimski) accident. Prilikom prevrtanja, na cisterni 30 cm od tla, pojavio se otvor širine 2 cm i dužine 40 cm.

3. REZULTATI STUDIJE AKCIDENTOG SLUČAJA

Metil-merkaptan (Metan-etiol) je organsko hemijsko jedinjenje čiji su osnovni i relevantni podaci da ti u tabeli 1). Treba naglasiti da se pri normalnim atmosferskim uslovima nalazi u gasovitom stanju i da je bez boje, ali je jako štetan i otrovan, izuzetno zapaljiv, dakle jako opasan po okolinu (živi i neživi svet)! U tabeli 2 prikazani su rezultati izveštaja za odigrani scenario akcidenata: levo za letnji, a desno za zimski.

Tabela 1. Osobine metil-merkamptana

METIL–MERKAPTAN	
	
Identifikacioni brojevi	
CAS broj	74-93-1

Osobine	
Hemijska oznaka	CH_4S
Molska masa	$48 \cdot 10^{-3}$ kg/mol
Prirodni oblik	Bezbojan gas
Gustina	900 kg/ m^3, tečnost na 0 °C
Tačka topljenja	−123 °C
Tačka ključanja	5.95 °C
Rastvorljivost	Nerastvorljiv
Struktura	
Molekulski oblik	Trostrani piramidalni
Opasnosti	
EU klasifikacija	**F+** **T** **N** Štetan i otrovan (**T**) Izuzetno zapaljiv (**F+**) Opasan po okolinu (**N**)
NFPA704 oznaka	
Eksplozivnost	Zapaljiv gas

Tabela 2. Izveštaj za scenarija za lokaciju pogođenom akcidentom sa zonama ugroženosti

Toxic Threat Zone

Time: July 25, 2019 13:49

Location: Шумадијска 2, Крушевац 37000, Србија (43.58557N, 21.33810E)

Chemical Name: METHYL MERCAPTAN

Wind: 3 m/s from 10.0° true at 10 m

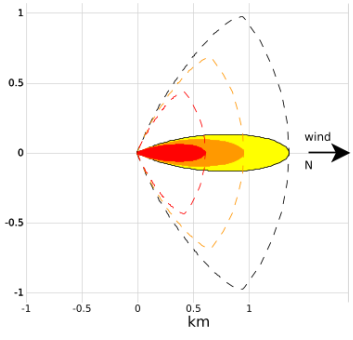
THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red: 605 m --- ≥68 ppm (PAC-3 - AEGL-3 [60 min])

Orange: 950 m --- ≥23 ppm (PAC-2 - AEGL-2 [60 min])

Yellow: 1.4 km --- ≥10 ppm



Threat Zone

	Concentration	Distance
	≥68 ppm (PAC-3 - AEGL-3 [60 min])	605 m
	≥23 ppm (PAC-2 - AEGL-2 [60 min])	950 m
	≥10 ppm	1.4 km

▪▪▪▪▪ wind direction confidence lines

Note: ALOHA limited the duration to 1 hour

Toxic Threat Zone

Time: January 17, 2019 13:34

Location: Шумадијска 2, Крушевац 37000, Србија (43.58557N, 21.33810E)

Chemical Name: METHYL MERCAPTAN

Wind: 7 m/s from 63.0° true at 10 m

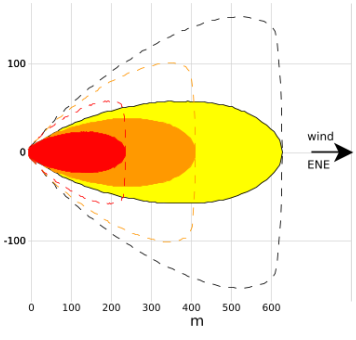
THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red: 236 m --- ≥68 ppm (PAC-3 - AEGL-3 [60 min])

Orange: 410 m --- ≥23 ppm (PAC-2 - AEGL-2 [60 min])

Yellow: 627 m --- ≥10 ppm



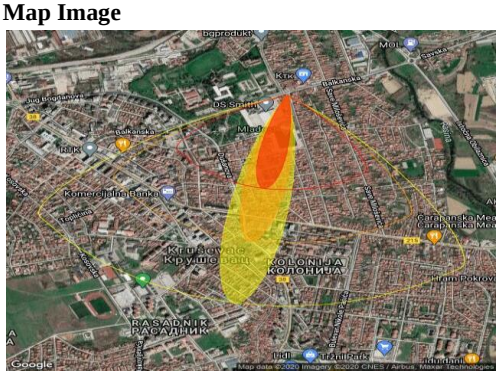
Threat Zone

	Concentration	Distance
	≥68 ppm (PAC-3 - AEGL-3 [60 min])	236 m
	≥23 ppm (PAC-2 - AEGL-2 [60min])	410 m
	≥10 ppm	627 m

▪▪▪▪▪ wind direction confidence lines

Note: ALOHA limited the duration to 1 hour

Map Image

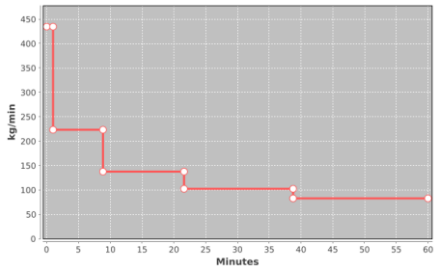


Source Strength (Release Rate)

Time: July 25, 2019 13:49

Chemical Name: METHYL MERCAPTAN

SOURCE STRENGTH:
Evaporating Puddle: (Note - chemical is flammable)
Puddle Area: 148 m^2
Puddle Volume: 48.6 m^3
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: 44° C
Initial Puddle Temperature: 5.5° C
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate (averaged over a minute or more): 435 kg/min
Total Amount Released: 7,449 kg



Impacted Places

Impact	Type	Name	Distance	Address
Low	Health care	Ceragem Jade Bed	0.94 km	Poručnika Božidara 6, Kruševac, Srbija
Low	Education	Vlado	1.08 km	Dragomira Gajića 22, Kruševac, Srbija
Low	Education	Škola norveškog jezika	1.13 km	Hajduk Veljkova 22, Kruševac Srbija
Low	Healthcare	Ambulanta za fiz.terapiju Salus Krusevac	1.26 km	Đakona Avakuma, Kruševac, Srbija

Threat at point: Ceragem Jade Bed

Address: 6, Poručnika Božidara 6, Kruševac, Srbija

Type: Healthcare

Location: 43.57740N, 21.33523E

Building Air Exchanges Per Hour: 1.5

Max Concentration:

Outdoor: 17.8 ppm

Indoor: 2.83 ppm

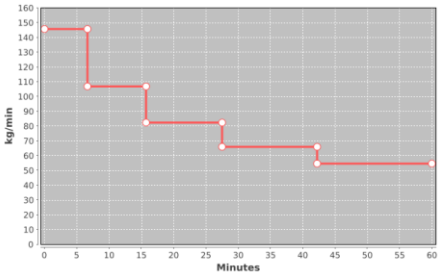
Map Image

Source Strength (Release Rate)

Time: January 17, 2019 13:34

Chemical Name: METHYL MERCAPTAN

SOURCE STRENGTH:
Evaporating Puddle: (Note - chemical is flammable)
Puddle Area: 148 m^2
Puddle Volume: 48.6 m^3
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: -8° C
Initial Puddle Temperature: -8° C
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate (averaged over a minute or more): 146 kg/min
Total Amount Released: 4,846 kg



Impacted Places

Impact	Type	Name	Distance	Address
Low	Healthcare	Ozren Sokobanja	0.48 km	Dušanova 3, Kruševac Srbija
Low	Education	Jovan Popović	0.58 km	Balkanska 56, Kruševac Srbija

Threat at point: Ozren Sokobanja

Address: Dušanova 3, Kruševac Srbija

Type: Healthcare

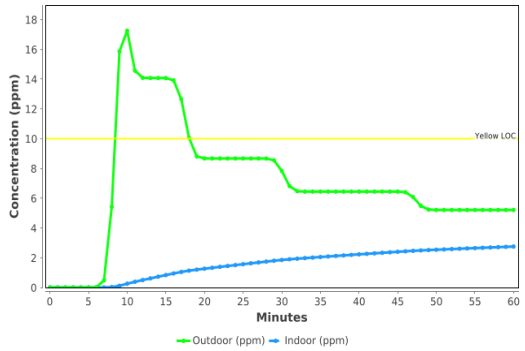
Location: 43.58322N, 21.33313E

Building Air Exchanges Per Hour: 1.5

Max Concentration:

Outdoor: 10.5 ppm

Indoor: 2.16 ppm



Threat at point: Vlado

Address: Dragomira Gajića 22, Kruševac, Srbija

Type: Education

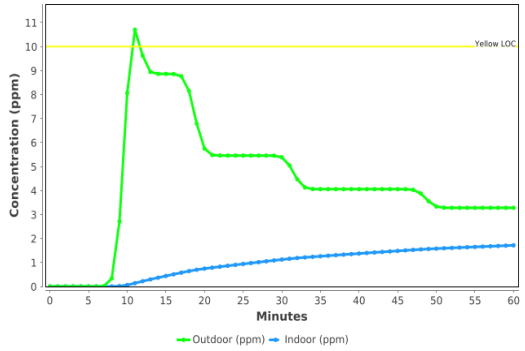
Location: 43.57592N, 21.33709E

Building Air Exchanges Per Hour: 1.5

Max Concentration:

Outdoor: 11 ppm

Indoor: 1.77 ppm



Text Summary

SITE DATA:

Location: Шумадијска 2, Крушевац 37000, Србија (43.58557N, 21.33810E)

Time: July 25, 2019 13:49

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: METHYL MERCAPTAN

CAS Number: 74-93-1 Molecular Weight: 48.11 g/mol

AEGL-1 (60 min): N/A AEGL-2 (60 min): 23 ppm AEGL-3 (60 min): 68 ppm

IDLH: 150 ppm LEL: 39000 ppm UEL: 218000 ppm

Ambient Boiling Point: 5.5deg C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: over 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 m/s from 10.0° true at 10 m

Ground Roughness: 1 m Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 34° C Stability Class: C

No Inversion Height

Relative Humidity: 24%

SOURCE STRENGTH:

Evaporating Puddle: (Note - chemical is flammable)

Puddle Area: 148 m^2

Puddle Volume: 48.6 m^3

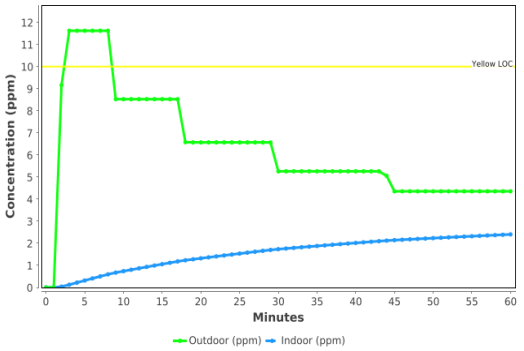
Ground Type: Concrete

Ground Temperature: 44° C

Initial Puddle Temperature: 5.5° C

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate (averaged over a minute or more): 435 kg/min



Threat at point: Jovan Popović

Address: Balkanska 56, Kruševac, Srbija

Type: Education

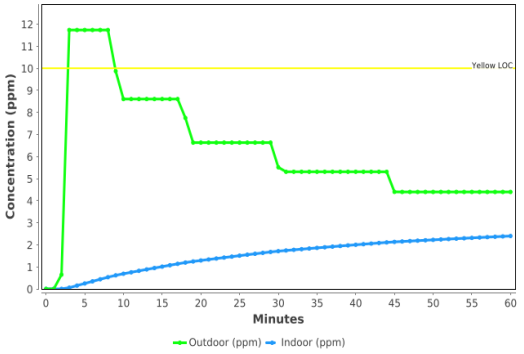
Location: 43.58342N, 21.33153E

Building Air Exchanges Per Hour: 1.5

Max Concentration:

Outdoor: 10.6 ppm

Indoor: 2.16 ppm



Text Summary

SITE DATA:

Location: Шумадијска 2, Крушевац 37000, Србија (43.58557N, 21.33810E)

Time: January 17, 2019 13:34

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: METHYL MERCAPTAN

CAS Number: 74-93-1 Molecular Weight: 48.11 g/mol

AEGL-1 (60 min): N/A AEGL-2 (60 min): 23 ppm AEGL-3 (60 min): 68 ppm

IDLH: 150 ppm LEL: 39000 ppm UEL: 218000 ppm

Ambient Boiling Point: 5.5deg C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.64 atm

Ambient Saturation Concentration: 652,344 ppm or 65.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 m/s from 63.0° true at 10 m

Ground Roughness: 1 m Cloud Cover: 7 tenths

Air Temperature: -5° C Stability Class: C

No Inversion Height

Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:

Evaporating Puddle: (Note - chemical is flammable)

Puddle Area: 148 m^2

Puddle Volume: 48.6 m^3

Ground Type: Concrete

Ground Temperature: -8° C

Initial Puddle Temperature: -8° C

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate (averaged over a minute or more): 146 kg/min

Total Amount Released: 7,449 kg THREAT ZONE: Model Run: Gaussian Red: 605 m --- ≥68 ppm (PAC-3 - AEGL-3 [60 min]) Orange: 950 m --- ≥23 ppm (PAC-2 - AEGL-2 [60 min]) Yellow: 1.4 km --- ≥10 ppm	Total Amount Released: 4,846 kg THREAT ZONE: Model Run: Gaussian Red: 236 m --- ≥68 ppm (PAC-3 - AEGL-3 [60 min]) Orange: 410 m --- ≥23 ppm (PAC-2 - AEGL-2 [60 min]) Yellow: 627 m --- ≥10 ppm

4. DISKUSIJA

Ukupna procenjena površina pod potencijalnim rizikom je oko 2 km^2 u prvom – letnjem scenariju, odnosno 0,5 km^2 u drugom – zimskom scenariju (mape-slike iz tabele 2). Kako se radi o urbanoj i relativno gusto naseljenoj oblasti, procenjuje se da će stanovništvo, koje je verovatno pod direktnim negativnim uticajem akcidenta, brojati oko 10.000 ljudi. U letnjim uslovima u zoni ugroženosti nalaze se i dve zdravstvene i dve obrazovne ustanove na rastojanju od 1,4 km od mesta nesreće (crvena zona oko 600 m, narandžasta oko 950 m i žuta oko 1,4 km), što prikazuju zone ugroženosti (prvi grafici u tabeli 2). U zimskim uslovima u zoni ugroženosti nalaze se po jedna zdravstvena i obrazovna ustanova na rastojanju od oko 0,6 km (crvena zona oko 240 m, narandžasta oko 410 m i žuta oko 630 m).

Nadalje, rezultati ukazuju da bi broj potencijalno ugroženih stanovnika u slučajevima opisanim u simulacijama bio izuzetno velik: vidi se da bi najmanje 70 % posmatrane naseljene teritorije bilo izloženo opasnoj dozi ispuštene hemikalije. Takođe, u toj simulaciji se vidi da toksični oblak stiže do mesta gde bi bila registrovana povećana količina metil-merkaptanom i bila bi potrebna evakuacija čak i do 60 % stanovnika. Iz druge simulacije (desna mapa) vidi se da bi bila registrovana povećana količina metil-merkaptanom i u okolnim mestima što bi izazvalo potrebu za evakuacijom čak i do 30 % stanovnika. Kada se govori o metil-merkaptanu, mora se reći da je on jedan izuzetno toksičan gas, može biti i smrtonosan, ako se ne počne sa monitoringom, evakuacijom i sanacijom na vreme.

Iz vremenske zavisnosti koncentracije zagađenja (prvi grafici na drugoj stranici tabele 2) za oba scenarija evidentna je maksimalna koncentracija zagađivača u prvih 15 minuta: u letnjem – koncentracija za to vreme opadne na 1/3 vrednosti (sa 435 kg/min na 145 kg/min), a posle 60 minuta koncentracija opada na 90 kg/min. U zimskom scenariju koncentracija opada sa 146 kg/min na 110 kg/min, a posle 60 minuta na 55 kg/min.

Povećavanje rizika leti u odnosu na zimski period je zbog činjenice da je leti temperatura površinskih slojeva atmosfere u blizini zemljine površi gotovo jednaka temperaturi gornjih slojeva atmosfere, pa je atmosfera stabilnija nego zimi.

5. ZAKLJUČCI

Metode matematičkog modelovanja daju mogućnost objedinjavanja uzroka i posledica zagađenja atmosfere, tj. emisije polutanata u atmosferu i nivoa njene zagađenosti. Modelovanje zagađenosti atmosfere ima ulogu povratne veze između monitoringa kvaliteta atmosferskog vazduha i broja i rasporeda izvora zagađenja. Takođe, modelovanjem se kontroliše i efikasnost različitih projekata, čiji je cilj smanjenje zagađenja okolne sredine. Kao rezultat modelovanja dobija se polje koncentracije polutanata u određenoj oblasti, što nam omogućava procenu rizika za zdravlje ljudi u posmatranoj oblasti.

Hemijski akcidenti su verovatno najopasniji od svih akcidenata. Ne mogu se unapred predvideti, a mogu da budu sa veoma teškim posledicama. Zato je neophodno analizirati sva mesta u tehnološkom procesu proizvodnje, transportu i tehnološkom procesu eksploatacije i na osnovu analiza raditi na prevenciji. Prevencija može da smanji posledice, ali rizik od nastanka udesa uvek postoji.

Studije slučaja kao i simulacije hemijskih nesreća predstavljaju jednostavne i jako pouzdane softverske metode u različitim fazama analize rizika. Nemogućnost analize podataka i simulacije u svim godišnjim dobima su ograničenja ovog rada. Budući da se analizirana studija slučaja odnosi na letnji, odnosno zimski period, zone opasnosti i procena rizika u proleće i jesen se mogu razlikovati od date studije slučaja.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je finanskijski podržan od strane Ministarstva za naučnotehnološki razvoj, visoko obrazovanje i informaciono društvo Republike Srpske (Projekti br. 19.032/961-36/19 i 19.032/961-42/19).

6. REFERENCE

Dingman, S. L., (2014). Physical Hydrology. Waveland Press, Inc.

Erkut, E., Tjandra S. A., i Verter V. (2007). Hazardous Materials Transportation, Handbooks in Operations Research and Management Science 14, 539-621.

Filipović D., (2000). Geoprostorno modelovanje rizika u životnoj sredini – doktorska disertacija, Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.

Guo, X.L., Verma, M., (2010). Choosing vehicle capacity to minimize risk for transporting flammable materials, J. Loss Prev. Process Ind. 23(2), 220–225.

Ilijazi V. et al. (2021). Software-supported visualization of mathematical spatial-time distribution models of air-pollutant emissions, Journal of Scientific i Industrial Research 80, 915-923.

Kumar, A., Goyal, P. (2012). An Analytical Model for Pollutants dispersion released from different sources in atmospheric boundary layer, Journal of Environmental Research and Development 7(1). 131-138.

Ramasamy, et al. (2013). Regional EIA and Risk Assessment in a Fast Developing Country, Nova Science, New York.

Zhang Z, Kleinstreuer C, (2001). Effect of Particle Inlet Distributions on Deposition in a Triple Bifurcation Lung Airway Model, Journal of Aerosol Medicine 14(1), 13-29.

Štrbac, D., Petrović-Gegić, A., Mirosavljević, Z., (2019). Uvod u inženjerstvo zaštite životne sredine, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

ELECTRIC VEHICLES

VOZILA NA ELEKTRIČNI POGON

Aleksandar Mićović[a], Živorad Ristić[b], Vojislav Krstić[a], Slobodan Makragić[c]

[a] *University of Priština, Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, Knjaza Milosa no. 7, Kosovska Mitrovica 38220, Serbia, aleksandar.micovic@pr.ac.rs, vojislav.krstic@pr.ac.rs*

[b] *Insurance Association of Serbia, Trešnjinog cveta 1g, 11150 Beograd, Serbia, zivorad.ristic@uos.rs*

[c] *Auto Visit LLC, Milošev Kladenac 14B, 11000 Beograd, Serbia, autovisitdoo@gmail.com*

Abstract: *The share of electronics as well as energy occupies an increasing percentage in the value of vehicle sales. Therefore, in everyday life, but also in the business environment (maintenance, vehicle exploitation, forensic expertise), we are faced with a large number of labels (abbreviations), mostly in English, which denote a certain important performance of a passenger car. We can give an example that due to the lack of knowledge of the exploitation of electric vehicles, a potential buyer of a new car may be greatly mistaken and, due to the lack of knowledge of terms, buy a mild hybrid or pay significantly more for a plug-in hybrid even though he lives in a building and does not have where to charge it.*

That is why it is extremely important, especially for mechanical and traffic engineers who are in contact with this area of motor vehicles, to be familiar with the types of electric vehicles and hybrids, as well as various designations, i.e. acronyms (abbreviations made up of the initial letters of a name or name).

Key words: *Electric Conveyance vehicles, Hybrid electric vehicle*

Apstrakt*: Udeo elektronike, ali i energetike, zauzima sve veći procenat u vrednosti prodaje vozila. Stoga smo suočeni u svakodnevnom životu, ali i u poslovnom okruženju (održavnje, eksploatacija vozila, sudsko veštačenje) sa velikim brojem oznaka (skraćenica), pretežno na engleskom jeziku koje označavaju određenu važnu performansu putničkog automobila. Kao primer može se navesti da usled nepoznavanja eksploatacije električnih vozila, potencijalni kupac novog automobila može doći u veliku zabludu i da zbog nepoznavanja termina kupi npr. blagi hibrid ili plati znatno više plug-in hibrid iako živi u zgradi i nema gde da ga puni.*

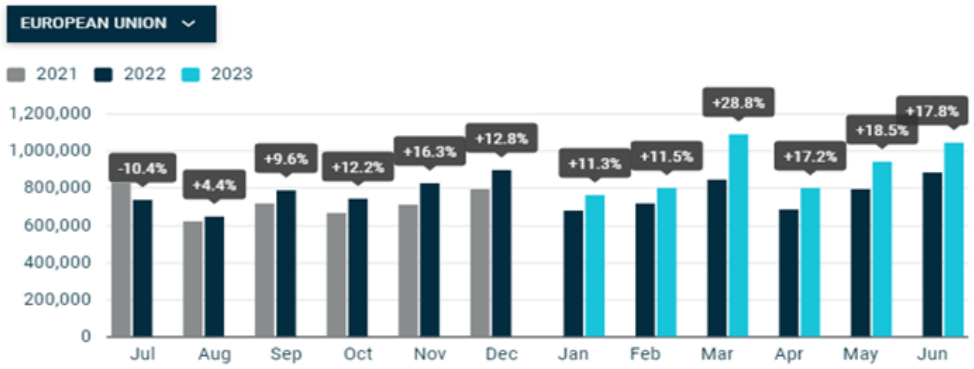
Zato je od izuzetne važnosti, naročito za mašinske i saobraćajne inženjere koji su u dodiru sa ovom oblasti motornih vozila, generalno upoznavanje sa vrstama električnih vozila i hibrida, kao i raznim oznakama, tj. akronimima (skraćenicama sastavljenih od početnih slova nekog naziva ili imena).

Ključne riječi: *Vozila sa električnim punjenjem, Hibridna električna vozila*

1. UVOD

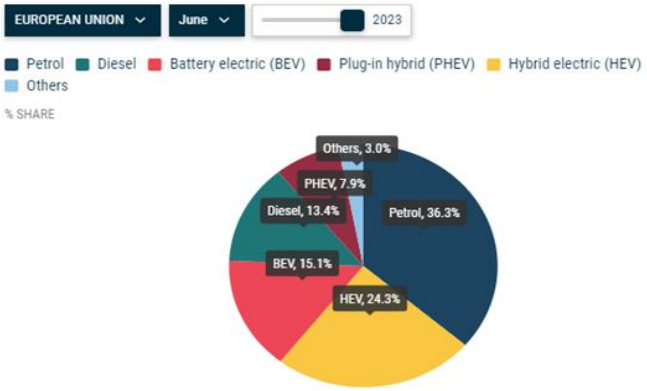
U prvoj polovini 2023. godine, registracija novih automobila u EU je značajno porasla za 17,9%, dostigavši 5,4 miliona jedinica. Ovaj podatak pokazuje da se evropska automobilska industrija oporavlja od poremećaja u snabdevanju izazvanih pandemijom. Osim Mađarske (-1,4%), sva tržišta EU su porasla, uključujući četiri najveća: Nemačku (+24,8%), Španiju (+13,3%), Francusku (+11,5%) i Italiju (+9,1%). Najveći trend rasta zabeležen je prilikom registracije novih električnih vozila za više od pola miliona. Prema izvorima Udruženja proizvođača automobila Evrope (European Automobile Manufacturers' Association - ACEA) radi se o trendu rasta prodaje koji traje već deset meseci neprekidno. Bez obzira što je ukupna prodaja vozila za čak 21% manja u odnosu na isti period 2019. godine, udeo prodatih hibridnih vozila je sa 9,6 porastao na 13,8%. Potrebno je naglasiti da vozila sa klasičnim pogonskim agregatima (SUS) i dalje zauzimaju najveći procenat prodaje novih

automobila (36,5%). Hibridna vozila sada predstavljaju po brojnosti drugi izbor za kupce novih vozila, čineći četvrtinu ukupnog tržišta.[2]



Slika 1: Novoregistrovana putnička vozila u EU

U maju 2023. je prodato i 342.806 vozila sa benzinskim motorom što je za 2% manje nego u istom mesecu 2022. godine. Međutim gledano za prvih pet meseci ove godine ukupan broj prodatih vozila sa benzinskim motorom iznosi više od 1,6 miliona, što predstavlja značajan rast od 17% u odnosu na isto razdoblje u 2022. godini. Rast je uglavnom podstaknut rezultatima prodaje u Italiji (uvećanje za 23,9%), Francuskoj (za 18,3%) i Nemačkoj (za 17,6%).[2] Tržište vozila sa dizel agregatima na nivou Evropske unije, je u maju ove godine zabeležilo pad za oko 2,9%, nasuprot dobrim rezultatima na dva najveća tržišta - Italiji (rast za 24,3 posto) i Nemačkoj (za 3,6 posto) i trenutno predstavlja udeo oko 14,3% ukupnog tržišta. U junu ove godine po prvi put je udeo na tržištu električnih automobila sa baterijskim ćelijama porastao sa 10,7% na 15,1%, prestigavši udeo vozila sa dizel agregatom. Hibridno-električni automobili ostali su drugi najpopularniji izbor među kupcima novih automobila, sa 24,3% tržišta.[2]



Slika 2: Prodaja putničkih vozila u EU u junu 2023, po vrsti pogonskog agregata[2]

Kada govorimo o hibridnim vozilima kod kojih postoji mogućnost punjenja električnom energijom značajan rast prodaje ovog tipa vozila bio je podstaknut subvencijama od strane vodećih zemalja EEC. Ovo se naročito odnosi na tržište Nemačke gde je procenat hibridnih vozila (plug-in hibrida) u maju 2022. godine iznosio 8,8% tržišnog udela. Međutim ukidanjem subvencija krajem prošle godine tržišni udeo se u maju mesecu ove godine smanjio na 7,4%.

2. VOZILA SA ELEKTRIČNIM PUNJENJEM

Vozila sa električnim punjenjem (ECV ili ECVs - Electric Conveyance Vehicles - Električna transportna vozila) podrazumevaju električna vozila sa baterijama i plug-in hibride, od kojih oba zahtevaju odgovarajuću infrastrukturu za punjenje Pokreću se pomoću jednog ili više elektromotora, koji kao „gorivo“ koriste električnu energiju.

Električni automobili brzo dobijaju na popularnosti, ne samo zbog zabrane prodaje novih benzinskih i dizel automobila (od 2030. do 2035.). Električni automobili u svom najstrožem smislu napajaju se isključivo baterijama, ali postoji niz drugih tipova automobila koji spadaju pod okrilje „elektrificiranih“ vozila. Tržište „elektrificiranih“ putničkih automobila može se podeliti u sledeće glavne kategorije.

Hibridna električna vozila (HEV - H = Hybrid (hibrid), E = Electric (električno), V = Vehicle (vozilo)) pokreću se motorom sa unutrašnjim sagorevanjem (koji radi na benzin ili dizel), ali imaju i električni motor na baterije koji služi kao dopuna konvencionalnom motoru. Generalno, hibridno vozilo se odnosi na bilo koji automobil koji koristi i motor sa unutrašnjim sagorevanjem i električni motor. Teorijski gledano - automobil će koristiti električni motor za kratke udaljenosti, npr. gradska vožnja u uslovima saobraćajne gužve, dok za duža putovanja koristi pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem kao kod tradicionalnog vozila. Električna energija se proizvodi interno iz regenerativnog kočenja i motora sa unutrašnjim sagorevanjem, tako da im nije potrebna infrastruktura za punjenje.

Ljubitelji formule 1 verovatno se sećaju da je u trkama od 2009 do 2011 upotrebljavan dodatni sistem ugrađen u vozilo pod nazivom KERS (skraćenica od Kinetic Energy Recovery System). Električni generator (Motor Generator Unit - Kinetic - MGU-K) pretvara toplotu proizvedenu od kočenja u električnu energiju. Pretvorena električna energija se zatim skladišti u bateriji i koristi za dodatni pogon vozila po potrebi.

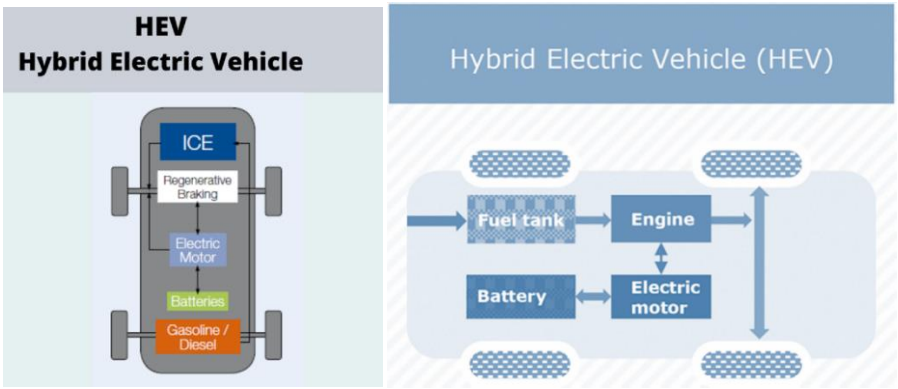
Nivo hibridizacije se kreće od blage do pune. Najpoznatiji primeri klasičnog hibridnog vozila su Toyota Prius, Suzuki Ignis Hibrid i Kia Niro Hibrid.

Slika 3: Toyota Prius

Kretanje vozila obavlja se:

- samo na benzin/dizel,
- samo na struju,
- istovremeno i na benzin/dizel i na struju, npr. prilikom oštrih ubrzanja.

Kod hibridnih električnih vozila postoje razne varijacije, pa imamo i hibride sa više elektromotora, sa raznim kombinacijama pogona na prednjoj i zadnjoj osovini, u zavisnosti od toga da li imaju pogon na svim točkovima ili ne. Motor sa unutrašnjim sagorevanjem, kao i električni motor kontrolišu se precizno kompjuterskim softverom koji obezbeđuje najbolju ekonomičnost goriva i dovodi do manje emisije izduvnih gasova u poređenju sa tradicionalnim vozilima sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem[1]. HEV vozila su odlična za gradsku vožnju, gde se mogu ostvariti impresivne uštede u potrošnji goriva.



Slika 4: Šematski prikaz hibridnog električnog vozila[3]

U literaturi se susrećemo i sa oznakom ***Full Hybrid Electric Vehicles - FHEV*** (F= Full (puno), H = Hybrid (hibrid), E = Electric (električno), V = Vehicle (vozilo)). Oznaka F, odnosno reč "Full", dodata je da bi se naglasilo da je reč o „pravom" hibridu.

Kada se koristi samo električni motor, FHEV obično ima domet ispod 100 km. Ovo je obično dovoljno za svakodnevnu vožnju, a noviji FHEV polako podižu granicu u smislu efektivnog dometa. Međutim, pošto ovaj tip vozila koristi i motor sa unutrašnjim sagorevanjem, možete očekivati da će većina FHEV-a imati kombinovani domet od preko 600 km. Prednost FHEV-a je u tome što kombinuje najbolje od tradicionalnog i čisto električnog vozila. Većina električnih vozila poseduje nizak operativni radijus kretanja koji lako nadmašuju vozila sa SUS motorima, tako da nisu idealna za duža putovanja. S druge strane, obični automobili troše mnogo goriva pri vožnji na kratkim razdaljinama, posebno ako je potrebno da se automobil zaustavi i pokrene mnogo puta. Pored toga, problem infrastrukture i brojnosti stanica za punjenje je isključen prilikom upotrebe FHEV. Ovo je naročito izraženo u zemljama u našem okruženju gde je izuzev Slovenije i Hrvatske, infrastruktura stanica za punjenje električnih automobila još u začetku.

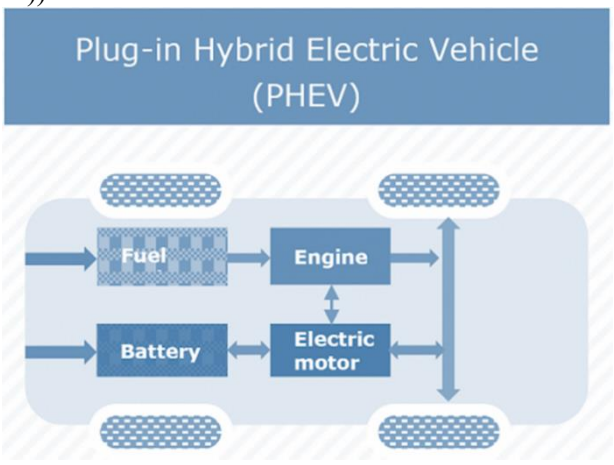
Kao i kod većine električnih vozila, u jednom određenom vremenskom intervalu dolazi do obavezne zamene akumulatorske baterije na FHEV-u. Međutim, pošto je ona značajno manja kako po dimenzijama, tako i po kapacitetu, njena zamena ne košta kao kod čisto električnih vozila. Čak i ako baterija radi samo sa 50% svog uobičajenog kapaciteta, vozilo u režimu rada SUS motora će i dalje raditi na nivou tradicionalnih automobila.

Mild Hybrid Electric Vehicles - MHEVs (M= Mild (blago), H = Hybrid (hibrid), E = Electric (električno), V = Vehicle (vozilo)). Oznaka M, odnosno reč "Mild", dodata je da bi se naglasilo da je reč o „blagom" hibridu.

Blagi hibrid preuzima principe hibrida, ali ih koristi na najblaži način. MHEV je konvencionalni benzinski ili dizel automobil koji koristi veoma mali električni motor i bateriju da obezbedi dodatnu snagu za motor ili pomoćne sisteme (klima uređaj, servo upravljač) kada je to potrebno. Ovo može pomoći ubrzanju, dok elektrika od 48 volti koja je tipično prisutna u MHEV-u može dozvoliti da se motor ugasi kada se automobil kreće, štedeći gorivo. MHEV-ove ne treba smatrati u istom smislu kao konvencionalne hibride, već ih je najbolje smatrati tradicionalnim automobilima na benzin ili dizel sa pojačanim alternatorima. Zahtevaju ređe punjenjeakumulatorske baterije, što ih čini pogodnom opcijom dok tehnologija plug-in postaje dostupnija. Najvažnija razlika u odnosu na FHEV *je u tome što se pogonski točkovi ne mogu pokretati u čisto električnom režimu.* Ford Puma i Fiat 500 Mild Hibrid su dva najpoznatija predstavnika MHEV vozila.

Slika 5: Fiat 500 Mild Hibrid

Plug-in hibridno električno vozilo – PHEV (P = Plug-In (priključiti), H = Hybrid (hibrid), E = Electric (električno), V= Vehicle (vozilo))



Slika 6: Šematski prikaz Plug-in hibridnog električnog vozila[3]

PHEV je hibrid čija se akumulatorska baterija može puniti priključivanjem na punjač, kao i baterija kod čisto električnog automobila. PHEV je, najopštije rečeno, nešto između klasičnog hibrida i električnog automobila. On ima mogućnost punjenja baterije priključivanjem na punjač ili kućnu utičnicu isto kao kod električnih vozila, a zahvaljujući tome što ima znatno veću akumulatorsku bateriju od klasičnog hibrida može znatno duže da se eksploatiše samo na struju. Ova vrsta vozila predstavlja kombinaciju najboljeg od oba "sveta" - svakodnevno korišćenje kao električno vozilo ali sa sigurnosti upotrebe SUS motora u svakom trenutku, bez bojazni od ispražnjene baterije. Imperativ dostupnosti ili zauzetosti punjača u ovom slučaju nije primaran, mada se punjenje baterije uvek može izvršiti ukoliko se za to pruži prilika. Mane ovog tipa vozila su viša cena, veća težina, manja zapremina prtljažnika.

Baterija PHEV-a je manja od EV-a, ali veća od konvencionalnog hibrida. Kompanija Volvo reklamira autonomiju kretanja u električnom režimu za model vozila XC40 od najviše 45 km, dok za model V60 deklariše autonomiju od 59 km. Pored toga što se puni u generatorskom režimu rada, PHEV baterija se može uključiti i napuniti putem strujne mreže.

Slika 7: Gama PHEV vozila proizvođača Volvo

Slika 8: Mercedes GLC 300e

Sa autonomijom kretanja samo na električni pogon od 130 km, Mercedes GLC 300e ima jedan od najdužih dometa u odnosu na bilo koji plug-in hibrid.

Fuel Cell Electric Vehicles - FCEV (F = Fuel (gorivna), C = Cell (ćelija), E = Electric (električno), V= Vehicle (vozilo)), ili u duhu našeg jezika Električna vozila sa gorivnim ćelijama (automobili na vodonik)

Američko Ministarstvo energetike predvodi istraživačke napore kako bi vozila na vodonik postala pristupačna, ekološki prihvatljiva i sigurna opcija transporta. Vodonik se smatra alternativnim gorivom prema Zakonu o energetskoj politici iz 1992. godine i kvalifikuje se za poreske olakšice za vozila na alternativno gorivo.

Električno vozilo sa gorivim ćelijama (FCEV) koristi vodonik za gorivo, pretvarajući ga preko gorivnih ćelija u električnu energiju koja zauzvrat pokreće električni motor. Ove ćelije rade tako što pretvaraju vodonik u električnu energiju kroz proces elektrolize, bez emitovanja gasova staklene bašte ili zagađivača. Vodonik je obnovljiv i bogat izvor energije i može se proizvesti preradom obnovljivih izvora energije kao što su voda ili sunčeva energija. Sistem za gorivo mora biti praćen rezervoarom vodonika pod pritiskom, gde se vodonik skladišti i transportuje do gorivne ćelije za pogon vozila. Punjenje vodonikom se može obaviti preko benzinskih stanica, slično onima za benzin ili dizel. Ova tehnologija svakako nudi mnoge prednosti u odnosu na konvencionalna električna vozila, kao što su veći domet, kraće vreme punjenja i nulte emisije štetnih gasova[4]. Najčešći tip gorivne ćelije za primenu u vozilima je gorivna ćelija sa polimer elektrolitnom membranom (PEM). U PEM gorivoj ćeliji, elektrolitska membrana je u sendviču između pozitivne elektrode (katode) i negativne elektrode (anode). Vodonik se uvodi u anodu, a kiseonik (iz vazduha) se uvodi u katodu. Molekuli vodonika se

raspadaju na protone i elektrone usled elektrohemijske reakcije u katalizatoru gorivne ćelije. Protoni zatim putuju kroz membranu do katode. Elektroni su primorani da putuju kroz spoljašnje kolo da bi izvršili rad (obezbeđujući snagu električnom automobilu), a zatim se rekombinuju sa protonima na strani katode gde se protoni, elektroni i molekuli kiseonika kombinuju da bi formirali vodu.

Slika 9: Toyota Mirai

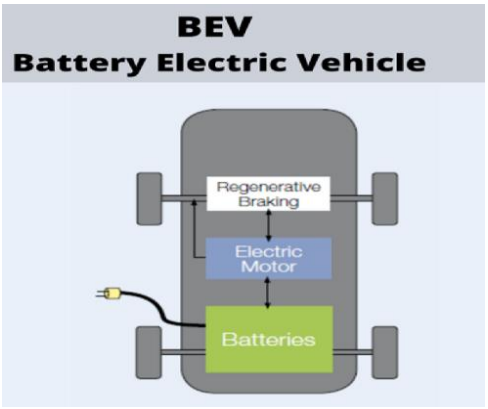
Vozila sa vodoničnim pogonom su još uvek retkost na tržištu novih automobila, dok je posebno ograničavajuća okolnost broj stanica za punjenje vodonikom. Prema dostupnim informacijama, trenutno postoje samo dva FCEV vozila na tržištu Velike Britanije - Toyota Mirai i Hyundai Neko. Osnovne prednosti vozila na vodonik su autonomija kretanja od oko 650 km i kratko vreme punjenja rezervoara sa vodonikom od samo 3-5 minuta.

Extended-range electric vehicle - EREV (E = Extended (proširen), R = Range (domet), E = Electric (električno), V= Vehicle (vozilo)), ili u duhu našeg jezika električno vozilo sa proširenjem dometa. EREV je tip električnog vozila sa produženim dometom, koji se smatra suprotnošću od blagog hibrida. U ovom slučaju, motor sa unutrašnjim sagorevanjem deluje kao pojačivač, dok je električna jedinica odgovorna za pogon vozila. EREV je u suštini električni automobil sa malim benzinskim ili dizel motorom koji može da deluje kao generator za punjenje svojih baterija. Ovaj tip vozila treba smatrati električnim automobilom, a njegove baterije se pune sličnim pristupom, sa motorom koji se uključuje kako bi povećao autonomiju kretanja. Motor ne pokreće direktno točkove vozila i koristi se kada su akumulatorske baterije malog kapaciteta i ispražnjene.

BMV i3 je najpoznatiji predstavnik ovog tipa električnog vozila. Međutim više se ne proizvodi u ovom obliku već isključivo kao čisto električno vozilo. U toku ove godine očekuje se serijska proizvodnja novog modela Mazde MKS-30 EV, koja će biti opremljena sa rotacionim vankel motorom koji je nekada bio sinonim za sportski automobil. Međutim ovaj motor neće direktno pokretati vozilo, njegova funkcija se sastoji da kroz okretanje konstantnom brzinom puni akumulatorsku bateriju, koja napaja električni motor od 125 kV (167 KS) za pogon vozila. Vankelov motor poseduje zapreminu od samo 830 kubika i razvija 75 konjskih snaga (55 kW) sa ugaonom brzinom od 4.700 obrtaja u minuti. Vozilo se može koristiti kroz tri režima vožnje, 100% električni, klasični i punjenje. U prvom, nazvanom EV, automobil se napaja isključivo energijom iz baterije sve dok nivo napunjenosti ne padne na 0%. Tek tada se pokreće rotacioni klipni motor koji proizvodi potrebnu električnu energiju. Normalni režim održava nivo baterije na minimum 40% u svakom trenutku zahvaljujući motoru sa unutrašnjim sagorevanjem, dok režim punjenja koristi ovaj drugi da dopuni bateriju i omogući da se putovanje završi u električnom režimu.

Slika 10: Mazda MKS-30 EV

Battery Electric Vehicle BEV (BEV/AEVs - B = Battery (baterija), E = Electric (električno), V = Vehicle (vozilo)/ A = All (čisto), E = Electric (električno), V = Vehicle (vozilo)) se u potpunosti napajaju električnom energijom uskladištenom u ugrađenoj bateriji koja se puni uključivanjem u električnu mrežu. Oznaka BEV ima bukvalno isto značenje kao i EV - „čisto“ električno vozilo.



Slika 11: Battery Electric Vehicle BEV/AEVs

Naime, postoje električna vozila koja ne koriste baterije, već struju dobijaju preko žice, kao npr. tramvaj ili trolejbus, ili iz superkondenzatora, kao npr. Higer autobusi u Beogradu na linijama EKO1 i EKO2. BEV vozila su opremljena sa ugrađenim akumulatorskim baterijama čija se snaga koristi za rad elektromotora bez postojanja drugog motora na sekundarno gorivo (motor sa unutrašnjim sagorevanjem). Vozilo skladišti električnu energiju u hemijskom obliku u baterijama velikog kapaciteta ili superkondenzatorima prisutnim u vozilu, tako da nije potreban nikakav rezervoar za gorivo ili gorivna ćelija. Za razliku od tradicionalnog motora sa unutrašnjim sagorevanjem, BEV vozila rade sa nultom emisijom i bez druge štete po životnu sredinu. Jedno od trenutno najpopularnijih električnih vozila je svakako Tesla Model 3, kao i Kia EV6 i Volksvagen ID.3.

Slika 12: Tesla Model 3

Pošto nema motora sa unutrašnjim sagorevanjem, BEV-ovi prave vrlo malo buke i mogu da se zaustave i pokrenu veoma brzo zbog prirode električnih vozila. Pored toga, oni ne nastavljaju da sagorevaju energiju kada vozilo prestane da se kreće jer nema potrebe da se koristi hemijska energija uskladištena u baterijama. Kao takvi, savršeni su za gradsku vožnju jer se mogu zaustaviti i pokrenuti bez gubitka efikasnosti. Kompanija Volvo reklamira autonomiju kretanja u električnom režimu za model vozila od najviše 480 km, dok za model EX90 deklariše autonomiju od čak 600 km.

BEV se u potpunosti napajaju ugrađenim baterijama, koje se pune iz spoljnih izvora uz pomoć specijalnih punjača, a brzina punjenja zavisi od tipa punjača. Punjači su klasifikovani prema brzini punjenja. Generalno, dostupna su tri tipa EV punjača: nivo 1, nivo 2, nivo 3 ili DC brzi punjač. Prvom nivou potrebno je skoro 8 do 10 sati da se potpuno napuni EV, a za punjenje koristi standardnu utičnicu od 120 volti. Punjači nivoa 2 zahtevaju posebne stanice za punjenje električnih vozila koje mogu da obezbede 240 volti, koje mogu da napune EV u roku od 4 do 6 sati. Brzi punjač nivoa 3 ili DC takođe zahteva posebnu stanicu za punjenje, a ovaj brzi punjač može napuniti EV do 80% do 90% za oko 4 sata.

3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Nagli rast proizvodnje električnih i hibridnih vozila podstaknut je pre svega ogromnom tržišnom konkurencijom proizvođača putničkih automobila, težnjom korisnika vozila za što ekonomičnijim ali i komfornijim načinom prevoženja, kao i novim zakonskim regulativama koje se odnose na smanjenje emisije izduvnih gasova, ukidanjem ili maksimalnim smanjivanjem ekološkog zagađenja i očuvanjem životne sredine. U odnosu na vozila proizvedena pre samo dve decenije, gde se korisnik po pravilu u najvećem broju slučajeva odlučivao za kupovinu vozila sa dizel ili benzinskim agregatom i određenim nivoom ugrađene opreme (klima uređaj, erbegovi za vozača i suvozača, parking senzori, električno podešavanje sedišta i upravljača…), današnja tržišna utakmica između proizvođača diktira potpuno nove tipove električnih i hibridnih vozila, napredne sisteme za pomoć vozaču, inovativne elemente aktivne i pasivne bezbednosti. Danas, novi automobili dolaze sa više opcija za pogon nego ikada ranije. Oni takođe dolaze sa novom terminologijom vezanom za njihovu tehnologiju[5]. Kada je u pitanju elektrifikacija, izbori se kreću od nule (ICE) do čisto električnog vozila (EV). Električni automobili predstavljaju relativno novu oblast sa kojom se sreću u svakodnevnom radu inženjeri na poslovima održavanja vozila, procenama štete ili sudskim veštačenjima. Zato je neophodno dobro poznavanje predmetne materije i konstantno praćenje razvoja ove grane auto industrije, koja polako zauzima dominantno mesto i u našem svakodnevnom životu.

4. LITERATURA

Gordić, M., Stamenković, D., Popović, V., Muždeka, S., Mićović, A. (2017). Electric vehicle conversion: optimisation of parameters in the design process. Tehnički vjesnik, 24 (4), 1213-1219. https://doi.org/10.17559/TV-20160613131757.

https://www.acea.auto/pc-registrations/new-car-registrations-17-8-in-june-battery-electric-15-1-market-share/, 20.07.2023.

https://e-amrit.niti.gov.in/types-of-electric-vehicles, 14.04.2023.

https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html, 24.06.2023.

https://www.jdpower.com/cars/shopping-guides/types-of-electric-vehicles-mild-hybrid-hybrid-plug-in-hybrid-and-electric, 08.07.2023.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

IMPACT OF MOTOR VEHICLES ON THE ENVIRONMENT

UTICAJ MOTORNIH VOZILA NA OKRUŽENJE

Zoran Ćurguz[a], Ivan Krstić[b], Miroslav Kostadinović[a], Siniša Božićković[a], Božidar Krstić[b]

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

[b] *University of Kragujevac, Faculty of Engineering, 6, Sestre Janjic Str. 34000 Kragujevac, Serbia, bkrstic@kg.ac.rs*

Abstract: *The number of registeredvehicles in the world today is increasing day by day. The necessity of their application, and the benefit from that application, is an undeniable fact. However, the exploitation of a huge number of vehicles also leads to numerous side effects: Increased level of noise and its harmful effect on the environment; Harmful effect of exhaust emissions on the environment;... The paper presents the results of the analysis of the impact of vehicles in the environment from the aspect of exhaust emissions.*

Key words: *vehicle, exhaust emission, traffic safety*

Apstrakt: *Broj registrovanih vozila danas u svetu se iz dana u dan povećava. Neophodnost njihove primene, i dobrobit od te primene, je nepobitna činjenica. Ipak, eksploatacija ogromnog broja vozila dovodi i do brojnih neželjenih efekata. Ti negativni efekti su: Povećana verovatnoća pojave udesnih događaja, čak i sa katastrofalnim posledicama; Povećani nivo buke i njenog štetnog delovanja na okruženje; Štetno delovanje izduvne emisije na okruženje;... U radu su prikazani rezultati analize šetnog delovanja vozila na okruženje sa aspekta izduvne emisije.*

Ključne reči: *vozilo, izduvna emisija, bezbednost saobraćaja*

1. UVOD

Potreba za korišćenjem vozila na celokupnoj površini naše planete, za različite namene i u najrazličitijim uslovima, dovela je i do razvoja ogromnog broja različitih tipova, klasa i kategorija vozila, različitih namena.

Potereba za zadovoljenjem brojnih zahteva koji se postavljaju pred vozilima, dopoinela je i da se razviju i primenjuje ogroman broj najrazličitijih izvedbi sastavnih delova vozila (pogonskih agregata, transmisije, kočnih i upravljačkih sistema, sistema aktivne i pasivne bezbednosti,...).

Proizvođači vozila teže da ispune sve strožije zahteve koji se postavljaju pred njima, prvenstveno radi zadovoljenja postojećih propisa i zakonske regulative koja se odnosi na vozila i njegovog uticaja, ne samo na bezbednost saobraćaja, već i na sve aspekte njegovog štetnog delovanja na okruženje.

Danas je još uvek dominantna primena na vozilu pogonskih agregata, poznatih pod nazivom motori sa unutrašnjim sagorevanjem. Pored brojnih prednosti njihove primene (ekonomičnost, dinamičnost, kompaktnost gradnje,...), oni imaju i brojne nedostatke (prvenstveno štetno dejstvo izduvne emisije, buka,...).

Od pojave prvih motora sa unutrašnjim sagorevanjem koji su se ugradjivali u motornim vozilima, do danas, ogroman broj naučnika i pronalazača radilo je i radi na dobijanju takvih konstruktivnih rešenja koja će u najboljoj meri doprineti da ti motori imaju što povoljnije pogonske i upotrebne karakteristike. I pored svih tih napora i dostignuća koja su do današnjih dana postignuta u ovoj oblasti, motor sa unutrašnjim sagorevanjem, kao pogonski agregatmotornih vozila, ima i te kako štetno dejstvo na okruženje, prvenstveno sa aspekta izduvne emisije.

Cilj ovog rada je da doprinese rasvetljavanju problematike uticaja motornih vozila, koja kao pogonski agregat imaju motor sa unutrašnjim sagorevanjem, na okruženje, i to prvenstveno sa aspekta emisije ugljendioksida, a samim tim i na globalno zagrevanje.

2. STANJE I RAZVOJ POJEDINIH KONCEPCIJA POGONA VOZILA

Razvoj motornih vozila je počeo sa razvojem pouzdanog pogonskog agregata, što govori o njegovoj važnosti i funkciji u motornom vozilu. Kao pogonski agregat kod motornih vozila danas se najviše koristi motor sa unutrašnjim sagorevanjem, u kome se hemijska energija goriva pretvara u mehanički rad.

Prednosti primene motora sa unutrašnjim sagorevanjem su : Relativno dobra ekonomičnost goriva; Relativno dobra specifična snaga; Dobra kompatibilnost gradnje; Brza spremnost za rad; Troše gorivo samo dok rade; Koriste gorivo visoke energetske sabijenosti.

Nedostaci klipnih motora su : Loše ekološke karakteristike; Velika zavisnost od kvaliteta goriva; Nesamostalan početak rada; Znatna bučnost; Komplikovana konstrukcija; Nemogućnost preopterećenja motora; Zahteva stručno rukovanje i održavanje; Visoka cena goriva; Visoka cena proizvodnje.

Nepoželjne pojave tokom sagorevanja u oto motorima su: Pojava disocijacije (umanjuje efikasnost); Pojave nekontrolisanog paljenja i detonacije (ugrožavaju konstrukciju); Pojave toksičnih komponenata u izduvnoj emisiji (ugrožava okolinu).

Nepoželjne pojave tokom sagorevanja u dizel motorima su : Udarno sagorevanje; Dim u izduvnoj emisiji; Toksičnost izduvne emisije.

Razvoj alternativnih goriva za pogon motornih vozila doveo je do razvoja odgovarajućih tehničko-tehnoloških rešenja njihovih podsistema, odnosno tehnologija radi zadovoljenja sve strožijih ekoloških propisa i poboljšanja energetske efektivnosti.

Uticaj vozila na okolinu, sa aspekta ekoliških pokazatelja, može se poboljšati kroz primenu savremenih tehničko-tehnoloških rešenja za njihov pogon.

Alternativna, ili "čista" goriva, koja su namenjena za primenu u motornim vozilima, mogu u velikoj meri da poboljšaju kvalitet vazduha, zahvaljujući svojim karakteristikama koje ih čine čistijim od benzina i dizela.

Generalno posmatrano ova goriva emituju, pri sagorevanju, manje ugljovodonika koji su manje reaktivni i manje toksični, a emisija CO2 je takođe redukovana, što doprinosi smanjenju globalnog zagađenja.

U najpoznatija alternativna goriva ubrajaju se: Biogoriva (biodizel, etanol i biogas); Metanol; Prirodni gas; Tečni naftni gas; Hidrogen; Gorive ćelije; Elektricitet.

Zbog svoje visoke cene, alternativna goriva do danas nisu našla širu primenu, iako imaju povoljnije ekološke karakteristike u odnosu na benzin i dizel gorivo. Razvoj alternativnih goriva pratio je i razvoj odgovarajućih tehnoloških rešenja pogonskih sistema vozila, od kojih su najpoznatiji: Pogon na komprimovani prirodni gas; Hidrogen; Gorive ćelije; Hibridni i elektro pogon.

Na osnovu istraživanja Internacionalne organizacije za javni prevoz UITP (The International Association of Public Transport) došlo se do zaključka da oko 90% gradskog voznog parka je sa dizel motorima, a ostalo pripada alternativnim gorivima: Komprimovani prirodni gas – CNG (oko 41%), Tečni naftni gas – LPG (oko 1,7%), Biodizel (2,8%), Biogas (0,3%) i elektropogon (0,5%). Ukupan udeo drugih goriva, kao što su: etanol, različite dizel i biodizel mešavine i gorive ćelije je manji od 0,5%.

Oko 68% autobusa sa dizel motorima koristi dizel gorivo sa niskim sadržajem sumpora. Komprimovamni prirodni gas (CNG) je u motornim vozilima najčešće primenjivano alternativno gorivo. Hidrogen, kao alternativno gorivo, ima najmanji štetni uticaj na okolinu, kao i najveću energetsku gustinu. Pri sagorevanju oslobađa se voda i nešto malo NOx, koji se može kontrolisati primenom katalitičkih konvertora. Hidrogen, u motorima sus, eksperimentalno se primenjuje već dvadesetak godina. Elektrohemijskim procesom, iz goriva bogatih vodonikom, obično prirodnog gasa ili metanola, u gorivim ćelijama se izdvaja vodonik, koji u kombinaciji sa kiseonikom proizvodi električnu energiju i vodu. Gorivo se efikasnim elektrohemijskim procesom pretvara u električnu energiju. Sa aspekta ekologije ovo je izrazito dobar pogon motornih vozila.

Hibridni pogon predstavlja kombinaciju više pogona (najčešće elektromotora i motora sus sa konvencionalnim gorivom). U primeni je redna ili paralelna veza ovih pogona. Dizel hibridni autobusi mogu da rade, u uslovima gradskog saobraćaja, sa nultom izduvnom emisijom. Vozila sa hibridnim pogonom nalaze se između vozila sa konvencionalnim gorivima i vozila sa gorivim ćelijama. Primena hibridnih pogona na vozilima značajno

redukuje izduvnu emisiju u odnosu na dizel pogon. Potrošnja goriva je manja za oko 15-30%, kao i ukupna emisija CO2.

Pogonski sistem drumskih vozila, sa čisto elektro pogonom, sastoji se od elektromotora, paketa baterija koje služe za smeštaj energije i sistema za upravljanje. Danas su u upotrebi uglavnom olovne i nikl-kadmijumske baterije. Intenzivno se radi na povećanju primene nikl-metal-hibridnih, litijum-jonskih i natrijum-nikl-hlorid baterije. Osnovna prednost vozila sa elektro pogonom je odsustvo izduvne emisije.

3. STANJE I TRENDOVI IZDUVNE EMISIJE MOTORNIH VOZILA

U Kaliforniji 1966 god. Doneti su prvi zakonski propisi o ograničenju izduvne emisije putničkih vozila. U Evropi 1970 godine doneta je prva direktiva o ograničenju izduvne emisije putničkih vozila (Directive 70/220/EC). Direktiva 98/69/EC propisuje granične vrednosti za sledeće komponente u izduvnoj emisiji oto i dizel motora: Ugljen monoksid (CO); Nesagorele ugljovodonike (HC); Okside azota (NOx); Čvrste čestice, čadj (PM).

Od propisa Evro 4 svi delovi vozila koji utiču na izduvnu emisiju moraju da dokažu vek trajanja od 100.000 km, a od propisa Evro 5 vek trajanja je produžen na 160.000 km. 1990 godine Kalifornijska služba za zaštitu okoline (CARB- California Air Resource Board) je donela program pod imenom „Low Emissions Vehicle Regula-tions“ (LEV). Ovaj program zahtevao je od automobilske industrije kontinualno uvo-djenje na tržište sve većeg broja „čistih vozila“, sa permanentnom kontrolom izduvne emisije (On Board Diagnose - OBD). Uvedene su četiri kategorije zakonske regulative u oblasti vozila, koja su kontinualno imala da zadovolje sve strožije zakonske regulative: TLEV – Transient Low Emissions Vehicles (od 1995), LEV – Low Emissons Vehicles (od 1988), ULEV – Ultra Low Emissions Vehicles (od 1998), ZEV – Zero Emissions Vehicles (2% od 1998, 10% od 2010).

Pošto zahtev za ZEV do danas nije mogao da bude ispunjen, zakonodavac je 1998 godine doneo LEV II propis, kojim su uvedene još dve kategorije: SULEV – Super Ultra Low Emissions Vehicles, PZEV – Partial Zero Emissions Vehicles. 2012 godine donet je novi propis LEV III, koji pooštrava granične vrednosti za HC, NO_x i PM i primenjuje se na sva vozila od 2020 godine.

U skoro svim zemljama sveta važe propisi o ograničenju izduvne emisije, koji se oslanjaju na propise Evropske Unije, SAD, ili Japana.

Zajednički za propise svih zemalja je da se testovi vrše na probnom stolu i da imaju sopstvenu- specifičnu propisanu šemu vožnje. Razlike u metodama ispitivanja u EU, SAD, Japanu,... znatno povećavaju troškove razvoja i homologacije.

Trenutno, na snazi je 125 ECE Pravilnika, od čega je 15 u oblasti izduvne emisije i energije motornih vozila, i to: ECE15 – emisija putničkih vozila (nije više aktuelan); ECE24 – emisija dima teških motora i vozila; ECE40 – emisija motorcikala; ECE47 – emisija mopeda; ECE49 – emisija gasova i čestica teških motora i vozila; ECE67 – oprema vozila sa pogonom na tečni naftni gas (LPG); ECE83 – emisija putničkih i lakih teretnih vozila; ECE84 – merenje potrošnje goriva; ECE85 – merenje snage motora; ECE96 – emisija traktorskih dizel motora; ECE101 – emisija ugljendioksida i potrošnja goriva putničkih vozila; ECE103 – zamena katalitičkih konvertora; ECE110 – specifična oprema za komprimovani priridni gas (CNG); ECE115 – naknadna ugradnja LPG i CNG uređaja i ECE120 – merenje snage i potrošnje goriva traktora.

Tabela 1. Izduvna emisija putničkih vozila i lakih teretnih vozila mase manje od 1305 kg - Emisija benzinskih motora po ECE 83.01 testu (gradsi+prigradski ciklus)

	Godina	CO g/km	THC* g/km	NMHC g/km	NOx g/km	THC+NOx g/km	PT g/km
Euro 1	1992	2.72				0.97	
Euro 2	1996	2.2				0.5	
Euro 3	2000	2.3	0.2		0.15		
Euro 4	2005	1.0	0.1		0.08		
Euro 5	2010	1.0	0.1	0.068	0.06		0.005
Euro 6	2015	1.0	0.1	0.068	0.06		0.0045

** THC – ukupni nesagoreli ugljovodonici; **NMHC – ne-metanski ugljovodonici; ***Samo za benzinske motore sa direktnim ubrizgavanjem; ****Od 2000. god kontroni test počinje odmah nakon startovanja (bez početnih 40 sek.)*

Tabela 2. Izduvna emisija putničkih vozila i lakih teretnih vozila mase manje od 1305 kg - Emisija dizel motora po ECE 83.01 testu (gradsi+prigradski ciklus)

	Godina	CO g/km	THC* g/km	NMHC** g/km	NOx g/km	THC+NOx g/km	PT** g/km	PN broj/km
Euro 1	1992	2.72				0.97	0.14	
Euro 2	1996	1.0				0.7	0.08	
Euro 3	2000****	0.64			0.50	0.56	0.05	
Euro 4	2005	0.50			0.25	0.30	0.025	
Euro 5	2010	0.50			0.18	0.23	005	6×10^{11}
Euro 6 *****	2015	0.50			0.08	0.17	0.0045	6×10^{11}

** THC – ukupni nesagoreli ugljovodonici;** NMHC – ne-metanski ugljovodonici;*** Za granice od 0.0045 g/km i 6 x 1011 važiće nova merna procedura;****Od 2000. god kontroni test počinje odmah nakon startovanja (bez početnih 40 sek.);*****Podložno preispitivanju. Važiće nova merna procedura*

Svetska harmonizacija vozilskih propisa (Global Technical Regulation – GTR) obuhvata: Worldwide Heavy-Duty Certification Procedure (WHDC) – GTR No.4; Worldwide Motorcycle Emission Test Cycle (WMTC) – GTR No. 2; OBD System for Heavy-Duty Vehicles (WWH-OBD) – GTR No. 5; Heavy duty Off-Cycle Emissions (OCE) – GTR No. 10; Particulate MeasurementProgramme (PMP); Non-road Mobile Machinery (NRMM); Worldwide Harmonization of Light-Duty Test Procedure (WLTP); Hydrogen and Fuel Cell Vehicles (HFCV).

Da bi se izduvna emisija benzinskih motora poboljšala potrebna je primena novih tehnologija (radi postizanja zahteva Euro 5 i 6), što se može iskazati na sledeći način: Usavršavanje motora (elektronsko ubrizgavanje, turbopunjenje, promenljiva šema razvoda, EGR); Naknadni tretman (TWC, zagrevanje katalizatora, SCR); OBD; Direktno ubrizgavanje (smanjenje emisije i potrošnje, veća cena, emisija čestica); Alternativna goriva (bio-etanol, vodonik); Hibridni pogon (paralelni, serijski, paralelno-serijski, mild, plug-in: dobra emisija i potrošnja, veća cena i masa vozila); Gorive ćelije (perspektivno rešenje ali još daleko od primene); Kvalitetno gorivo (bez sumpora, benzena i olova).

Dizel motor je veliki zagađivač u velikim gradovima i zato je znatno više, od oto-motora, na udaru zakona.

Tabela 3.Izduvna emisija teških teretnih vozila (Granice emisija po ESC i ELR testu Pravilnika ECE R49.03)

Nivo	CO	HC	NOx	PT	Dim	Napomena
ECE 49.03	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	m^{-1}	
A (2000)	2.1	0.66	5.0	0.10	0.8	Euro III
B1 (2005)	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5	Euro IV
B2 (2008)	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5	Euro V
C (EEV)	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15	
(2013/2014)	1.5	0.13	0.4	0.1		Euro VI

Tabela 4.Izduvna emisija teških teretnih vozila(Granice emisija po ETC testu Pravilnika ECE R 49.03)

Nivo	CO	NMHC	CH_4	NOx	PM	Napomena
ECE 49	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	
A (2000)	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16	Euro III
B1 (2005)	4.0	0.55	1.1	3.5	0.03	Euro IV
B2 (2008)	4.0	0.55	1.1	2.0	0.03	Euro V
C (EEV)	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02	
(2013/2014)	4.0	0.16	0.5	0.4	0.01	Euro VI

Tabela 5.Izduvna emisija teških teretnih vozila (Euro VI EU Direktiva 595/2009/EC, 18.7.2009 Važi od 2013/2014)

Test	CO	THC	NMHC	CH_4	NOx	NH_3	PM
	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	ppm	g/kWh
ESC(diz.)	1.5	0.13			0.4	10	0.01
ETC (diz.)	4.0	0.16			0.4	10	0.01
ETC (oto)	4.0		0.16	0.5	0.4	10	0.01

Na osnovu predhodno prikazanih podataka, vidi se da će propisi biti sve stroži, a primena oto i dizel motora za pogon vozila sve manja. Da bi se zadovoljili sve strožiji propisi, po pitanju izduvne emisije motornih vozila, neophodno je razvijati nove savremene tehnologije. Uvođenje novih- tzv. alternativnih pogona u serijsku proizvodnju zahteva sveobuhvatna istraživanja, kao i iznalaženje onih rešenja koja će zadovoljiti ne samo

kriterijume po pitanju izduvne emisije, već i po pitanju performansi i karakteristika vozila. Pri tome neophodno je obezbediti i što niže troškove proizvodnje i eksploatacije vozila sa takvim pogonima.

Paralelno sa merenjem izduvne emisije, meri se i potrošnja goriva.

U rešavanju problema „Uticaj vozila na okolinu“ moraju da učestvuju i proizsvodjači vozila, ali i proizvodjaci goriva. Poznata je cinjenica da „čisti“ motori traže i „čista“ goriva. U tom kontekstu neophodna je saradnja izmedju naftne i automobilske industrije.

Novi koncepti motora i nove tehnologije za naknadnu obradu izduvnih gasova motora sus, zahtevaju optimizaciju kompletnog sistema. Pored motora i izduvnog sistema, gorivo, kao važan deo motora, mora da bude uključeno u proces optimizacije.

Najveci svetski proizvodjači vozila su postavili zahteve koja goriva moraju da ispune da bi bila uspešno primenjena u njihovim motorima sus. Posle izbacivanja olova, smanjenja količine aromata, posebno benzola, pažnja je posvećena smanjenju i potpunom uklanjanju sumpora iz goriva. I najmanje količine sumpora u gorivu negativno utiču na rad sistema za prečišćavanje izduvnih gasova.

U EU potrošnja goriva nije direktno ograničana, ali od 1978 godine proizvodjači su obavezni da daju informaciju o visini potrošnje. Indirektno je potrošnja goriva ograničena preko CO_2 emisije. Izmedju CO_2 emisije i potrošnje fosilnih goriva (B) postoji sledeća zavisnost: $CO_2 = 27 \times B$ [l/100 km] za vozila sa dizel motorom, $CO_2 = 24 \times B$ [l/100 km] za vozila sa oto motorom.

Uvođenje propisa 443/2009 EC treba da doprinese smanjenju emisije CO_2 flote jednog proizvodjača od 2012 do 2015 godine na 120 gCO_2/km (oko 5 l/100 km). Do 2021 god. ova vrednost očekuje se smanjenje na 95 gCO_2/km (≈3,5 – 4,0 l/100km).

U SAD je potrošnja goriva, kroz tzv. CAFE standard (Corporate Average Fuel Economy) limitirana još od 1978 god. i iznosi 27,5 MpG (8,55 l/100 km). Godine 2010 u SAD su doneta nova pravila za potrošnju goriva i emisiju CO_2. Granične vrednosti za potrošnju goriva i CO_2 emisiju zavise od geometrijske površine vozila.

Radi smanjenja emisije nesagorelih ugljovodonika od vozila neophodno je voditi racuna i o isparenjima koja nastaju ispara-vanjem goriva, guma, plastike i raznih lepkova.

U EU su od 1983 god., a u SAD od 1993 godine, na snazi testovi isparavanja ugljovodonika kompletnog vozila u mirovanju, koji se vrše u specijalnim komorama - tzv. SHED-test (Sealed Housing for Evaporate Emission Determination).

I pored ulozenih velikih napora da se pronadje drugi (alternativni) pogonski agregat za motorna vozila, motor sus je do danas ostao neprikosnoveni pogonski agregat motornih vozila. Skoro 140 godina dizel i oto motori pokazuju da su najbolja tehnicka resenja pogonskih agregata vozila koja koriaste energiju koja je sadržana u fosilnim gorivima.

Veruje se da ce obe motorske varijante zadržati svoj značaj kao pogonski agregati za motorna vozila i budućnosti, a da ce razvoj u pogledu smanjenja potrošnje goriva i stetnog uticaja izduvne emisije na zivotnu sredinu i dalje intenzivno biti nastavljen.

Do 1975.godine analizirani su samo teorijski uporedni ciklusi oto i dizel motora, koji vode računa samo o ekonomičnosti motora. 1975 godine patentiran je novi teorijski ciklus, koji vodi računa i o smanjenju emisije izduvnnih gasova (HC i NO_x), tzv. termodinamički ciklus sa izotermnom ekspanzijom. Oto i dizel motori sa višekratnim, direktnim brizgavanjem, koji se danas proizvode i primenjuju, rade prema ovom ciklusu.

Od uvodjenja prvih zakonskih propisa o ograničenju emisije izduvnih gasova, po-četkom 70.tih godina prošlog veka, pred motorima sus postavljali su se sve stroziji zahtevi po pitanju zadovoljenja zahteva koji se odnose na sastav izduvne emisije. Razvoj oto i dizel motora omogucio im je zadovoljenje sve strozijih zahteva, i to im je omogućilo da i danas budu najprimenjivaniji pogonski agregati motornih vozila. Mere koje se preduzimaju radi smanjenja stetnosti izduvne emisije i smanjenja potrošnje goriva (a time i smanjenje CO_2), podrazumevaju optimiranje velikog broja parametara i sistema ovih motora.

Sva vozila, koja se danas proizvode, moraju da imaju rezervoar sa aktivnim ugljem, da bi smanjili isparavanje vozila u miru, kao i kompletan sistem za kontrolu izduvne emisije u toku eksplatacije (OBD).

Danasnji rezultati analize uticaja emisije CO_2 na moguće klimatske promene, intenzivirali su napore u razvoju motora sus u oblasti smanjenja potrošnje goriva. Otvaranje stalno nove puteve za smanjenje potrošnje goriva.

Razvoj novih materijala, primena novih tehnologija proizvodnje, kontrole i upravljanja procesima u motoru, doprinose unapredjenju karakteristika motora sus, i sa aspekta smanjenja potrosnje goriva, kao i sa aspekta smanjenja stetnog uticaja na zivotnu sredinu.

4. PROBLEM GLOBALNOG ZAGREVANJA PLANETE ZEMLJE

Švedski hemičar i nobelovac Svante Arrhenius prvi ukazao 1896. godine na opasnost od globalnog zagrijavanja izazvanog prekomernom emisijom CO_2 . On je još tada izračunao da će se temperatura na planeti Zemlji u narednih sto godina povećati za približno 3 °C ako se koncentracija CO_2 u atmosferi udvostruči, što se pokazalo tačnim.

Ovom problemu se počela da poklanja značajnija pažnja kada je merenjima utvrđeno da se količine glavnih gasova staklene bašte u atmosferi naglo povećavaju. Do tog povećanja dolazi zato što prirodni sistemi nisu u stanju da apsorbuju sve količine tih gasova, a koje nastaju uglavnom čovekovim delovanjem.

Poznato je da su najznačajnija tri gasa staklene bašte: ugljendioksid (CO_2), azot suboksid (N_2O) i metan (CH_4). Ukoliko ne bi u atmosferi bilo gasova staklene bašte, prosečna temperatura na zemlji bi bila niža za oko 30°C u odnosu na sadašnju [1]. Stvaranjem veštačkog (antropogenog) ugljendioksida nekontrolisanim ljudskim aktivnostima, ne može se poboljšati ishrana biljaka, jer tako stvoreni ugljendioksid, kao lakši gas, odlazi brzo u više slojeve atmosfere stvarajući neželjene efekte [2]. U višim slojevima atmosfere ugljendioksid povećava količinu višeatomnih gasova (tzv. gasova staklene bašte, koji imaju osobinu da odbijaju dugotalasno elektromagnetno zračenje) sprečavajući odlazak toplotnog zračenja sa zemlje u stratosferu. Vraćanjem zračenja na Zemlju, povećava se temperatura na njoj u cilju uspostavljanja nove ravnoteže. Na ovakav način stvoren efekat staklene bašte dovodi do globalnog zagrijavanja Zemlje i promene klime na njoj.

Osim tri prethodno nabrojana gasa staklene bašte CO_2, CH4 i N2O, u gasove staklene bašte ubrajaju se i hidrofluorokarbonati (HFC), perfluorokarbonati (PFC) i sumpor heksafluorid (SF6). S obzirom da je CO_2 najznažajniji i čini obično više od 90 %, to se svi gasovi staklene bašte najčešće posmatraju kumulativno i nazivaju se ekvivalentni ugljendioksid (CO_2ekv).

Zbog ljudskih aktivnosti koncentracija glavnog gasa staklene bašte CO2 je porasla 24 % u poređenju sa periodom od 1950. godine. Koncentracije ostalih gasova staklene bašte su takođe porasle kao posledica ljudskih aktivnosti.

Procenjuje se da bi se ovim tempom, bez primene mera za smanjivanje nastanka gasova staklene bašte, dostigle vrijednosti od 650 do 1215 ppm CO_2 ekvivalentnog do 2100. godine [3].

U toku poslednjih 100 godina globalne temperature vazduha su porasle za 0,7±0,2 °C. Najtoplija godina je bila 1998. Istraživanja su pokazala da se Evropa više zagreva u odnosu na ostatak sveta, sa porastom od 0,95 °C u odnosu na 1900. godinu. Najveće zagrijavanje je zabeleženo na severu Rusije i Iberijskom poluostrvu. Od 1990. do 2100. godine, globalna prosečna temperatura vazduha za Evropu je projektovana da poraste od 1,4 do 5,8 °C (uz primenu određenih mera) i 2,0 do 6,3 °C (bez primene mera). Očekuje se smanjenje kišnih padavina u Južnoj Evropi, što bi moglo dovesti do pojave češćih suša, sa izrazito negativnim uticajem na poljoprivredu i vodene resurse [3].

U proteklih 100 godina broj hladnih dana smanjio se u većini delova Evrope, dok je porastao broj dana sa temperaturom iznad 25 °C (tropskih dana).

Očekuje se da hladne zime nestanu do 2080. godine i očekuje se da će ekstremno topla leta da postanu sve češća. Uočava se intenzivno topljenje glečera u gotovo svim glečerskim regionima, što je u skladu sa trendom globalnog zagrijavanja. Predviđa se da, ukoliko se nastavi sadašnji trend, 2100. godine neće biti leda u Arktičkom moru.

Projektovana brzina porasta nivoa mora između 1990. i 2100. godine je 2,2 do 4,4 puta veća nego u dvadesetom vijeku, i očekuje se da nivoi mora neprestano rastu u budućnosti [1].

Očekuje se da će se okeani zagrejati manje nego kopno. Do 2100. godine je predviđen porast od 1,1-4,6 °C u odnosu na nivo od 1990. godine.

Štetne posledice globalnog otopljavanja su: suša, poplava, vetrova, grad, kao i pojava epidemija i bolesti biljnih kultura.

U Evropi 64 % elementarnih nepogoda su direktno prouzrokovane vremenskim i klimatskim ekstremnim pojavama (poplave, vetrovi razornih dejstava i suše). Oko 79 % ekonomskih gubitaka je posljedica ovih katastrofalnih pojava.

5. POTREBA I ZNAČAJ ANALIZE IZDUVNE EMISIJE MOTORNIH VOZILA POGONJENIH MOTOROM SA UNUTRAŠNJIM SAGOREVANJEM

Porast broja vozila koja koriste fosilna goriva, u velikoj meri doprinosi porastu emisije ugljendioksida (CO_2) u atmosferu. Ugljendioksid se smatra osnovnim gasom koji izaziva efekat staklene bašte. Poznasto je da ovaj efekat omogućava život na planeti Zemlji, jer bi u suprotnom temperatura na njoj bila niža za oko 30 °C u odnosu na sadašnju. Ne samo razvoj industrijske proizvodnje u svetu, nego i sve brojnija primena motornih vozila, doprineo je da se emisijom gasova efekat staklene bašte u velikoj meri poveća, što je dovelo do uticaja na globalno zagrevanje.

Ovaj štetni efekat za posledicu ima nastanak niza poremećaja u prirodi, što direktno utiče na ljude, biljni i životinjski svet na planeti Zemlji.

Kako motorna vozila u značajnoj meri doprinose ovoj pojavi, cilj ovog rada je da se rasvetli negativan uticaj vozila naživotnu sredinu. Radi kvantitativne analize emisije CO_2na odredjenom području, razvijeno je mnoštvo modela.

Broj poplava je iz godine u godinu raste. Broj ljudi pogođenih poplavama raste, uz ogromne materijalne štete.

Tabela 1. Udeo saobraćaja u ukupnoj emisiji ugljendioksida

Udeo %	1990	2000	2010	2020
Drumski saobraćaj	19,2	22,3	27,1	28,9
Saobraćaj ukupno	22,4	25,2	30,6	32,6

Mere za smanjenje izduvne emisijje, u oblasti drumskog saobraćaja su: Poboljšanje konstruktivnih i eksploataciono-tehničkih karakteristika vozila; Povećanje energetske efikasnosti voznih parkova i dostizanje većeg stepena iskorišćenja vozila; Obavezna periodična kontrola emisije; Bolje održavanje pogonskog motora, i vozila u celini; Eksploatacija vozila u režimima koje je predvideo proizvođač; Smanjivanje otpora kotrljanja vozila;Ostale tehničke mjere za smanjenje emisije; Obnavljanje voznog parka energetski efikasnijim vozilima; Informisanje korisnika vozila o specifičnoj potrošnji goriva i emisijama CO_2 njihovih vozila; Taksa srazmerna propisanoj potrošnji goriva pri kupovini novih vozila; Energetsko optimiranje uslova i tehnike vožnje (uvođenje ograničenja brzine vožnje, povećavanje protočnosti saobraćaja i smanjivanje gužvi u saobraćaju, favorizovanje adekvatne tehnike vožnje); Promena izbora prevoznog sredstva (podsticanje biciklizma i pešačenja, stimulisanje javnog gradskog saobraćaja); Smanjenje potreba za kretanjem (trajni prostorni razvoj mesta i naselja, usklađen regionalni privredni i demografski razvoj).

Radi izračunavanja emisije ugljen dioksida iz vozila (emisija=stepen aktivnosti x emisijski faktor), u današnje vreme, primenjuju se dve metodologije, i to: CORINAIR metodologija (COReINventory of AIR emissions); IPCC metodologija (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Najčešće korišćeni model danas je model i softverski paket pod nazivom COPERT III koga su za upotrebu prihvatile sve članice Evropske Unije (EU), a preporučuje se i zemljama kandidatima. Softverskim paketom pod nazivom COPERT III se, između ostalog, određuje prosečna godišnja emisija gasova staklene bašte od motornih vozila u određenoj državi.

Imajući u vidu da istorijski, ekonomski i politički razvoj, društveni i lični standard, zakonodavstvo, opšti nivo školskog obrazovanja, a pogotovo onaj deo koji se odnosi na bezbednost saobraćaja, odnos vozača prema svom vozilu, kao i ostalih subjekata u saobraćaju određuju psiho-fizičke osobine vozača, pa time i bitne karakteristike vožnje tj. tehničke, a pogotovo energetske parametre vozila, dolazi se do zaključka da su navedeni uticajni faktori specifičnosti svake države ponaosob, potrebno je, i pored prihvatanja softverskih paketa pod nazivom COPERT III, vršiti uporednu analizu rezultata dobijenih njegovom primenom sa vlastitim pristupom određivanju godišnje emisije CO_2 koje mora da obuhvati sve elemente specifičnosti primene vozila, i njegovog uticaja na okruženje, na prostoru konkretne države.

Primena modela, i softverskog paketa pod nazivom COPERT III, obuhvata poznavanje sledećih podataka: Broj motornih vozila u saobraćaju i njihovu strukturu po više parametara; Prosečni godišnji pređeni put; Specifičnu ili godišnju potrošnju goriva. Poznavanje pretrhodno navedenih uticajnih faktora, primijenjenih na teritoriji jedne države, je od izuzetne važnosti pri donošenju mera na nivou državnih institucija rad smanjenja štetne izduvne

emisije iz vozila. Smanjenje štetnog dejstva izduvne emisije može se postići: Unapređenjem infrastrukture, Unapređenjem nivoa bezbednosti saobraćaja; Edukacijom vozačke populacije; Planiranjem saobraćajnih tokova, itd. Motorna vozila u značajnoj meri učestvuju u nastanku antropogenog CO_2 koji se smatra jednim od osnovnih uzročnika nastanka efekta staklene bašte, što je dovelo do toga da se u većini zemalja svieta, prema Kjoto protokolu, mora sprovesti osetnija redukcija emisije ovog gasa u atmosferu.

Osnovni preduslov za sprovođenje mera kojima se može smanjiti štetrno dejstvo izduvne emisije iz vozila je poznavanje emitovane količine ovog gasa na određenom geografskom području. Ovoj problematici, do sada na našim prostorima, nije se posvećivalo mnogo pažnje. Naglim porastom broja vozila u saobraćaju dostignut je nivo potrošnje goriva po stanovniku skoro kao u najrazvijenijim zemljama Evrope. Iz tog razloga neophodno je preduzeti mere kako bi se postiglo smanjenje emisije CO_2. Da bi se to egzaktno moglo uraditi potrebno je sagledati i proceniti postojeću i buduću emisiju CO_2. Naša zemlja je potpisnica Kjoto protokola i drugih sporazuma, što znači da je dužna da dostavlja godišnje izvještaje o emitovanim količinama štetnih gasova, a posebno o emitovanoj količini ugljendioksida iz svih izvora. Kod nas najveći emiter CO2 su vozila u saobraćaju.

6. UTICAJ VOZILA NA GLOBALNO ZAGREVANJE

Automobil kao transportno sredstvo pogonjeno motorom sa unutrašnjim sagorevanjem, predstavlja tipičan proizvod industrijskog vremena sa puno dobrih, ali i loših strana. Proizvođači motora sa unutrašnjim sagorevanjem i motornih vozila, nalaze se u izuzetno strogim uslovima konkurencije na sve izbirljivijem svetskom tržištu. Zahtevi tržišta se sve više usmeravaju i prema postizanju što boljih ekoloških karakteristika vozila.

Osnovni oblici zagađivanja okoline od motornih vozila su: Emisija toksičnih izduvnih gasova, emisija toksičnih para koje nastaju prilikom isparavanja lako isparljivih komponenti goriva, čak i kad motor ne radi (zagađivanje vazduha na parkinzima, u garažama i sl.); Neprijatan miris izduvnih gasova;Emisija buke;Nastajanje čvrstog otpada i otpadnih ulja; ….

Sa razvojem svesti o potrebi očuvanja životne sredine, sa aspekta vozila, poboljšanje ekoloških karakteristika vozila postaje jedan od glavnih pravaca razvoja automobilske industrije. Konstruktori motora i vozila usmereni na postizanje dva konačna cilja: 1. Čista izduvna emisija, tj. odstranjivanje i smanjivanje toksičnih komponenti do granica koje su definisane važećim zakonskim propisima; 2. Manja potrošnja goriva, a sa tim neposredno i smanjenje specifične emisije CO_2.

Da bi se postigli ovi ciljevi deluje se u tri pravca, i to: gorivo, motor i vozilo. Poboljšanje postojećih goriva, prije svega smanjivanje sadržaja teških metala (Pb) kod benzinskih goriva i sumpora kod benzinskih i dizel goriva, proizvodnju alternativnih goriva (biogoriva, alkohola, vodonika, tečnog naftnog gasa, komprimovanog prirodnog gasa itd.) i njihovo mešanje sa postojećim gorivima, u cilju poboljšanja njihovog kvaliteta.

Poboljšanje ostvarivanja smeše i usmeravanje procesa sagorijevanja sa ciljem dostizanja čistog i potpunog sagorevanja, a samim tim i smanjenje nastanka toksičnih komponenti i potrošnje goriva. Teži se razvoju i primeni takvih konstrukcija motora koji omogućavaju naknadni tretman izduvnih gasova u katalizatorima kod benzinskih motora, odnosno u filterima za čestice kod dizelskih motora. Jako je teško optimirati efektivnost motora, životni vek motora, zadovoljiti jednostavnost konstrukcije i održavanja, i uz to postići konkurentnu cenu na tržištu. Uporedo sa razvojem motora se razvija i osavremenjuje vozilo, takođe u smeru zaštite okoline, kroz poboljšanje aerodinamičkih karakteristika vozila tj. smanjenje otpora vazduha, smanjenje težine vozila primenom legura lakih metala i plastike, konstruisanje menjača sa većim brojem stepeni prenosa ili sa automatskim menjačima, kroz veći uticaj na način vožnje i potrošnju goriva, a samim tim i na izduvnu emisiju.

Istraživanja su pokazala da saobraćaj, u ukupnom iznosu, učestvuje u emisiji CO_2 sa 21,8 %. Samo na drumski saobraćaj otpada 17,1%; Avio saobraćaj, 3.3%; Brodski saobraćaj, 0.5 %; Rafinerije, 3.1%; Industrija, 22.6%; Poljoprivreda, 0.6%; Komercijalni i rezistencijalni sektor, 20.2% Elektrane, 31.7%; Zeleznički transport, 0.9% i Drumski saobraćaj, 17.1%.

Prema izveštaju Evropske agencije za zaštitu okoline (EEA), saobraćaj je 2019. godine učestvovao sa oko 25 % u ukupno emitovanoj količini CO_2 u Evropskoj Uniji, što ukazuje na stalni porast štetnog uticaja saobraćaja na emitovanje CO_2, a samim tim i na stvaranje efekta staklene bašte i pojavu globalnog zagrevanja.

Rezultati istraživanja pokazuju da će u budućnosti saobraćaj predstavljati najznačajniji izvor emisije CO_2 sa tendencijom porasta. Porast ukupne emisija gasova staklene bašte, od sektora saobraćaja, je porastao za više od 35 % u poroteklih deset godina. Uzrok tome je prvenstveno ekspanzija automobilske industrije, porast standarda i povećane potrebe za mobilnošću.

7. ZAKLJUČAK

Da bi motorno vozilo moglo da bude prizvedeno i ušlo u fazu eksploatacije (predato korisniku i registrovano), mora da za zadovolji odgovorarajuce zahteve (testove) homologacije. Emisije buke i izduvnih gasova vozila se kontrolišu tokom propisanog veka trajanja. Proizvodjači su duzni da garntuju, da njihova vozila u toku veka trajanja od 160.000 km (EU uredba iz 2010 god.) zadovoljavaju propise o izduvnoj emisiji.

Primenom tzv. ON Board Diag-nose (OBD) vrsi se kontrola izduvne emisije vozila u saobraćaju. Ovakav nacin kontrole uveden je u SAD 1994 god. a u Evropi od 2000 god. OBD predvidja kontinualnu elektronsku kontrolu svih delova vozila koji uticu na izducvnu emisiju vozila.

Dugi niz godina se vode detaljna istraživanja o učešću pojedinih izvora CO_2 u ukupno emitovanoj količini za određeni vremenski period, na posmatranom području. Kroz nagli porast broja motornih vozila na saobraćajnicama, drumski saobraćaj je postao jedan od najznačajnijih izvora emisije CO_2.

Sa povećanjem broja vozila u saobraćaju, povećava se i potreba za potrošnjom fosilnih goriva koja koriste ova vozila, a samim tim se povećava i emisija CO_2 u atmosferu i njegovog uticaja na formiranje efekta staklene bašte. Razvojem i primenom motora sa unutrašnjim sagorevanjem, sa minimalno mogućom specifičnom potrošnjom goriva, smanjuje se i emisija CO_2.

Brojna izučavanja problematike emisije CO_2, stvarane efekta "staklene bašte", i uopšte tzv. globalnog zagrevanja, od strane velikog broja istraživača i naučnika, ukazuju na uticaj velikog broja faktora na klimu. Rezultati istraživanja Milutina Milankovica upućuju na zaključask da klima u najvecem stepenu zavisi od faktora koji se periodicno ponavljaju i vezani su za kretanje planete Zemlje oko Sunca. Ti faktori su ekscentricitet Zemljine putanje, nagib njene ose i precesija Zemlje, što utice na osuncavanje, a ono opet na kolicinu toplotne energije koja se na Zemlji apsorbuje. Najverovatnije biće potrebno sprovesti još mnogo istraživanja i inženjerskog rada da bi se definisali ključni faktori koji imaju dominantan uticaj na efekat stvaranja "staklene bašte" i "globalnog zagrevanja" planete Zemlje.

U okviru ovog rada prikazani su negativni efekti globalnog zagrevanja, u velikoj meri izazvanog emisijom CO_2 iz motornih vozila u saobraćaju. Dat je i prikaz ključnih aktivnosti koje se u svetu sprovode radi sprečavanja i ublažavanja posledica izazvanog emisijom CO_2 iz motornih vozila u saobraćaju. Navedena je i zakonska regulativa iz ove oblasti uz navođenje mera čija primjena doprinosi smanjenju štetnog delovanja emisije CO_2 iz motornih vozila u saobraćaju.

Radi tačnijeg odredjivanja vrednosti emisije CO_2, neophodno je uzeti u obzir i uticaj nepotpunog sagorevanja goriva u motoru sa unutrašnjim sagorevanjem, kao i kvalitet goriva, kvalitet servisiranja motora i način eksploatacije vozila.

8. LITERATURA

D.Gruden D.: Neutral Ways to Ensure Future Mobility (Utilization of solar energy for the production of future fuels), JUMV YU-01004, Beograd, 2003.

UNFCCC GUIDE: Caring for climate: A guide to the Climate Change Convention and the Kjoto Protocol Issued by the Climate Change Secretariat, Bon, 2003.

Gruden,et all: Neuer 14,8-L-NFZ-Motor von Daimler für den NAFTA-Markt, MTZ 74, (2013)

Krstić V., Krstić B.: Effectiveness of preventive maintenance of motor vehicles, Proceedings on Engineering Sciences, 1(2), pp.745-751. DOI: 10.24874/PES01.02.077

B.Krstić,Z.Ćurguz,M.Ajanović: Dijagnostika i održavanje motora, osnovni univerzitetski udžbenik,Univerzitet Istočno Sarajevo, Saobraćajni fakultet Doboj, Doboj 2022., ISBN 978-99955-36-97-8, COBISS.RS-ID 136756993, CIP - Katalogizacija u publikaciji Narodna i univerzitetska biblioteka Republike Srpske, Banja Luka 621.43-7(075.8)

B. Krstić: Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet u Kragujevcu, osnovni univerzitetski udžbenik, 1987

ZAHVALNOST

Istraživanja prikazana u ovom radu podržalo je Ministarstvo nauke Republike Srbije, u okviru projekta TR 35041.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

POSSIBILITES FOR DETERMINATION OF THE OPTIMAL STRATEGY FOR PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE VEHICLE ELECTRICAL EQUIPMENT USING MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION

Zoran Ćurguz[a], Ivan Krstić[b], Miroslav Kostadinović[a], Božidar Krstić[b]

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

[b] *University of Kragujevac, Faculty of Engineering, 6, Sestre Janjic Str. 34000 Kragujevac, Serbia, bkrstic@kg.ac.rs*

Abstract: *This work presents a possibility to find the optimal solution for the maintenance of the vehicle electrical equipmentwhen the criteria are maximal availability and minimal maintenance costs. With regular formed models of maintenance, it is possible to do optimisation regarding the use of the best maintenance system. If all the important requirements and limits are previously given, then it is possible to solve this kind of problem. The basis of the methodology is the reliability parameters of the analysed electrical equipmentfor vehicles, from the aspect of failure appearance, to real conditions of exploitation and costs of maintenance. These two criteria lead to several solutions for vehicle electrical equipment assembly maintenance; therefore, it was necessary to apply the multi-criteria optimization.*

Key words: *vehicle electrical equipment; maintenance cost; multi-criteria optimization; reliability and availability; vehicle*

1. INTRODUCTION

In this paper, it results in determining the reliability parameters of the vehicle electrical equipment, based on which the optimal value of the maintenance periodicity was determined, for the criteria of maximal availability and minimal maintenance costs are presented. 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 analyzedvehicle electrical equipment, determined according to the criterion of maximal availability, differs from the optimal periodicity determined according to the criterion of the minimal costs, it is necessary to apply the multi-criteria 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 by the optimal periodicity for the preventive maintenance procedure conducted, which corresponds to extreme values of the adopted criterion functions. By applying the method of the multi-criteria 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 multi-criteria, decision-making can be applied to obtaining the reliable value of the preventive maintenance procedure conducting periodicity of the vehicle electrical equipment. There one needs to know the availability of data which is acquired by analysis of the vehicle electrical equipmentduring their operation and maintenance, based on which one can determine the indicators of their reliability, as well as the characteristics of their maintenance.

2. DETERMINATION OF RELIABILITY PARAMETERS OF THE VEHICLE ELECTRICAL EQUIPMENT

The reliability parameters of the analyzed vehicle electrical equipmentneed to be determined for the planning of measures for its maintenance, prediction of the working life and estimates of its quality.

Determination of the vehicle electrical equipmentreliability 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 for 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 probability theory, mathematical statistics and reliability theory (Krstić,1).

Based on voluminous research of vehicle electrical equipmentbehavior, in the real exploitation conditions, for a longer period of operation, in Table 1 are presented the working times until the occurrence of failure and between the two consecutive failures.

Table 1. *Working times until the occurrence the failure of vehicle electrical equipment*

Failure number (i)	Number of km passed till failure [km]	Working time till failure [h]	Failure number (i)	Number of km passed till failure [km])	Working time till failure [h]	Failure number (i)	Number of km passed till failure [km]	Working time till failure [h]	Failure number (i)	Number of km passed till failure [km]	Working time till failure [h]
1	1519	50	31	7857	263	61	11365	378	91	16784	557
2	2398	80	32	7857	262	62	11579	386	92	16957	565
3	2996	100	33	7963	265	63	11636	388	93	17200	573
4	3223	107	34	7976	266	64	11777	393	94	17255	575
5	3296	110	35	8196	273	65	11864	395	95	17269	576
6	4395	147	36	8296	277	66	11876	396	96	17396	580
7	4976	166	37	8352	278	67	11973	399	97	17725	591
8	5761	192	38	8469	282	68	11997	400	98	17856	595
9	5763	192	39	8472	282	69	12136	405	99	18263	609
10	5836	195	40	8763	292	70	12351	412	100	18693	623
11	5876	196	41	8793	293	71	12395	413	101	18742	625
12	5908	197	42	8967	299	72	12442	415	102	18967	632
13	5961	199	43	8986	300	73	12705	424	103	19176	639
14	5973	199	44	9020	301	74	13493	450	104	19181	639
15	5976	199	45	9463	315	75	13973	466	105	19376	646
16	5984	199	46	9563	319	76	14132	471	106	19797	660
17	6003	200	47	9870	329	77	14163	472	107	19814	660
18	6176	206	48	9892	330	78	14167	472	108	19872	662
19	6386	213	49	10033	334	79	14209	474	109	19947	665
20	6397	213	50	10132	338	80	14236	475	110	22067	736
21	6936	231	51	10234	341	81	14286	476	111	22136	738
22	6998	233	52	10271	342	82	14314	477	112	22167	739
23	7127	238	53	10273	342	83	14396	480	113	22736	758
24	7190	240	54	10311	344	84	14521	484	114	24317	811
25	7195	240	55	10715	357	85	14873	496	115	24394	813
26	7236	241	56	10805	360	86	15574	519	116	25863	860
27	7385	246	57	10873	362	87	16263	542	117	27683	923
28	7494	250	58	11126	371	88	16384	546	118	28396	947
29	7538	251	59	11136	371	89	16493	550	119	28421	948
30	7539	252	60	11138	372	90	16496	552	120	28426	949

Estimated values of the vehicle electrical equipmentreliability indicators, based on data from Table 1, are determined using the known methodology and presented in Table 2.

Based on the 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 2.16 and scale parameter 660, was the most acceptable for the vehicle electrical equipment (Krstić,1).

Adopting this reliability distribution law for the vehicle electrical equipment, expressions for determination of the reliability function$R(t)$, the density function $f(t)$ and failure intensity$\lambda(t)$, can be written in the following forms (Krstić,2):

$$R(t) = e^{-(\frac{t}{660})^{,216}} \tag{1}$$

$$f(t) = \frac{1{,}16}{660} \cdot (\frac{t}{660})^{1,16} \cdot e^{-(\frac{t}{660})^{2,16}} \tag{2}$$

$$\lambda(t) = \frac{1{,}16}{660} \cdot (\frac{t}{660})^{2,16} \tag{3}$$

Table 2. *Estimated values of the vehicle electrical equipmentreliability*

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	100	2	0,00522	0,9478	0,0522	0,00522
2	200	14	0,01911	0,7565	0,2435	0,02022
3	300	25	0,02171	0,5391	0,4609	0,02871
4	400	249	0,01652	0,3739	0,6261	0,03072
5	500	17	0,01301	0,2435	0,7565	0,03491
6	600	12	0,01301	0,1131	0,8869	0,05362
7	700	11	0,00609	0,0522	0,9478	0,05381
8	800	4	0.00261	0,0261	0,9739	0,05001
9	900	3	0,00261	0,0173	0,9826	0,10001
10	1000	3	0,00260	0,0172	0,9827	0,10005

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.

3. DETERMINATION OF THE VEHICLE ELECTRICAL EQUIPMENTPREVENTIVE 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 vehicle electrical equipmentof the analyzedvehicle 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,2).

By application of this model, the exploitational reliability of the vehicle, from the aspect of the vehicle electrical equipment, can be determined by using the expression (4):

$$G(t) = \frac{t_p + t_{cr}}{t_p + t_{cr} + t_0 + \frac{F(t)}{R(t)} \cdot t_k} \tag{4}$$

where is: t- periodicity of maintenance [h]; t_{cr}- time spent to operate while in order [h]; t_p-time of preventive maintenance [h]; and t_k- time of corrective maintenance [h].

By varying the periodicity of preventive maintenance, one obtains a functional dependence based on which the optimal value of the preventive maintenance periodicity can be determined, based on the maximal availability criterion.

Table 3. *Vehicle electrical equipmentmaintenance costs for various periodicities of its preventive maintenance*

Maintenance periodicity [h]	50	100	150	200	250	300	350
Working time, t_r [h]	50	100	150	200	250	300	350
Time of preventive maintenance,t_p [h]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Unreliability$F(t)$	0,0092	0,0432	0,1042	0,1896	0,2934	0,4075	0,531
Reliability $R(t)$	0,9908	0,9568	0,8958	0,8104	0,7066	0,5925	0,4769
Number of corrective maintenances between the two preventive ones	0,0092	0,0452	0,1163	0,2340	0,4152	0,6878	1,0969
Time of corrective maintenance,t_k[h]	1,61	7,91	20,35	40,95	72,66	120,36	191,95
Time spent on waiting while in order t_{cr} [h],	150	300	450	600	750	900	1050
Availability$G(t)$	0,8453	0,9031	0,9155	0,9132	0,9028	0,8854	0,8605
$f_{i,,2}$	0,8453	0,9031	0,9155	0,9132	0,9028	0,8854	0,8605

Results of determination of availability, for various maintenance periodicities of the vehicle electrical equipmentof the considered vehicle, are shown in Table 3.

Based on results shown in Table 3, it can be concluded that the highest availability of the analyzedvehicle, with respect to its vehicle electrical equipment, is obtained for the maintenance periodicity of 1450 working hours.

4. DETERMINATION OF THE VEHICLE ELECTRICAL EQUIPMENTPREVENTIVE MAINTENANCE PERIODICITY BASED ON CRITERIA OF THE MINIMAL MAINTENANCE COSTS

Providing for the required availability and reliability of the vehicle electrical equipment, with minimal maintenance costs, is possible if one correctly determines the periodicity interval of that maintenance

Table 4. *Internal combustion vehicle electrical equipmentmaintenance costs for various periodicities of its preventive maintenance*

Maintenance frequency [h]	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
C_k	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
C_p	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Reliability R(t)	0,9908	0,9568	0,8958	0,8104	0,7066	0,5925	0,4769	0,3679	0,2416	0,1916
$\int_0^T R(t)dt$	50	99,64	146,03	188,73	226,67	259,11	285,77	309,80	325,67	341,14
$C(t)$	41,47	23,54	19,40	19,22	18,63	20,30	21,64	22,78	24,74	24,83
$f_{i,,2}$	41,47	23,54	19,40	19,22	18,63	20,30	21,64	22,78	24,74	24,83

The total vehicle electrical equipmentmaintenance costs can be expressed in the next form, equation (5):

$$C(t) = \frac{C_k - (C_k - C_p) \cdot R(t)}{\int_0^T R(t)dt} \tag{5}$$

where is:

$C(t)$- total specific maintenance costs;C_k - corrective maintenance costs; andC_p- preventive maintenance costs.

By application of expression (5) for the various periodicities of vehicle electrical equipmentmaintenance, the values for the maintenance costs are obtained in Table 4.

Based on results shown in Table 4, one can conclude that the lowest maintenance costs of the analyzed vehicle electrical equipmentare obtained for the maintenance periodicity of 260 working hours.

5. DETERMINATION OF THE OPTIMAL PERIODICITY OF THE PREVENTIVE MAINTENANCE OF VEHICLE ELECTRICAL EQUIPMENTINE BY APPLICATION OF MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION

The value of the preventive maintenance periodicity of the analyzedvehicle electrical equipmentlies between the times that correspond to maximal availability and to minimal costs. This period can be discretized. Each discrete value can be associated with a considered concept of 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 vehicle electrical equipmentpreventive maintenance, obtained by criterion of maximal availability and criterion of minimal costs differ from each other (section 3 and 4), 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 multi-criteria optimization methods [5]. One of the most frequently used methods is the Analytical Hierarchy Process (AHP) [4]. 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 criteria 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: $i\ (1, \dots i, \dots I)$where is:I- total number of the considered alternatives.

The problem is represented by the matrix:

$$F = [f_{ik}]_{,1\times K} \tag{6}$$

where is:$(f_{ik})_{,n}$ - normalized value of 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 the alternative are not comparable.

For that reason, it is necessary to perform the normalization procedure by which all the values of f_{ik} are mapped within the interval $[0, 1]$. At present, a large number of normalization types are being used: simple, linear, vectorial, etc. regardless of which type of normalization is being used, different expressions are used for benefit-wise and cost-wise optimality criteria.

When the vectorial normalization is applied, the decision making process can be also represented by the matrix (6).

To each considered alternative, a 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 criteria. For solving the concrete task the following expressions can be used:

$$(f_{i,1})_n = f_{i,1} \Big/ \left(\sum_{i=1}^{7} (f_{i,1})^2\right)^{1/2} \tag{7}$$

$$(f_{i,2})_n = (1/f_{i,2}) \Big/ \left(\sum_{i=1}^{7} (1/f_{i,2})^2\right)^{1/2} \tag{8}$$

The value of the factor based on which the best alternative is the maintenance periodicity a_i is determined by application of the assumption that the validity of the adopted optimization criteria (maximal availability and minimal maintenance costs) are equal and that they are set as normalized. This is the case in this concrete task, by application of the following expression:

$$a_i = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k}(f_{ik})_n = \frac{1}{2}\cdot\left[(f_{i,1})_n + (f_{i,2})_n\right] \quad (9)$$

The optimal value of the periodicity of conducting the preventive maintenance of the vehicle electrical equipmentis within an interval of $260 - 1750$ working hours, because the limits of that interval were obtained based on criteria of vehicle electrical equipmentmaintenance for minimal costs and criteria for the maximal availability in that interval. The interval is divided into (8) equal parts, Table 5.

Elements of matrix F are being obtained in such a way that they are being made equal to the values of the analyzedvehicle equipmentavailability, from the aspect of its vehicle electrical equipment, 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 vehicle electrical equipmentmaintenance 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 vehicle electrical equipment, in real exploitation conditions, by application of expression (5) for determination of availability, obtained were the values of elements $f_{i,1}$ (namely the availability) of matrix F, while by application of expression (4) for determination of the maintenance costs obtained were the values of elements $f_{1,2}$ (namely the maintenance costs) of matrix F, Table 5.

Table 5. *Availability of the motor vehicle from the aspect of its vehicle electrical equipment*

Alternative number(i)	Vehicle electrical equipmentmaintenance periodicity [h]	Vehicle's availability (G) from the vehicle electrical equipmentaspect	$f_{i,1}$	$(f_{i,,1})_n$	Total specific maintenance costs (C)	$f_{i,,2}$	$(f_{i,,2})_n$	a_i
1	260	0,8453	0,8453	0,3593	41,47	41,47	1,6482	1,0037
2	450	0,9031	0,9031	0,3839	23,54	23,54	2,9020	1,6429
3	650	0,9155	0,9155	0,3892	19,40	19,40	3,5303	1,9597
4	850	0,9132	0,9132	0,3822	19,22	19,22	3,5563	2,0301
5	1050	0,9028	0,9028	0,3838	18,63	18,63	3,6764	2,0692
6	1250	0,9034	0,8854	0,3764	17,35	21,30	3,3740	1,8752
7	1450	0,8605	0,8605	0,3658	21,64	21,64	3,1651	1,7654
8	1750	0,8563	0,8542	0,3564	22,88	22,88	3,1545	1,7451

The best alternative is one for which the value of factor ai has the highest value. The values of this factor, calculated by application of the 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 analyzedvehicle, from the aspect of its vehicle electrical equipment, is after every 1250 working hours.

6. CONCLUSION

Results of voluminous investigations of the vehicle electrical equipmentreliability parameters, which were obtained by monitoring the behavior of the vehicle in the real exploitation conditions, from the aspect of occurrence of its vehicle electrical equipment, 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 vehicle electrical equipment, taking into account the criteria of maximal availability and minimal costs of its maintenance.

Since the optimal periodicities of conducting the vehicle electrical equipmentpreventive maintenance, determined by criteria of maximal availability and minimal maintenance costs differ from each other, it was necessary to apply one of the multi-criteria 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 the vehicle electrical equipmentwas determined according to the maximal availability criterion to be 1750 working hours, while according to the criteria of minimal maintenance costs, that value was 260 working hours.

By application of the multicriteria analysis, the value of the required optimal periodicity for conducting the preventive maintenance procedures of the vehicle electrical equipment, to take into account both optimization criteria, was 1250 working hours.

The presented methodology of the multi-criteria decision-making can be applied to obtaining the reliable value of optimal periodicity of conducting the preventive maintenance procedures and of other parts of the analyzedvehicle. There needs available data, which can be obtained by analysis and monitoring of the considered vehicle. Thus, the reliability indicators of the system can be determined, as well as the characteristics of its maintenance.

7. REFERENCES

Krstić B. (2009). Tehnical serviceability of motor vehicles and engines. University of Kragujevac, Faculty of Mechanical Engineering, Kragujevac. Book (On Serbian language).

Krstić B.; Lazić V.; Nikolić R.; Raičević V.; Krstić I.; Jovanović V. "Optimal strategy for preventive maintenance of the motor vehicles clutch", Journal of the Balkan Tribological Association, 15 (4) (2009) 611-619

Thomas L. Saaty,How to make a decision: The analytic hierarchy process,European Journal of Operational Research,Volume 48, Issue 1,1990,Pages 9-26,ISSN 0377-2217,https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I

Milanović, D., Galović, D., Misita, M.(2003). Management Information Systems. Megatrend University, Belgrade. Book (On Serbian language).

Opricovic, S. (1998). Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems. PhD Thesis, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 302 p.

Pavličić D. (2000). Normalization of attribute values in MADM violates the conditions of consistent choice IV, DI and α. YUJOR. Yugoslav Journal of Operations Research. 10.

Baas, Sjoerd M. and HuibertKwakernaak. "Rating and ranking of multiple-aspect alternatives using fuzzy sets." Autom. 13 (1977): 47-58.

Vincke, P.: Multicriteria Decision-Aid. John Wiley and Sons, New York (1992).

Krstić V., Krstić B.: Determining the cause of engine failure based on the retrospektive diagnostic function, IMK-14 – Istraživanjeirazvoj u teškojmašinogradnji, 2021

Krstić B., Krstić V.: Istraživanjeuticajakvalitetarezervnihdelova na rad remontovanogdizelmotora, Poljoprivrednatehnika, 2021

Krstić V., Krstić B.: Effectiveness of preventive maintenance of motor vehicles, Proceedings on Engineering Sciences, 1(2), pp.745-751. DOI: 10.24874/PES01.02.077

Ulewicz R., Krstic B., Ingaldi M.: Mining Industry 4.0-Opportunites and Barriers (Article), Acta Montanistica Slovaca,2022, viol.27, No.2, p.291-305

ACKNOWLEDGEMENTS

The paper is a result of the research within the project TR 35041 financed by the Ministry of Science and Techno-logical Development of the Republic of Serbia.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

THE INFLUENCE OF CALL CENTER ON LOGISTICS PROCESSES

UTICAJ CALL CENTRA NA LOGISTIČKE PROCESE

Amel Kosovac[a], Elvedin Hasanović[b], Adisa Medić[a]

[a] *University of Sarajevo, Faculty of Traffic and Communications Sarajevo, Zmaja od Bosne 8, Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina, amel.kosovac@fsk.unsa.ba, adisa.medic@fsk.unsa.ba*

[b] *BIHAMK Assistance LLC, Skenderija 23, Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina, elvedin.hasanovic@gmail.com*

Abstract: *By introducing and implementing modern information and communication technologies into logistic systems, direct influence is exerted on logistic costs, as well as on specific processes and operator activities. The call center is a central hub of advanced customer relations and serves as a perfect technological solution for enhancing the efficiency of logistic processes. The paper describes the technologies for building call centers, the scalability of the system and additional options in accordance with the needs of companies. The functionalities and advantages of using call centers in logistics are described. The division of call centers according to different criteria and the functionality and advantages of logistics call centers were also mentioned.*

Key words: *call centre, functionality and benefits, logistics processes, logistics systems*

Apstrakt*: Uvođenjem i implementacijom savremenih Informacijsko komunikacijskih tehnologija u logističke sisteme, utiče se na pojedine procese i aktivnosti koje operatori izvršavaju, te direktno utiče na logističke troškove. Call centar kao centralno mjesto naprednog odnosa sa klijentima, služi kao savršeno tehnološko rješenje za povećanje efektivnosti logističkih procesa. U radu su opisane tehnologije izgradnje call centara, skalabilnost sitema i dodatne mogućnosti u skladu sa potrebama kompanija. Opisane su funkcionalnosti i prednosti korištenja call centara u logostici. Takođe su spomenute podjele call centara prema različitim kriterijumima i navedene funkcionalnosti i prednosti logističkih call centara.*

Ključne riječi: *Call centar, funkcionalnost i prednosti, logistički procesi, logistički sistemi*

1. UVOD

Cilj ovog rada je istraživanje koje će pridonijeti boljem razumijevanju značaja Call centra u loističkom procesu.

Rezultati istraživanja ovog rada prezentirani su kroz četiri međusobno povezane cjeline.

U prvom i drugom dijelu rada navedena je važnost uvođenja informacijsko komunikacijskih tehnologija i njihov uticaj na povećanje konkurentnosti logističkih kompanija. Naveden je pojam, razvoj i arhitektura Call centara. Takođe je pojašnjena podjela Call centara prema raznim kriterijiumima.

U trećem i četvrtom dijelu rada opisane su funkcionalnosti i prednosti u Call centrima a shodno napretku tehnologije. Navedene se prednosti iznajmljivanja Call centra u logistici. Pojašnjena je primjena savremenih tehnologija u logističkim centrima i njihov uticaj na smanjenje ukupnih troškova.

Informacijske i komunikacijske tehnologije – IKT posljednjih godina imaju snažan uticaj na gotovo sve segmente društva. Direktno utiču na stil života, odnose između pojedinaca, kompanija, organizaciju proizvodnje, prodaju, distribuciju, procese i dr. Promjene koje se dešavaju u društvu karakteriše brzina, koja je posebno bitna u segmentu prijenosa informacija u logističkim sistemima.

Mnogi autori smatraju da sve veća uključenost informacijskih i komunikacijskih tehnologija u sve segmente društvenog i ekonomskog područja može se opisati kao revolucija 21.stoljeća.

Informacijske i komunikacijske tehnologije omogućuju i ubrzavaju izgradnju tzv. informacijskog društva zbog činjenice da omogućavaju proizvodnju i upravljanje informacijama u velikim razmjerama i po relativno niskim cijenama.

Potreba za upravljanjem tokovima informacija (posebno elektronskim tokovima) proizilazi iz činjenice da njihovo kretanje odgovara funkcionisanju stvarnih poslovnih procesa. S jedne strane poslovni procesi formiraju tokove informacija, s druge - efikasno funkcionisanje poslovnih procesa je teško bez pravilnog funkcionisanja tokova informacija. (Skitsko, 2016).

Posljednjih nekoliko godina logistička industrija je doživjela porast konkurentnosti. Međunarodni logistički operateri ulaze na domaća tržišta zahvaljujući stalnom porastu globalizacije, a omogućeni su kroz informacijske i komunikacijeske tehnologije i pristup podacima tržišta.

Članovi logističkih lanaca su pod velikim pritiskom da postignu efikasnost i efektivnost usluga i da svoje poslovanje učine profitabilnim. Pod takvim uticajem logistički operatori ubrzano usvajaju nove tehnologije koje im omogućavaju prilagođavanje tržištu i novim zahtjevima, te omogućavaju optimizaciju i ubrzanje procesa.

Uvođenje informacionih tehnologija u logističke sisteme, a naročito u planiranje, povećava se efikasnost svih procesa i bitno utiče na sve troškove (Kosovac i dr., 2022).

Upotreba inovativnih uređaja i tehnologija u analizi, obradi, prijenosu informacija olakšava pojednostavljenje, ubrzanje i smanjenje troškova tradicionalnih poslovnih procesa. (Skitsko, 2016).

Razvoj call centara u logističkim kompanijama postaje sve važniji jer je veoma bitan faktor komunikacije s korisnicima, saradnicima i drugim učesnicima unutar logističkog lanca. Call centri postaju ključan dio logističkih operacija kako bi se osigurao efikasan tok informacija, efikasnoo rješavali problemi te pružila visokokvalitetna korisnička podrška. Call centri u logističkim kompanijama mogu smanjiti opterećenje agenata i pružiti korisnicima stalnu podršku. Moderan Call centar poboljšava sigurnost i efikasnost poziva te poboljšava korisničko iskustvo i povećava zadovoljstvo korisnika. Automatizacijom procesa oslobađa se vrijeme agenata da se fokusiraju na složenije zadatke. Današnji Call centri uveliko koriste implementaciju AI (umjetne inteligencije), što za poslijedicu ima potencijal za poboljšanje efikasnosti, produktivnosti i zadovoljstva korisnika. (http:/www. phonesuite.com, 2023.).

2. CALL CENTAR

Call centri, kao ključna komponenta korisničke podrške i komunikacije, imaju značajan uticaj na logističke procese unutar organizacija. Kroz svoje sposobnosti uspostavljanja veza između kompanija i njihovih korisnika, call centri doprinose poboljšanju transparentnosti, efektivnosti i zadovoljstva korisnika u okviru logističkog lanca.

Integracijom telefona i računara, uz pomoć razvoja automatskih distributera poziva, uspostavljen je savremeni call centar. (Woodcock i dr., 2019)

Call centar, poznat i kao kontakt centar ili korisnički centar, je organizacijska jedinica koja je odgovorna za upravljanje komunikacijom između organizacije i njenih korisnika (klijenata), bilo putem telefona, e-pošte, internet chata, društvenih medija ili drugih komunikacijskih kanala. Call centri igraju ključnu ulogu u pružanju podrške korisnicima, rješavanju problema, pružanju informacija, obradi narudžbi i obavljanju drugih komunikacijskih aktivnosti.

Savremeni kontakt centar treba da omogući efikasno i trenutno bilježenje, analizu i upotrebu podataka prikupljenih u interakciji sa klijentima. (S.Kovačević, 2008)

Call centar, je centralno mjesto za prikupljanje i distribuciju svih relevantnih informacija, dio je strategije naprednog odnosa sa korisnicima i savršeno je tehnološko riješenje za efektivnu komunikaciju sa velikim brojem korisnika. (J. Muller i dr., 2005)

Postoji široka postojeća literatura o Call centrima koja je proizvela detaljno razumijevanje „organizacije rada, nadzora, strategija upravljačke kontrole i drugih centralnih pitanja analize procesa rada. (Elis i dr., 2006)

2.1. Razvoj call centara

Prvi kontakt centar je koristila Birminghanska pošta i novine, oni su svoj kontakt centar implementirali 1965. godine. Kontakt centar je bio organizovan na način da su u prostoriji bili složeni redovi stolova i svaki agent koji je sjedio za stolom je imao svoj telefonski terminal s kojeg je zaprimao pozive i uputio ih.

1972. godine preduzeće Gas World je također implementiralo vlastiti kontakt centar i također su objavili da je njihov kontakt centar mogao zaprimiti do 20,000 poziva sedmično.

1990.-ih većina preduzeća je imala vlastiti kontakt centar.

1995. godine zajedno s dolaskom interneta i pojavom „dot com“ preduzeća, kontakt centri su počeli rapidno rasti.

Od 1995. do 2003. godine broj zaposlenih u kontakt centrima se povećao za 250%. Jedan od razloga tome su „off-shore“ kontakt centri čemu i danas možemo svjedočiti, gdje su velika preduzeća izgradila svoje kontakt centre u državama sa slabijim standardom radi jeftinije radne snage, klasični primjer takvih država su Indija, Filipini i Južna Afrika.

Pojava „oblaka“ je također uticala na kontakt centre, jer upravo zbog oblaka je bilo moguće povezivati kontakt centre s različiti geografskih lokacija.

2011. godine čak 71% preduzeća nije planiralo prebaciti kontakt centar u oblak, dok se taj broj u 2017. godini smanjio na 41% i možemo još uvijek reći da je to vrlo velik postotak. (http:/www.callcentrehelper.com , 2022.).

S vremenom i novim dodatnim tehnologijama odnosno kanalima se pojam „call center“ pretvorio u „contact center“, i zbog toga možemo reći da je istorija call centra ujedno i istorija kontakt centra. Prema Google-u 2011. pojam kontakt centar je bio traženiji od pojma call centar. (Ćenan, 2018)

Call centri postaju nezaobilazan segment integracije u logističkim kompanijama, jer postaju jedan od glavnih alata za međusobnu komunikaciju unutar logističkog lanca. Postaju ključan dio logističkih operacija kako bi se osigurao efikasan tok informacija, efikasnoo rješavali problemi te pružila visokokvalitetna korisnička podrška

U posljednjim desetljećima call centri su se unutar logističkih kompanija proširili i na druge komunikacijske kanale osim telefona. Uz telefonske pozive, call centri pružaju podršku putem e-pošte, chatova uživo, SMS-a, društvenih mreža i video poziva. Ovo je omogućilo korisnicima da odaberu preferirani kanal komunikacije i poboljšalo cjelokupno korisničko iskustvo.

Danas, call centri u logističkim kompanijama koriste napredne tehnologije poput umjetne inteligencije (AI), strojnog učenja i automatizacije procesa kako bi poboljšali efikasnost i kvalitetu usluge. To uključuje upotrebu chatbotova za samouslužnu podršku, analitiku podataka za praćenje performansi i personalizaciju korisničkog iskustva. (http:/www. phonesuite.com, 2023.).

2.2. Arhitektura call centra

Arhitektura call centra predstavlja organizacijsku strukturu, tehnološke komponente i procese koji omogućuju funkcionalnost i efektivnost call centra.

Svaki pozivni centar sastoji se od 5 sljedećih glavnih komponenti: PABX (Private Automatic Branch Exchange); IVR (interaktivni glasovni odgovor); više kanala reda (obično grupisanih po kategorijama); ACD (Automatski distributer poziva); i broj agenata koji upravljaju dolaznim pozivima. Svaki agent obično ima radnu stanicu koja je povezana na informacioni sistem preduzeća posebne namjene. (Vera-Baquero i dr., 2015), (Doomun i dr., 2008).

Neki od osnovnih ključnih elemenata arhitekture call centra:

Komunikacijski kanali: Call centri podržavaju različite komunikacijske kanale kao što su telefoni, e-pošta, internet chat, SMS i društveni mediji. Arhitektura treba omogućiti integraciju tih kanala kako bi agenti mogli efikasno upravljati komunikacijom s korisnicima.

ACD (Automatic Call Distributor): ACD sistem automatski usmjerava dolazne pozive korisnicima koji su najbolje pozicionirani da udovolje njihovim potrebama, obično na osnovu dostupnosti i stručnosti.

IVR (Interactive Voice Response) Sustav: IVR sustav omogućuje korisnicima da komuniciraju s call centrom putem automatskih opcija biranja. Korisnici mogu odabrati opcije i dobiti osnovne informacije bez potrebe za agentom.

CTI (Computer Telephony Integration): CTI omogućuje integraciju telefonskih sistema s računalnim aplikacijama koje agenti koriste. To omogućuje agentima pristup informacijama o korisniku tijekom poziva.

CRM (Customer Relationship Management) sistem: CRM sistem omogućuje agentima praćenje historije interakcija s korisnicima, personaliziranu podršku i bolje razumijevanje korisničkih potreba.

Pametna Analitika: Arhitektura treba uključivati analitičke alate za praćenje i analizu performansi call centra, stopu rješavanja, zadovoljstvo korisnika i druge ključne metrike.

Pametni Odgovori i AI: Umjetna inteligencija (AI) i automatizirani odgovori sve više se koriste za brže rješavanje rutinskih upita i pomoć agentima u pružanju bolje podrške.

Poslovne Integracije: Arhitektura treba omogućiti integraciju s drugim poslovnim procesima unutar organizacije, kao što su upravljanje narudžbama, inventarom i plaćanjima.

Obuka i Edukacija: Arhitektura treba uključivati sustav za obuku i edukaciju agenata kako bi se osiguralo njihovo kontinuirano usavršavanje.

Sigurnost i Skladištenje Podataka: Arhitektura mora biti sigurna kako bi zaštitila osjetljive podatke korisnika i omogućila skladištenje i pristup podacima o korisnicima.

Fleksibilnost i Skalabilnost: Arhitektura treba biti prilagodljiva i skalabilna kako bi se mogla prilagoditi promjenjivim potrebama call centra. (http:/www. upbe.ai, 2023.).

U konačnici, arhitektura call centra treba osigurati efikasno i kvalitetno iskustvo korisnika te omogućiti agentima da pruže učinkovitu podršku putem različitih komunikacijskih kanala. (Fluss, 2005).

Arhitektura logističkog call centra obično se sastoji od više slojeva i komponenata koje omogućuju efikasnu komunikaciju s korisnicima te upravljanje različitim aspektima logistike. Važno je napomenuti da se arhitektura call centra može razlikovati ovisno o veličini organizacije, složenosti operacija i specifičnim potrebama logističkog lanca. Call centar treba biti povezan s ostalim sistemima unutar logističkog lanca, kao što su upravljanje zalihama, praćenje isporuka i narudžbe, kako bi se omogućila brza i tačna razmjena informacija. S obzirom na osjetljive podatke o korisnicima, arhitektura treba osigurati visok nivo sigurnosti i zaštite podataka. (http:/www. upbe.ai, 2023.).

2.3. Podjela call centara

Call centri mogu se podijeliti prema različitim kriterijima, kao što su svrha, organizacija, veličina, industrija i tehničke karakteristike, što je prikazano na Tabeli br.1.

Tabela 1. Podjela Call centara prema određenim kriterijima

Prema Svrhi:	Korisnička podrška: Fokusiraju se na pružanje podrške korisnicima, rješavanje problema, pružanje informacija i tehničku pomoć.
	Korisnička podrška: Fokusiraju se na pružanje podrške korisnicima, rješavanje problema, pružanje informacija i tehničku pomoć.
	Prodaja i Marketing: Posvećeni su prodaji proizvoda ili usluga te promociji i marketingu.
	Tehnička podrška: Specijalizirani za pružanje tehničke pomoći i rješavanje tehničkih problema.
Prema Organizaciji:	Centralizirani: Svi agenti i resursi smješteni su na jednoj centralnoj lokaciji.
	Decentralizirani: Call centar može biti raspoređen na više lokacija radi bolje usluge različitim tržištima.
Prema Veličini:	Mali Call Centri: Imaju ograničen broj agenata i služe manjim korisničkim bazama.
	Veliki Call Centri: Imaju veliki broj agenata i pružaju usluge većem broju korisnika.
Prema Industriji:	Financijski Call Centri: Specijalizirani za financijske usluge i transakcije.
	Zdravstveni Call Centri: Pružaju zdravstvenu podršku, zakazivanje termina i slično.
	Zdravstveni Call Centri: Pružaju zdravstvenu podršku, zakazivanje termina i slično.
	Turizam i Rezervacije: Upravljaju rezervacijama, informacijama o putovanjima i slično.
Prema Tehničkim Karakteristikama:	Multikanalni Call Centri: Pružaju podršku putem više komunikacijskih kanala kao što su telefon, e-pošta, chat i društveni mediji.
	Virtualni Call Centri: Agenti rade udaljeno ili izvan ureda, obično od kuće.
	Integrisani Call Centri: Integrišu različite tehnologije kao što su IVR, CTI i CRM sistemi.
Prema Specijalizaciji:	Prva Linija: Prvi kontakt s korisnicima, nude osnovnu podršku i rješavaju manje složene upite.
	Druga Linija: Specijalizirani agenti za složenije probleme koji zahtijevaju dublje stručnosti.
	Treća Linija: Specijalizirani tehnički stručnjaci za najkompleksnije tehničke izazove.
Prema Sektorskim Ciljevima:	Profitni Call Centri: Fokusiraju se na generisanje prihoda i prodaju proizvoda/usluga.
	Neprofitni Call Centri: Posvećeni su pružanju informacija, podrške ili edukacije, obično u neprofitnom ili javnom sektoru.

Ove podjele pružaju samo pregled raznolikosti call centara. Svaki call centar može imati specifične karakteristike i kombinacije funkcija, ovisno o potrebama organizacije i ciljevima. (Agatić,2016); (Reynolds, 2013).

Napretkom tehnologije, nije više potrebno ulagati značajna finansijska sredstva u nabavku vlastitiog call centra, nego se isti može iznajmiti od mnoštvo kompanija na tržištu.

Iznajmljeni call centar, poznat i kao "outsourcing" cloud call centar, pruža niz prednosti organizacijama koje odluče koristiti usluge vanjskog partnera za upravljanje komunikacijom s korisnicima. Ključne prednosti iznajmljenog call centra:

Smanjenje Troškova: Iznajmljeni call centar može smanjiti troškove u odnosu na uspostavljanje i održavanje vlastitog call centra. Organizacije ne moraju ulagati u infrastrukturu, tehnologiju i obuku osoblja.

Stručnost i iskustvo: Specijalizirani pružatelji usluga call centra imaju stručnost i iskustvo u upravljanju komunikacijom s korisnicima. To može dovesti do bolje kvalitete usluge i zadovoljstva korisnika.

Skalabilnost: Iznajmljeni call centar omogućava brzo prilagođavanje promjenama u potražnji. Kad se potreba poveća, vanjski partner može brzo povećati broj agenata kako bi se nosio s većim obimom poziva.

Fokus na Core Poslovanju: Outsourcing call centar omogućava organizacijama da se usmjere na svoje osnovne poslovne aktivnosti i strateške ciljeve, dok pružatelj call centra preuzima brigu o korisničkoj podršci.

Globalna Prisutnost: Iznajmljeni call centar može pružiti globalnu podršku korisnicima na različitim jezicima i u različitim vremenskim zonama.

Brza Implementacija: Uspostavljanje vlastitog call centra može zahtijevati vremenske i tehničke napore. Iznajmljeni call centar omogućava bržu implementaciju i pokretanje usluge.

Tehnološke Prednosti: Pružatelji usluga call centra često koriste najnovije tehnologije, uključujući CRM sisteme, analitiku i AI, što može poboljšati efikasnost i iskustvo korisnika.

Smanjenje Rizika: Outsourcing call centar može smanjiti rizik od grešaka i problema u korisničkoj podršci jer specijalizirani partneri obično posjeduju protokole i postupke za rješavanje problema.

Fleksibilnost u Modelima saradnje: Organizacije mogu odabrati različite modele saradnje, uključujući potpuni outsourcing, djelomični outsourcing ili privremeno dodavanje kapaciteta.

Kontinuirana Podrška: Iznajmljeni call centar pruža 24/7 podršku korisnicima, što može poboljšati njihovo iskustvo i zadovoljstvo (Cvetković, 2015).

3. FUNKCIONALNOST I PREDNOSTI LOGISTIČKIH CALL CENTARA

Call centri u logistici igraju ključnu ulogu u pružanju podrške korisnicima, rješavanju problema, poboljšanju kvalitete usluge i održavanju dobre komunikacije između organizacija i njihovih korisnika. Pravilno upravljanje call centrom može rezultirati povećanim zadovoljstvom korisnika, povećanom učinkovitošću i poboljšanom reputacijom kompanije u području logistike.

Obzirom na veliki broj mogućnosti koje pruža call centar, raznolika je i primjena u logistici:

- Praćenje isporuka: Call centri mogu pružiti podršku praćenju i informisanju o statusu isporuka. Korisnici ili klijenti mogu kontaktirati call centar kako bi saznali gdje se nalazi njihova pošiljka, kada će biti isporučena ili zahtijevati dodatne informacije o isporuci.
- Korisnička podrška: Call centri mogu pružiti korisničku podršku vezanu uz logističke usluge. To uključuje odgovaranje na upite korisnika o naručivanju, dostavi, povratima, reklamacijama ili drugim pitanjima vezanim za logistiku. Call centar može pružiti informacije, rješavati probleme i pružiti potrebne smjernice korisnicima.
- Rukovanje hitnim situacijama: U slučaju logističkih hitnih situacija poput kašnjenja isporuka, oštećenja ili gubitka pošiljki, call centar može biti centralno mjesto za prijavu i upravljanje tim situacijama. Korisnici mogu kontaktirati call centar kako bi prijavili incidente i dobili potrebne informacije o daljnjim koracima ili postupcima za rješavanje problema.
- Upravljanje narudžbama i inventarom: Call centri mogu biti odgovorni za obradu narudžbi, praćenje inventara i upravljanje logističkim podacima. Korisnici mogu kontaktirati call centar za postavljanje ili promjenu narudžbi, provjeru dostupnosti proizvoda, informacije o cijenama ili bilo kakve druge zahtjeve vezane za logistiku.
- Praćenje zadovoljstva korisnika: Call centri mogu provoditi istraživanja zadovoljstva korisnika kako bi dobili povratne informacije o logističkim uslugama i poboljšali kvalitetu usluge. To može uključivati

provođenje anketa, prikupljanje povratnih informacija ili vođenje razgovora s korisnicima kako bi se razumjelo njihove potrebe i želje u pogledu logistike. (Hyken, 2017); (Cenan N. 2018)

Automatizacija procesa: AI tehnologije kao što su roboti procesne automatizacije, mogu se koristiti za automatizaciju rutinskih zadataka u call centrima. Ovo uključuje automatizaciju unosa podataka, preusmjeravanje poziva, generisanje izvještaja i druge administrativne zadatke. Automatizacija procesa oslobađa vrijeme agenata da se fokusiraju na složenije zadatke i poboljšavaju korisničko iskustvo. (http:/ gettalkative.com, 27.03.2023.); (Andrade i dr, 2022).

Implementacija AI u logističke call centre ima potencijal za poboljšanje efikasnosti, produktivnosti i zadovoljstva korisnika. No važno je pravilno planirati i integrisati AI tehnologije kako bi se osiguralo optimalno iskustvo za korisnike i agente.

Algoritamsko upravljanje vodi barem jedan korak dalje od call centra. Umjesto fizičkog rada i prikupljanja podataka, postoji automatizovano prikupljanje podataka koje se odvija kroz cijeli radni proces. (Woodcock, 2022).

U današnje vrijeme, uveliko se koristi umjetna inteligencija (AI) i ima sve veći uticaj na razvoj i transformaciju logističkih call centara. Integracija AI tehnologija u logistički call centar može donijeti brojne prednosti, uključujući poboljšanje korisničkog iskustva, povećanje efikasnosti i smanjenje troškova.

AI algoritmi uključuju „skupove definisanih koraka strukturiranih za obradu instrukcija/podataka za proizvodnju izlaza" (Kitchin, 2017)

Postoji niz primjera kako se umjetna inteligencija može koristiti u call centrima, kao što su npr:

- Chatbotovi: Chatbotovi su softverski agenti bazirani na AI koji mogu odgovarati na upite i komunicirati s korisnicima putem teksta ili glasa. Chatbotovi se mogu koristiti za pružanje brze i automatizovane podrške korisnicima, odgovaranje na česta pitanja, prikupljanje podataka i usmjeravanje korisnika na odgovarajuće resurse. Oni mogu smanjiti opterećenje agenata i pružiti korisnicima 24/7 podršku.
- Glasovna biometrija: Tehnologija glasovne biometrije koristi AI za prepoznavanje glasa korisnika. To omogućuje automatsku identifikaciju korisnika i autentifikaciju bez potrebe za unosom korisničkih podataka. Ovo poboljšava sigurnost i efikasnost poziva te smanjuje vrijeme potrebno za provjeru identiteta.
- Automatska analiza teksta i govora: AI tehnike se mogu koristiti za automatsku analizu teksta i govora tokom poziva. To omogućuje praćenje kvalitete poziva, analizu sentimenta korisnika, identifikaciju ključnih informacija i otkrivanje problema. Analitika podataka dobivena iz AI sistema može pomoći u poboljšanju treninga agenata, pružanju personalizirane podrške i identifikaciji trendova.
- Prediktivna analitika i preporuke: AI može se koristiti za prediktivnu analitiku kako bi se identifikovali uzorci i predvidjeli budući korisnički zahtjevi. Na osnovu tih predikcija, call centar može pružiti personaliziranu podršku i preporuke korisnicima, poboljšavajući korisničko iskustvo i povećavajući zadovoljstvo.

AI može pomoći u smanjenju troškova, poboljšanju skalabilnosti i povećanju brzine i tačnosti u interakcijama s korisnicima, međutim, važno je napomenuti da AI ne može zamijeniti ljudsku interakciju u potpunosti. Ljudi su i dalje potrebni za rješavanje složenih problema i pružanje personalizirane usluge. (https://blog.hubspot.com/service/artificial-intelligence-call-center, 2023).

4. ZAKLJUČAK

Call centri su evoluirali i prilagođavali se razvoju tehnologije i potrebama organizacija i kao takvi imaju veliki uticaj na logističke procese a posebno u kontekstu podrške korisnicima, rješavanja problema i upravljanja narudžbama.

Njihova funkcija nije samo pružanje podrške korisnicima i rješavanje njihovih pitanja i problema, već i učestvovanje u upravljanju narudžbama, praćenju isporuka i rješavanju logističkih izazova.

Call centri imaju ključnu ulogu u prikupljanju podataka i analizi poslovanja logističkog operatera. Uvođenje informacijskih i komunikacijskih tehnologija u logističke call centre rezultira poboljšanom korisničkom uslugom, operativnom učinkovitošću, donošenjem odluka temeljenih na podacima i prilagodljivošću promjenama na tržištu, što je detaljno i predstavljeno u radu.

Ovaj rad može biti polazna tačka za daljnja istraživanja u implementaciji savremenih metoda funkcionisanja Call centara logističkih operatera.

5. LITERATURA

Skitsko, V. I. (2016). E-logistics and m-logistics in information economy. LogForum, 12(1), 7-16.

Kitchin, R. (2017). 'Thinking critically about and researching algorithms.' Inform. Commun. Soc. 20, 14–29. doi: 10.1080/1369118X.2016.1154087

Woodcock, J. (2022). Artificial intelligence at work: The problem of managerial control from call centers to transport platforms. Frontiersin Artificial Intelligence, 5, 888817.

Woodcock, J., and Graham, M. (2019). The Gig Economy: A Critical Introduction. Cambridge: Polity. http://scholar.google.com/scholar_lookup?author=J.+Woodcock&author=M.+Graham+&publication_year=2019&title=The+Gig+Economy%3A+A+Critical+Introduction.

Ellis, V., and Taylor, P. (2006). "'You don't know what you've got till it's gone": re-contextualising the origins, development and impact of the call centre.' New Tech. Work Employ. 21, 107–122. doi: 10.1111/j.1468-005X.2006.00167.x

Vera-Baquero, A., Colomo-Palacios, R., Molloy, O., & Elbattah, M. (2015). Business process improvement by means of Big Data based Decision Support Systems: a case study on Call Centers. International Journal of Information Systems and Project Management, 3(1), 5-26.

R. Doomun and N. V. Jungum, (2008), "Business process modelling, simulation and reengineering: call centres," Business Process Management Journal, vol. 14, no. 6, pp. 838–848.

Kovačević S., (2008). "Menadžment i organizacija rada savremenog Kontakt centra, mogućnost optimalizacije troškova u finansijskim institucijama upotrebom savremenog Kontakt centra u kombinaciji sa CRM sistemom," , Novi Sad.

Kosovac A., Muharemović E., (2022). Procesi logističkih sistema.: Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Univerzitet u Sarajevu. Sarajevo-Zagreb

Ćenan N. (2018). Omnichanel kontakt centar. Varaždin: Fakultet organizacije i informatike, Sveučilište u Zagrebu, pp.11, doi: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:211:8106266

Muller J, Srića V.. (2005). Upravljanje odnosom s klijentima : primjenom CRM poslovne strategije do povećanja konkurentnosti. Zagreb: Delfin-razvoj managementa. pp. 89

Fluss, D. (2005). The real-time contact center: strategies, tactics, and technologies for building a profitable service and sales operation. New York: AMACOM.

https://www.callcentrehelper.com/the-history-of-the-call-centre-15085.htm (2023).

https://phonesuite.com/articles/call-center-technology-the-benefits-and-trends-for-2023/ (2023).

https://www.upbe.ai/en/blog/call-center-technology/

Andrade, I.M.D. and Tumelero, C. (2022). "Increasing customer service efficiency through artificial intelligence chatbot", Revista de Gestão, Vol. 29 No. 3, pp. 238-251. https://doi.org/10.1108/REGE-07-2021-0120

AI in Contact Center: How Artificial Intelligence is Transforming Digital Customer Service in 2023, (27.03.2023.)https://gettalkative.com/info/ai-in-contact-center

Agatić, K. (2016). Analiza tehničko-tehnoloških značajki kontakt centra poštanskog operatora. Zagreb, https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:063923

Reynolds, P. (2013). Call Center Staffing. The Complete, Practical Guide to WorkForce Management. Nashville: The Call Center School.

Cvetković S. (2015). Razvoj Kontaktnog centra kao preduvjet porasta zadovoljstva korisnika, Zagreb. https://hrcak.srce.hr/147098

Hyken, S., (2017). „Moving From Omni-Channel To A Channel-Less Customer Experience" https://www.forbes.com/sites/shephyken/2017/03/04/moving-fromomni-channel-to-a-channel-less-customer-experience/#6a94519c6629

Artificial Intelligence Call Center: How is AI Used in Call Centers, How Will AI Impact Customer Service, (2023.). https://blog.hubspot.com/service/artificial-intelligence-call-center

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

IMPLEMENTATION AND POSSIBILITIES OF BUILDING CITY LOGISTICS IN THE AREA OF THE CITY MUNICIPALITIES OF THE CITY OF SARAJEVO

IMPLEMENTACIJA I MOGUĆNOSTI IZGRADNJE CITY LOGISTIKE NA PODRUČJU GRADSKIH OPĆINA GRADA SARAJEVA

Amel Kosovac[a], Elvedin Hasanović[b], Adisa Medić[a]

[a] *University of Sarajevo, Faculty of Traffic and Communications Sarajevo, Zmaja od Bosne 8, Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina, amel.kosovac@fsk.unsa.ba, adisa.medic@fsk.unsa.ba*

[b] *BIHAMK Assistance LLC, Skenderija 23, Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina, elvedin.hasanovic@gmail.com*

Abstract: *This paper aims to identify optimal areas for the construction of major logistics and auxiliary centers with a focus on areas of Sarajevo City based on the analysis of several factors described in the paper. In addition to overpopulation and the lack of space required for this project, significant roles in making the final decision have transportation infrastructure and connectivity, location size, price, land condition as well the distance of the location from the populated part of the city. All of these parameters examined in this paper. The municipalities of Novi Grad and Novo Sarajevo meet the criteria for construction, specifically at the location of the Novi Grad municipality in the Rajlovac business zone and the area of the Novo Sarajevo municipality. However, areas of the Stari Grad and Centar municipalities do not meet the necessary criteria for the construction of these centers. The paper provides suggestions for potential construction locations in the territory of two municipalities of Sarajevo City and guidelines for future research regarding the potential locations in other cities of Bosnia and Herzegovina.*

Key words: *logistics centers, Sarajevo city, business zones, construction of centers*

Apstrakt*: Cilj ovog rada jeste identifikacija optimalnih područja za izgradnju glavnih logističkih i pomoćnih centara sa fokusom na područje Grada Sarajeva, a na temelju analize faktora koji su također, obrađeni u radu. Pored prenaseljenosti i nedostatka prostora koji su potrebni za ovaj projekat, veliku ulogu u donošenju konačne odluke igraju prometna infrastruktura i povezanost, veličina lokacije, cijena i stanje zemljišta, kao i udaljenost lokacije od naseljenog dijela grada. Svi ovi parametri obrađeni su u ovom radu. Općina Novi Grad i Novo Sarajevo zadovoljavaju kriterije za izgradnju i to na lokaciji Općine Novi Grad u poslovnoj zoni Rajlovac i području Općine Novo Sarajevo, dok područja Općina Stari Grad i Općine Centar ne zadovoljavju kriterije koji su potrebni za izgradnju centara. Obzirom da su date potencijalne lokacije za izgradnju na području dvije općine Grada Sarajeva, daje se prijedlog za buduća istraživanju u pogledu potencijalnih lokacija i drugih gradova Bosne i Hercegovine.*

Ključne riječi: *Logistički centri, Grad Sarajevo, poslovne zone, izgradnja centara*

1. UVOD

Gradska logistika iz dana u dan sve je značajnija u području logističkih aktivnosti sa glavnim ciljem optimizacije logističkog sistema u granicama određenog urbanog područja. Definisanje odgovarajućeg područja za izgradnju logističkih centara unutar gradova jedan od glavnih problema za realizaciju logističke djelatnosti. Stoga, predmet i cilj ovog rada jeste identifikacija optimalnih područja za izgradnju glavnih logističkih i pomoćnih centara sa fokusom na područje Grada Sarajeva, a na temelju analize faktora koji su također, obrađeni u radu.

Danas se više od polovine populacije naseljava u urbanim područjima. Potreba za povećanjem broja urbanih logističkih centara postaje sve veća. City logistika kao disciplina suočava se sa nizom problema kako pri odabiru

lokacija za postavljanje distributivnih logističkih centara, tako i sa održavanjem već postojećih. Usvajanje mjera ili politika koje promovišu održivost je od velikog značaja za ovu granu logistike (Tadić, Zećević, 2015).

Kroz rad će se dobiti odgovor na pitanje zašto pojedine općine imaju veću, a druge manju ili nikakvu mogućnost izgradnje logističkih distributivnih centara/hubova.

Rezultati istraživanja ovog rada prezentirani su kroz četiri međusobno povezane cjeline. U prvom i drugom dijelu rada, ukazano je na potrebu identifikacije lokacije za izgradnju logističko distributivnog centra. Takođe je dat osvrt na definiciju i podjelu logostike, kao i definiciju gradske logistike. U trećem poglavlju rada na temelju kriterija za izgradnju i održavanje logističkih centara dat je prijedlog lokacija za izgradnju glavnih logističkih centara i pomoćnih habova na području dvije općine Grada Sarajeva: Općina Novi Grad i Novo Sarajevo. U posljednoj cjelini, dat je prijedlog za buduća istraživanju u pogledu potencijalnih lokacija i drugih gradova Bosne i Hercegovine.

2. LOGISTIKA

Različiti su pristupi shvatanja pojma logistike. Godinama se vodila polemika oko toga šta to pjedini autori smatraju da logistika potiče od latinske riječi "logista" kojom su nazivani radnici u rimskim legijama koji su obavljali administrativne poslove (Awasthi,. Chauhan, 2012). Logistika dugo nije imala ni odgovarajuće ime, a sadržaj joj se često poistovjećivao sa transportnom i skladišnom funkcijom koje, gledano sa bilo koje tačke procesa distribucije, imaju dvosmjernu orijentaciju (Gebresenbet, Tavasszy, Ljungber, 2020).

Prema područjima djelovanja danas je prisutna podjela logističkog sistema na: megalogistika, globalna logistika, makro - metalogistika - mikro, interlogistika i intralogistika, servisna logistika, informaciona logistika, menadžment logistika, logistika održivog razvoja (Liu, Si, 2017).

Postoje mnoge podjele logistike, ali najznačajnija su:

- Integrisana logistika – podrazumjeva cijelu paletu usluga od međunarodnog transporta, usluge carinjenja i špedicije, preko skladištenja, raznih vrsta dodatnih usluga, aktivnosti pakovanja, obilježavanja do dostave (Informacioni sistem integrisane logistike i podrška nabavkama, 2017).
- Povratna logistika – podsistem integrisane logistike koja obuhvata aktivnosti podrške povremenim kretanjem proizvoda ili materijala unazad prema proizvođačima ili dobavljačima (Dobroselskyi, Madlenák, Laitkep, 2019), (Dowlatshahi, 2000).
- Distribuciona logistika – predstavlja sponu između funkcija proizvodnje i prodaje u preduzeću (Burinskiene, Lorenc, Lerher, 2018).
- Skladišna logistika – osigurava da su sve zalihe koje stignu u firmu pravilno spremljene i pravilno registrovane (Burinskiene, Lorenc, Lerher, 2018).
- Logistika nabavke – da firma dobije materijale potrebne za proizvodnju.
- Logistika proizvodnje – ona koja osigurava da sirovine ili zalihe prelaze u jedne faze transformacije u drugu do kraja proizvoda (Stachowiak, Cyplik, 2014)
- City logistika – urbana logistika koja ima za cilj izgradnju logističkih centara unutar određenih gradova (Dusan , 2004),(Liu, Si, 2017).
- Kroz nastavak rada detaljnije će se obraditi city logistika na području Grada Sarajeva.

2.1. Definicija city logistike

Gradska (city) logistika predstavlja proces optimizacije urbanih logističkih aktivnosti uključujući socijalne, ekološke, ekonomske, finansijske i energetske utjecaje urbanih transportnih kretanja (Dušan, 2004).

Cilj gradske logistike je optimizacija logističkog sistema u granicama određenog urbanog područja pri čemu se nastoji uzeti u obzir interesi pojedinih društvenih skupina i koristi kako javnog tako i privatnog sektora. Proizvođači, distributeri i prijevoznici imaju za cilj smanjenje transportnih troškova, dok javni sektor želi ublažiti prometna zagušenja i probleme zagađenja okoliša (Akhavan, Ghiara, Mariotti, Sillig, 2019).

Promatrajući opskrbni lanac u gradovima može se vidjeti da gradska logistika nosi veliku i značajnu ulogu u gradu. Obuhvata strategije, tehnologije i rješenja koja se odnose na što bolji način stvaranja i održavanja racionalizacije teretnog transporta u urbanim sredinama (Rześny, Cieplińska, Szmelter, Jarosz, 2020).

Potencijal racionalizacije robnog transporta u gradovima je izuzetno veliki i razlikuje se od grada do grada, odnosno ovisan je o samoj specifičnosti gradova za koje se izrađuju i različite koncepcije i rješenja (Russo, Comi, 2020).

Najefikasniji i djelotvorniji transport robe svakodnevno postaje preduvjet za održanje što boljeg urbanog života i poslovnih aktivnosti kojima se ostvaruje ekonomski razvoj gradskih sredina, ali također izaziva niz negativnih efekata na promet i životno okruženje. Problem transporta robe u urbanim sredinama postaje sve veći problem koji se mora pomno pratiti u budućnosti (Gammelgaard, 2015). Pored proširenja ulica i stvaranja dodatnih parking mjesta gdje je moguće, potrebno je što bolje iskoristiti i postojeću infrastrukturu za prijevoz robe. Potrebno je također pravilno organizirati distribuciju robe, sabiranjem manjih količina isporuka, tj. konsolidacijskim centrima gdje povezivanje transportnih tvrtki može dovesti do smanjenja zakrčenosti na ulicama, smanjenja aerozagađenja i manje razine buke (Liu, Si, 2017).

2.2. Kriteriji za izgradnju logističkih distributivnih centara

City logistika se uglavnom usmjerava na centralne, najčešće historijske dijelove grada gdje je velika gustina izgrađenosti sa koncentracijom različitih aktivnosti: trgovina, stanovanje, administracija, industrija, i ostalo (Burinskiene, Lorenc, Lerher, 2018). Jedna od najbitnijih odluka je odabir lokacije za izgradnju centra. Ulagači i korisnici centra imaju svoje kriterije za odabir lokacije za izgradnju. Logistički centri se uvijek pokušavaju smjestiti na sjecištima više teretnih koridora, te u blizini mjesta potražnje (Grantor, 2021).

U nastavku u tabeli 1. dat je prikaz glavnih kriterija za izgradnju distributivnih centara, kako slijedi:

Tabela1. Prikaz glavnih kriterija za izgradnju distributivnih logističkih centara

UDALJENOST LOKACIJE OD NASELJENOG PODRUČJA
PROSTORNI PLAN POSMATRANE LOKACIJE
TROŠKOVI DISTRIBUCIJE UNUTAR EVENTUALNOG ODABIRA LOKACIJE
FAKTOR ZAGAĐENOSTI ZRAKA
PROMETNA INFRASTRUKTURA I POVEZANOST
STANJE ZEMLJIŠTA
CIJENA ZEMLJIŠTA
VELIČINA LOKACIJE

Potrebno je izabrati optimalnu lokaciju koja će maksimalno zadovoljite sve nabrojane kriterije. Prometna infrastruktura i povezanost su veoma važni elementi za utvrđivanje lokacije centra. Dobra prometna povezanost direktno utiče na smanjenje troškova i brže dostupnosti objekata koji će se opskrbljivati iz distributivnog centra.

Važno je izvršiti detaljnu analizu mikro lokacije i trenutno stanje prometne infrastrukture kao i buduće planove razvoja jer u zavisnosti od vrste transporta i vrstama robe koje se transportuju potrebno je omogućiti brzi pristup adekvatnoj vrsti transporta. Veoma važan elemenat prometne infrastrukture i povezanosti je blizina brze ceste ili autoceste, postojanje ili mogućnost izgradnje željezničkog kolosijeka, blizina aerodroma, odnosno povezanost distributivnog centra sa prometnom infrastrukturom mjesta iz kojeg će se isti opskrbljivati.

Neophodno je racionalno locirati dispributivni centar jer isto direktno utiče na smanjenje potrošnje energije u lokalnom prometu a što direktno utiče i na zagađenje lokalnog okoliša, tj. na zagađenje zraka.

Osim prometne infrastrukture, a u cilju utvrđivanja ukupnih troškova izgradnje logističkog centra, veoma važan faktor su postojanje priključaka za vodu, odvodnju, struju, plin, telekomunikacionu infrastrukturu, kao i mogućnost proširenja kapaciteta i izgradnje lokalnog pristupnog puta. Troškovi komunalne infrastrukture ne smiju se zanemariti prilikom planiranja izgradnje logističkih centara i iste je potrebno uzeti prilikom analiziranja. Prostorni plan potencijalne lokacije izgradnje logističkih distributivnih centara je svakako jedan od presudnih kriterija jer se istim propisuje maksimalna planirana veličina i oblika kompleksa, pristupnih puteva i sl. Ukoliko prostornim planom nije predviđena mogućnost izgradnje potrebnog centra, potrebno je ispitati mogućnost izmjene ili dopune postojećih planova. Mogućnost potencijalnog širenja distributivnog centra ukoliko bi došlo do popunjavanja kapaciteta.

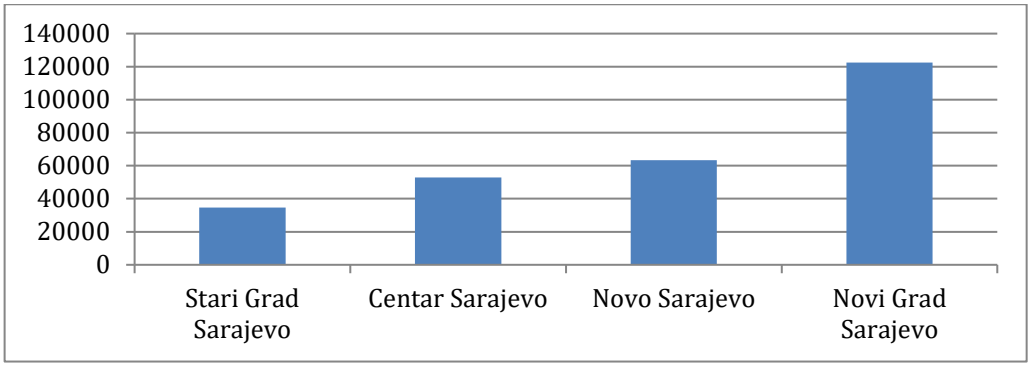
Lokalne općine, odnosno lokalne zajednice, mogu znatno da utiču na ukupne troškove izgradnje distributivbnih centara putem niže otkupne cijene zemljišta, finansiranje komualnih priključaka, sufinansiranje troškova rente ili troškova naknade za uređenje gradskog građevinskog zemljišta, skraćivanje procedura za pribavljanje potrebne dokumentacije i sl. (Valeš, 2019).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Grad Sarajevo obuhvata 4 općine, i to: Stari Grad, Centar, Novo Sarajevo i Novi Grad. Uvažavajući kriterije za izgradnju distributivnih logističkih centara u nastavku rada dat je prijedlog optimalnih lokacija za izgradnju glavnih logističkih centara i njihovih pomoćnih hubova. Prema posljednjem izvještaju Federalnog Zavoda za statistiku, ukupan broj stanovnika Grada Sarajeva 2021. godine iznosi 273.106, dok je broj stanovništva Kantona Sarajevo 419.918. (Federalni zavod za statistiku, 2023).

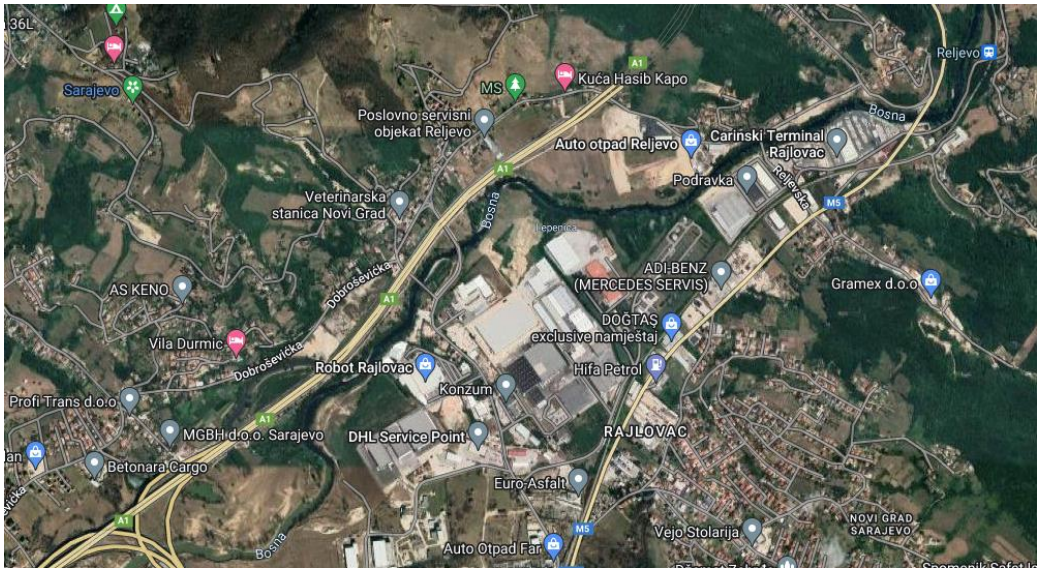
Broj stanovnika Grada Sarajeva u odnosu na Općine (Slika 1):

- Stari Grad Sarajevo 34.564;
- Centar Sarajevo 52.841;
- Novo Sarajevo 63.311;
- Novi Grad 22.390.



Slika 1. Broj stanovnika Grada Sarajeva (2021 godina)

Gustina naseljenosti ima značajan uticaj na izgradnju logističkih centara jer u područjima s visokom gustinom naseljenosti, veća je potreba za logističkim centrima kako bi se bolje zadovoljile potrebe lokalnih potrošača. Veoma je važno postaviti centre blizu ciljanih korisnika kako bi se smanjili troškovi dostave i vrijeme isporuke. U gusto naseljenim područjima, brza i efikasna dostava postaje ključna za konkurenciju. Stoga, logistički centri trebaju biti postavljeni blizu potrošača kako bi se skratila vremena isporuke. Analizom gore navedenih kriterija jedan od prijedloga za izgradnju glavnog logističkog centra i njegovih pomoćnih habova jeste područje općine Novi Grad, i to privredna zona Rajlovac, kako prikazuje Slika 2.



Slika 2. Privredna zona Rajlovac

Od posebnog uticaja za izbor lokacije jeste prometna infrastruktura i prometna povezanost, a koje direktno utiču na kvalitet distributivnih uluga uz minimalne troškove. Razvoj poslovnih zona je predviđen na području privredne zone Rajlovac, Gornjeg i Donjeg Telalovog polja te Bačića, gdje su već i realizovirani i sagrađeni objekti ovog tipa ili su u fazi izgradnje. Karakteristika ovog područja je dobra saobraćajna povezanost sa Autoputem koridor Vc i magistralnim pravcem M-17 preko Sarajevske zaobilaznice, a koja će u budućnosti dodatno biti olakšana realizacijom spoja buduće XIII transferzale i servisnih saobraćajnica sa Sarajevskom obilaznicom. Pored navedenog, u zoni Donjeg Tealovog polja locirana je i željeznička stanica Rajlovac uz koju je planski predviđena i realizacija željezničko-logističkog terminala.

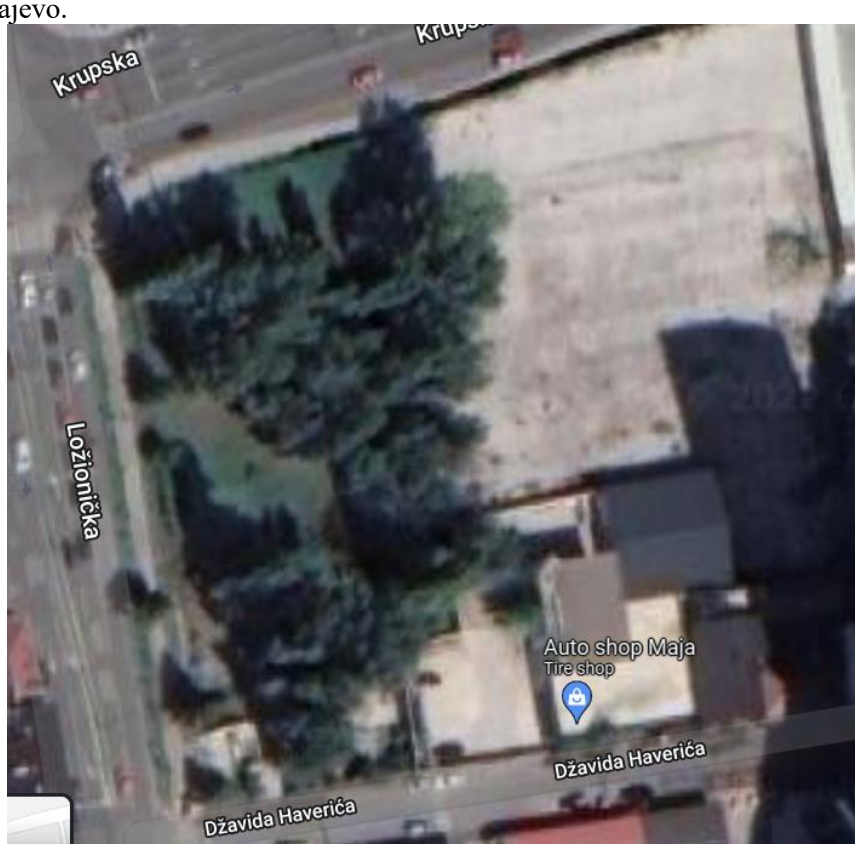
Uvidom u prostorni plan općine Novi Grad može se zaključiti da su prethodno navedene lokacije podržane i sa planskog aspekta. Na slici 4. Prikazan je satelitski prikaz privredne zone Rajlovac.

Nakon obilaska Općine Centar i Općine Stari Grad može se zaključiti da one nisu pogodne za izgradnju ove vrste infrastrukturnih objekata, dok je Općina Novi Grad zasigurno najpogodnija općina na kojoj je sada moguće izgraditi neki logistički centar. Kriteriji poput prostornog plana, veličine i udaljenosti lokacije od naseljenog područja eliminatorni su faktori kada je u pitanju donošenje oduke za izgradnju logističkih centara na podučju Općine Centar i Općine Stari Grad.

Slika 4. Prikaz predmetnog područja, poslovne zone Rajlovac

Granice izgradnje na području Općine Novo Sarajevo počinju od mosta na rijeci Miljacki preko kojeg prelazi ulica Hamdije Ćemerlića, te ide nizvodno rijekom Miljackom, odnosno njenom desnom obalom i dolazi do mjesta gdje rijeku Miljacku siječe trasa V transverzale. Dalje se produžava na sjever, idući zapadnom stranom V transverzale preko parcele (ul.Paromlinska) i dolazi do tromeđe parcela i trase Sjeverne longitudinale gdje se produžava na istok te sjeveroistok i dolazi do tromeđe parcela (Paromlinska ulica). Nakon toga se nastavlja u istom pravcu Sjevernom longitudinalom odnosno njenom sjevernom stranom (obuhvatanja) preko parcela gdje izlazi na ulicu Marka Marulića, a dalje se produžava na sjeveroistok idući trasom Sjeverne longitudinale odnosno njenim sjevernim dijelom, a koja ide ulicom Marka Marulića, gdje presjeca ulicu Ložionička, te ulicom Krupska nastavlja na sjeveroistok (njome ujedno ide i trasa Sjeverne longitudinale), te dolazi do njenog raskršća sa ulicom Hamdije Čemerlića, ulicom Hamdije Čemerlića granica obuhvatanja se produžava u pravcu juga idući njenom istočnom stranom (obuhvatanja), presjeca ulicu Zmaja od Bosne, te ulicom Hamdije Čemerlića 3380 odnosno njenom istočnom stranom produžava u pravcu jugoistoka i dolazi do mosta na rijeci Miljacki, odnosno mjesta odakle je opis granice i počeo.

Na Slici 5. prikazana je najpovoljnija lokacija, odnosno uže područje za izgradnju logističkog centra u okviru područja Novo Sarajevo.



Slika 5. Prikaz najpovoljnijeg područja za izgradnju logističkog centra

Osnovni urbanistički pokazatelji za izgradnju ovih parcela:

- građevinska parcela- ograničena regulacionom linijom,
- građevinska linija,
- maksimalna visina-spratnost,
- maksimalna brutto-građevinska površina,
- procjena broja parking-garažnih mjesta u okviru građevinske parcele koji će se definisati kroz urbanističke saglasnosti i namjenu objekta,

4. ZAKLJUČAK

Gradska logistika nastoji racionalizirati teretni transport u urbanim sredinama. Potencijal racionalizacije robnog transporta u gradovima je izuzetno veliki i razlikuje se od grada do grada.

Efikasniji i djelotvorniji transport robe svakodnevno postaje preduslov za održivi urbani život i poslovne aktivnosti kojima se ostvaruje ekonomski razvoj gradskih sredina. Fokus pri izgradnji glavnih logističkih centara i pomoćnih hubova se stavlja na interes pojedinih društvenih skupina i koristi kako javnog tako i privatnog sektora. Proizvođači, distributeri i prijevoznici imaju cilj smanjenje ukupnih troškova, dok javni sektor želi ublažiti prometna zagušenja i probleme zagađenja okoliša.

Cilj istraživanja bio je identificirati kriterije za izbor lokacija za izgradnju glavnih logističkih distributivnih centara i pomoćnih hubova, te dati prijedlog lokacija za njihovu izgradnju sa fokusom na općine Grada Sarajeva.

Pored prenaseljenosti i nedostatka prostora koji su potrebni za ovaj projekat, veliku ulogu u donošenju konačne odluke igraju prometna infrastruktura i povezanost, veličina lokacije, cijena i stanje zemljišta, kao i udaljenost lokacije od naseljenog dijela grada.

Općina Novi Grad i Novo Sarajevo zadovoljavaju kriterije za izgradnju i to na lokaciji Općine Novi Grad u poslovnoj zoni Rajlovac i području Općine Novo Sarajevo na lokaciji između ulica Ložionička, ulice Krupska i ulice Džavida Haverića, dok Područje Općina Stari Grad i Općine Centar ne zadovoljava kriterije koji su potrebni za izgradnju centara.

Obzirom da su date potencijalne lokacije za izgradnju na području dvije općine Grada Sarajeva, dajemo prijedlog za buduća istraživanju u pogledu potencijalnih lokacija i drugih gradova Bosne i Hercegovine.

5. LITERATURA

Stachowiak A. and Cyplik P., (2014). "LogForum," vol. 10, no. 3, pp. 331–349.

Awasthi A. and Chauhan S. S., (2012). "A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning," Appl. Math. Model., vol. 36, no. 2, pp. 573–584, doi: 10.1016/j.apm.2011.07.033.

Reda A. K., Gebresenbet G., Tavasszy L., and Ljungberg D. (2020). "Identification of the regional and economic contexts of sustainable urban logistics policies," Sustainability (Switzerland), vol. 12, no. 20. MDPI, pp. 1–19. doi: 10.3390/su12208322.

Burinskiene A., Lorenc A., and Lerher T., (2018). "Simulation Study for the Sustainability ," Int. J. Simul. Model., vol. 17, pp. 485–497, doi.org/10.2507/IJSIMM17(3)446.

Gammelgaard B. (2015). "The emergence of city logistics:The case of Copenhagen's Citylogistik-kbh," Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag., vol. 45, no. 4, pp. 333–351, doi: 10.1108/IJPDLM-12-2014-0291.

Grantor D. (2021). "Veleučilište u Karlovcu".

Valeš D. (2019). "Analiza elemenata za izbor lokacije logističkih centara,".

"Federalni zavod za statistiku", (2023). http://fzs.ba/index.php/publikacije/mjesecni-bilteni/.

Russo F. and Comi A. (2020). "Investigating the effects of city logistics measures on the economy of the city," Sustain., vol. 12, no. 4, doi: 10.3390/su12041439.

"Informacioni sistem integrisane logistike i podrška nabavkama (Integrated Logistics Information System and Procurement Support) INFORMACIONI SISTEM INTEGRISANE LOGISTIKE I PODRŠKA,", (2017). . https://n1info.ba/biznis/a233312-nelt-lsp-razvoj-sistema-integrisane-logistike/

Rześny–Cieplińska J. and Szmelter–Jarosz A., (2010). "Environmental sustainability in city logistics measures," Energies, vol. 13, no. 6, doi: 10.3390/en13061303.

Regotić D., (2010). "Logistika-DusanRegodi 2010", www.researchgate.net/publication/303549732

Liu L. and Si W. F., (2017). "Logistics scale agglomeration and operational efficiency of central city clusters," J. Interdiscip. Math., vol. 20, no. 1, pp. 209–218, doi: 10.1080/09720502.2016.1259773.

Straka M., (2017). "The Position of Distribution Logistics in the Logistic System of an Enterprise," Acta Logist., vol. 4, no. 2, pp. 23–26, doi: 10.22306/al.v4i2.5.

Dobroselskyi M., Madlenák R., and Laitkep D., (2019). "Analysis of return logistics in e-commerce companies on the example of the Slovak Republic," Transp. Res. Procedia, vol. 55, pp. 318–325, 2021, doi: 10.1016/j.trpro.2021.06.037.

Akhavan M., Ghiara H., Mariotti I., and Sillig C., (2020). "Logistics global network connectivity and its determinants. A European City network analysis," J. Transp. Geogr., vol. 82, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2019.102624.

Dowlatshahi S., (2000). "Developing a theory of reverse logistics," Interfaces (Providence)., vol. 30, no. 3, pp. 143–155, doi: 10.1287/inte.30.3.143.11670.

Tadić S., Zečević S., and Krstić M., (2015). "City Logistics – Status and Trends," Int. J. Traffic Transp. Eng., vol. 5, no. 3, pp. 319–343, doi: 10.7708/ijtte.2015.5(3).09.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

RELOCATION LOGISTICS: FLOWS, STAKEHOLDERS AND SERVICES

Snežana Tadić[a], Miloš Veljović[a], Veljko Vidojević[a], Mladen Krstić[a], Slobodan Zečević[a]

[a] University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, s.tadic@sf.bg.ac.rs, m.veljovic@sf.bg.ac.rs, veljkovidojevic21@gmail.com, m.krstic@sf.bg.ac.rs, s.zecevic@sf.bg.ac.rs

Abstract: Objectives. *The objective of this paper was to theoretically establish relocation logistics as an important and still insufficiently researched area.* ***Approach.*** *This objective was achieved with the help of the original reflections of the author, but taking into account the way of establishing and structuring other areas of logistics.* ***Results.*** *In the paper, the structuring and description of certain categories of relocation flows, stakeholders and services in this area was carried out.* ***Contribution.*** *The paper's main contribution is the definition of the structure of relocation logistics, as an insufficiently researched area of logistics, and the theoretical framework for its future research.*

Key words: *relocation logistics, structure, flows, stakeholders, services*

1. INTRODUCTION

With the development of humanity, logistics also developed, and it can be said that it has existed since the beginning of man. Also, from the beginning, man was prone to migration/relocation. People moved in search of a better environment for living. Mostly, these migrations were initiated by the creation of inhuman living conditions, which were caused by bad weather, lack of food and water, etc., and later by unfavorable political or economic situations, wars, etc. The impact of these factors was and remains particularly pronounced in areas with a specific geographical and political position, numerous cultural influences and intense historical dynamics, such as the Balkans. Thus, according to Jovan Cvijić (1922), there are no areas on the Balkan Peninsula where the population remained permanently. This is evidenced by one of the most significant works of Serbian and South Slavic literature, "Migration" by Miloš Crnjanski.

Even today, relocation flows are very intense, both in urban (Zečević & Tadić, 2006; Tadić & Zečević, 2016) and in rural areas, and almost every person, at least once in his life, needs to organize and perform them. In the beginning, people carried out the move independently, while much later companies appeared that did it for them. For these companies, relocation can be a primary activity, a function or just one of the services they offer from a wide range of services.

Relocation logistics includes planning, organization, performing and control of flow of goods, materials, freights, interior or exterior elements or other property owned and used by an individual or business entity, with the aim of a permanent or temporary change of location. These flows in a large number of cases are related to the change of place of residence of people who leave their homes and move to others, taking their property with them, but providers of logistic relocation services provide these services also to companies, public institutions, etc.

Relocation flows are characterized by an exceptional complexity of planning, organization and performing, due to unpredictable, stochastic and heterogeneous requirements of the generator of relocation flows, from the aspect of the place, time, type of goods, type of requested services, etc., as well as high costs of empty trips. Companies that provide this type of service must have a diverse fleet of vehicles and other logistical resources to provide quality service. There is often a request to transport oversized or non-standard goods, which requires specific conditions of manipulation, transport and storage.

Papers dealing with the relocation logistics are very few and mostly outdated (Breen, 1975; Morash, 1981; Callan & Thomas, 1992). An exception is the papers dealing with self-storage centers (Renlund, 2015; Subedi, 2018; Apostolakos, 2019), which represent places of refraction of relocation flows. Also, Tadić and Veljović (2020) analyzed relocation flows as a change in the location of goods, materials and freights of households, but a comprehensive overview of the structure of relocation flows, their stakeholders and services, according to the

authors' knowledge, does not yet exist in the literature. Due to the insufficient research on the area, this paper is predominantly based on the author's original thoughts about it, reviews of the structuring of other areas of logistics, as well as information from the market of relocation services.

The topic of this paper is defining the structure of relocation logistics, that is, relocation flows, stakeholders and services. Thus, the main goal of the paper was achieved, a contribution to the research of this still insufficiently addressed topic was made, and a theoretical framework was set for further research.

The paper is structured as follows. After the introduction, in the second section relocation flows are classified according to geographical area, directness, user/flow generator category, type of goods, motive/cause and durability, and each category will be described in detail. Users, providers of relocation services, as well as society and the natural environment, as stakeholders in the implementation and organization of the relocation process, have their own goals and interests, and they are the focus of the third section. The fourth section of the paper refers to basic and additional services offered and implemented by relocation service providers. Finally, concluding remarks and directions for future research are given.

2. STRUCTURE OF RELOCATION FLOWS

Relocation flows can be structured, and classified according to different criteria (Figure 1): geographical area, directness, category of users/flow generators, type of goods, motive/cause, durability, etc. The different categories of flows will be described below.

According to the geographical area, relocation flows can be divided into local, long-distance and international. Local relocation flows include flows of goods, materials and freight over shorter distances, such as e.g. on the territory of the City of Belgrade. Long-distance flows involve relocation over longer distances, such as e.g. between two cities. International flows, unlike long-distance flows, are performed from one country to another.

According to directness, relocation flows can be divided into direct and indirect (Tadić & Veljović, 2020). Direct flows do not require storage of goods, while in indirect flows, at the initiative of the user or provider, storage of goods, materials or freights occurs before it arrives at the destination. In the first case, the user wants to store most often because the facility he needs to relocate to is not yet ready. In the second case, the provider stores goods to synchronize other logistics operations (e.g. in international relocation flows, the provider uses intermodal, container transport, so when changing the type of transport, there is a need for accumulation and consolidation of flows, and thus temporary storage).

According to the category of users/flow generators, relocation flows can be divided into company flows and household flows. In the first case, companies change their old locations to change the market, improve business or for other reasons. Household relocation flows are not particularly frequent, but they carry large amounts of cargo (Tadić & Veljović, 2020). Moreover, from the perspective of household logistics, relocation flows are input and output flows (Tadić & Veljović, 2020).

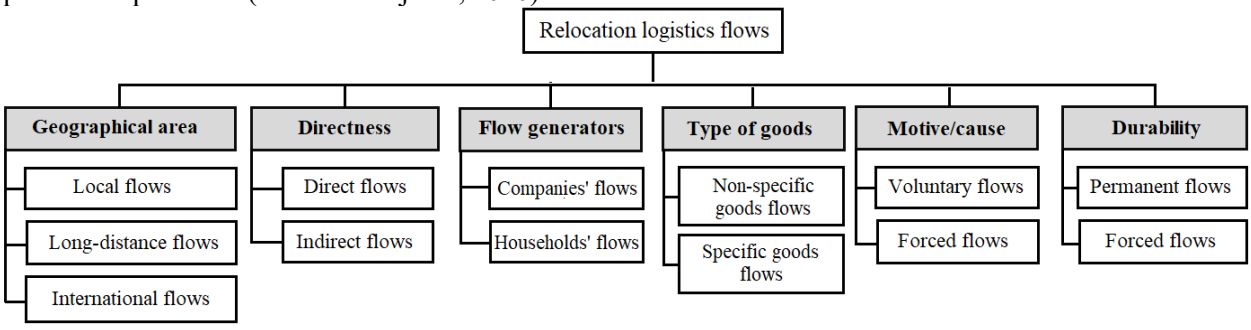


Figure 1. Structure of relocation flows

According to the type of goods, relocation flows can be associated with different goods, materials or freights, namely those that generate usual logistics requirements (non-specific goods) and those that, due to size, shape, construction material, sensitivity, etc. generate specific logistics requirements (specific goods). Non-specific goods mean most things that can be found in a household or business premises (non-sensitive elements of home or business interior and exterior, furniture, tools, shoes, clothes, etc.). In addition to these, there are also other types of goods, materials or freights, that are not found in every household or business space (pets, plants, etc.) or have specific characteristics such as time, temperature and mechanical sensitivity, large dimensions, specific shape, high value, etc. Relocation of business premises or offices can be specific because it can cause problems

during assembly or disassembly, some parts cannot even be disassembled and must be transported in their entirety (e.g. steel elements). If the client owns such things, he is obliged to inform the chosen provider about how he would adequately plan and implement the move. Electrical and electronic devices and appliances, from the point of view of relocation, are sensitive things that must be given special attention during manipulation, assembly, disassembly, storage, transport, etc.

According to the motive/cause, relocation flows can be divided into voluntary and forced (evacuation). The first category is those flows where people voluntarily move to another location due to motives and goals known to them. Forced (evacuation) relocation flows are those that are performed in conditions of being forced to change location to protect people and property from very unfavorable natural (floods, earthquakes, fires, etc.) or social circumstances (wars, crises, etc.), as well as coercion by the administration, the army, etc.

According to durability, relocation flows can be divided into permanent and temporary. Permanent flows are those in which the movement from one location to another is final. With temporary flows, the change of location is not final, but there is an intention to return the moved goods, materials or freights to the initial location after a certain time.

3. STAKEHOLDERS OF RELOCATION FLOWS

Stakeholders in relocation flows are: users/flow generators, logistics relocation service providers, social and natural environment. As in other areas of logistics, each stakeholder has its own goals and interests, which sometimes coincide, but are often conflicting.

Users of relocation services/generators of relocation flows can be divided into companies and households, i.e. legal entities and individuals. There are various reasons for relocation (change of workplace, relocation to a smaller or larger facility, to a facility that requires less expenses or a more luxurious facility, etc.). Users can perform the relocation using their resources or hire a provider that provides this type of service. Clients who are provided with relocation services have the goal of satisfying their needs, i.e. performing the relocation, with as few costs as possible.

Relocation service providers can be divided into specialized logistics providers, whose only activity is the provision of relocation services, and non-specialized logistics providers, for which the provision of relocation services is not the only function, but belongs to a wide range of services they offer. Both categories of providers have certain advantages and disadvantages (https://www.zipmoving.us, 25. 09. 2023). The main advantages of non-specialized providers are cheaper prices and lower costs for users. The client will pay the provider as much as the space he occupied in the means of transport used to carry out the relocation, and most often there are no packing and labor services. Such companies have pre-defined, fixed, prices for a certain area that the goods occupy in the cargo area. Companies for which relocation is not a primary service also have several disadvantages, primarily the lack of assistance to the user. This means that the client himself has to load and unload his belongings from the means of transport. If the client is not skilled in these activities, serious problems may arise that may result in damage to things or injury during their implementation. In addition, such companies do not offer packaging services, so the user who is relocating must provide transport packaging to avoid damage to things. The disadvantage of the service of such providers is the possible loss of goods, and since the client does the packing himself, there are high chances of damage to the goods. The advantages of logistics providers whose main activity is the performing of relocations are numerous. First of all, they offer the organization and implementation of goods flows at the local, long-distance and international levels, unlike their competition, which most often only offers transport at the long-distance level. Such providers offer packaging services. Since relocation is the primary activity of these companies, the people who pack the goods are professionals and the companies usually guarantee with a very high probability that the goods will not be damaged during transport. Of course, in addition to advantages, this type of provider also has disadvantages. When engaging such providers, users can expect quality service of loading, packing, transportation and unloading, but they have to spend more money on that.

The goals of the ***social and natural environment***, as stakeholders, are the reduction of noise, dust, emission of harmful gases, vibrations, waste, environmental pollution, but also economic development, increase in employment, etc. During the performing of the relocation, the companies involved in the implementation must also pay attention to the legal frameworks prescribed by different countries, and even the cities themselves in those countries. Thus, in the United States of America, each state has its regulations prescribed by the state administration. The laws prescribed in one country are not valid in another, so service providers must take into account such restrictions.

4. SERVICES OF RELOCATION PROVIDERS

The basic service provided by all relocation service providers is transportation. Specialized providers, in addition to this, provide other basic and additional services in the relocation process (Tadić & Veljović, 2020). In addition to transport, loading, unloading, transport and packaging services can be distinguished as basic services. Additional services include specific packaging, assembly and disassembly, storage, transportation of oversized cargo, transportation of specific goods, freights, transportation of entire buildings, transportation of waste after relocation, etc. It is necessary to emphasize that additional services differ from provider to provider. Various additional services help providers to achieve market share and competitive position in the market.

4.1. Basic services

As previously stated, basic services can include loading, unloading, transportation and packaging services. If the client decides to hire a provider for the performing of the relocation process, then the ***loading and unloading services*** will most often be performed by the provider himself. Providers choose to load and unload cargo from the means of transport themselves for many reasons. Some of these reasons are the safety of things during transport, the safety of the client, as well as the preservation of a professional image. ***Transport service*** means moving goods from one location to another using pick-up vehicles, vans, trucks or other means of transport depending on the quantity of goods. Pick-up vehicles are used to transport smaller quantities of goods over shorter distances. Transportation of medium-sized items and items that are not bulky on short or long distances is carried out by van. The carrying capacity of vans used for moving is usually in the range of 0.9 t to 1.5 t. Based on the amount of cargo to be transported, the carrying capacity of the van is also chosen so that there is as little empty cargo space as possible. Trucks are used to transport a large amount of cargo or cargo with larger dimensions that exceed the dimensions of a pick-up vehicle or van. In relocation flows, especially long-distance and international, other modes of transport can be used besides the road, as well as their combination, that is, intermodal transport (most often using 20 or 40-foot containers). Experience shows that a 20-foot container can usually fit three bedrooms' worth of stuff, and a 40-foot container can hold five bedrooms' worth of stuff. The client packs his things in the container himself, if he does not want to pay extra to the provider for this activity. One container can be used many times for relocation flows, which is one of the advantages of this way of relocation (https://containertraders.com.au, 03. 09. 2023.).

In addition to transportation and loading/unloading, as a basic one, it is necessary to mention the ***packaging service***. Without high-quality packaging, you can't expect a high-quality move. Some of the most common packaging in relocation processes are primarily cardboard boxes, but also bubble wrap, plastic boxes, stretch film, corrugated cardboard, packing wool. Customers who do not relocate often share the opinion that quality boxes are an unnecessary expense, but they do not actually realize that they protect their goods during transport, handling, and storage. Different types of cardboard boxes are used in moving processes. Boxes with a lid, three-layer cardboard boxes, five-layer cardboard boxes, boxes for the transport of glass containers with partitions, and self-folding boxes are just some of the units that are most often used during the performing of the relocation process. The benefits of using quality packaging are numerous, and some of them are (https://selidbeiprevozsd.rs, 01. 09. 2023.):

- Protection of goods
- Smaller amount of generated waste after the performing of the process
- Quality boxes can be reused
- Quality material can reduce the possibility of injury

In addition to the boxes mentioned above, it is important to mention plastic containers/boxes that are increasingly used during relocation. Plastic boxes are often a better solution than cardboard boxes, primarily because the material they are made of is more durable and resistant, but the price is also higher. This type of box is preferably used in situations where the move takes place in unfavorable weather conditions (rain and snow). Also, these boxes are much more practical than cardboard boxes if the client chooses to store his goods. The reason for this is that the plastic boxes can be stacked more compactly on top of each other in several layers and thus form a block storage system. Another advantage they have compared to cardboard boxes is that when stacking them during transport, you don't have to take care of the stacking method, while this is not the case with cardboard boxes.

4.2. Additional services

In addition to the mentioned basic services, which are offered by all specialized providers, a large number of providers also provide ***goods storage services***. The reasons for storage are different, and can be on the side of the user or the provider. Clients often move from larger to smaller residential premises and do not have enough space for all their belongings, so they decide to store some of them for a certain period. Also, this service is often used for seasonal items. Finally, it is not a rare example that after the death of the owner of a certain property, his belongings are stored until the end of the probate process. Also, storage in the relocation process can be initiated by the provider, for its synchronization. Storage of goods provides flexibility when planning and implementing a relocation. The warehouses used for this purpose can be conventional warehouses such as exist in logistics, and distribution centers for general cargo, but self-storage centers are also often used (Renlund, 2015; Apostolakos, 2019), which have a different structure. These centers represent a modified version of industrial warehouses which are simpler in terms of design, operation and technology (Subedi, 2018). Warehouses must be ventilated, which prevents damage to moisture-sensitive goods. Things that are in the warehouse can be accessed at any time, and the provider that implements the relocation must provide access and, by agreement, transport the goods that were stored to the client (https://selidbeiprevozsd.rs, 03. 09. 2023).

An additional service that providers often offer is ***relocation of specific types of good, i.e. freights***. The organization and implementation of moving flows of cargo such as plants, musical instruments, works of art, etc. is particularly interesting and challenging. Thus, it is necessary to prepare the plants for the move several weeks before its realization. Some types of plants can be sensitive to changes in the environment, so it is necessary to take care of this. A few weeks before the move, it is necessary to gradually reduce the amount of water used to water the plants, as well as to avoid transplanting or spraying with pesticides. The pots in which the plants are transported must have adequate drainage to avoid water retention. Clients who transport plants often add a layer of sand or pebbles to improve drainage (https://selidbeiprevozsd.rs, 05. 09. 2023.).

Relocation of large and oversized goods, freights requires their ***disassembly*** to more efficiently pack and use the cargo space, and then ***assembly*** at the new location. Also, these services can be used for simple management of any other type of goods, freights, which can be disassembled and assembled (furniture, devices, tools, etc.). That's why providers, at the request or approval of the client, perform these activities as well.

Relocation of entire buildings can be singled out as one of the undoubtedly most complex additional services. Many factors can influence such relocations. The size, shape and structure of the object to be moved define the implementation of the relocation to the most significant extent, and it is necessary to pay attention to the height and type of foundation that represents the base of the object. Relocation of the entire building can be further complicated by the presence of garages, balconies, chimneys, fireplaces, etc. If these objects cannot be transported together with the base object they must be moved separately, which affects the increase in relocation costs. Before the transport, it is necessary to plan the route along which the vehicle transporting the object will move. There must be no obstacles on the road that would slow down the implementation of the process or damage the object. When the building is transported to the final location, it is necessary to dig a new foundation, after which the building is placed at the final location (https://vvvv.volfehousebuildingmovers.com, 07. 09. 2023.).

5. CONCLUSION

Ever since its origin, man has been inclined to relocate. He was constantly changing and looking for better living conditions. First, it was a relocation from hilly areas to river valleys, where small communities of people were founded, which eventually grew into larger ones, and then they moved to even larger ones, forming cities. Dissatisfied with that, the man relocated again to some other, seemingly better areas for him. Therefore, people, driven by the most diverse motives, are prone to permanent relocation, and it will undoubtedly be so in the future.

Relocation flows differ according to geographical area, directness, category of flow generators, type of goods, motive/cause, durability, etc. Stakeholders in the planning, organization, management, implementation, control of relocation flows and/or defining the legal framework in which they are implemented are: users/relocation flow generators, providers of relocation services, social and natural environment (including and governments). Services offered by logistics providers are divided into basic (transportation, loading, unloading, packaging) and additional (storage, assembly, disassembly, relocation of specific types of goods, relocation of entire facilities, etc.).

Due to the importance and mass presence, relocation should be a significant subject of interest in the field of logistics. Despite this, there are very few papers dealing with this topic from a logistics perspective. To compensate for these research deficiencies, the authors of this paper have made a theoretical foundation of relocation logistics, showing the structure of relocation flows, stakeholders and logistics services of relocation flows, and thereby defining the framework for future research in this area. This achieved the main goal and contribution of the paper. Some of the possible topics of future research are: the role of logistics centers in relocation flows, evacuation flows as forced relocation flows, conditions and recommendations for the performing of relocation flows, problems and challenges in the performing of relocation flows, etc.

6. REFERENCES

Apostolakos, E. (2019). Business plan for the development of a Self-Storage facility in the area of Thessaloniki, School of economics, business administration & legal studies, Thessaloniki.

Breen, D. (1975). The Economic Effects of Regulation: The Case of Motor Carriers of Household Goods, PhD thesis, Ohio State University, Columbus,

Callan, S., & Thomas, J. (1992). Cost Differentials among Household Goods Carriers: Network Effects, Operating Characteristics, and Shipment Composition, Journal of Transport Economics and Policy, 26(1), 19-34.

Cvijić, J. (1922). The Balkan Peninsula and the South Slavic lands: the basics of anthropogeography (vol. 1). Hrvatski štamparski zavod. (In Serbian)

https://containertraders.com.au

https://selidbeiprevozsd.rs

https://www.wolfehousebuildingmovers.com

https://www.zipmoving.us

Morash, E. (1981). Regulatory policy and industry structure: The case of interstate household goods carriers. Land Economics, 57(4), 544-557.

Renlund, C. (2015). A market analysis of the Finnish selfstorage industry. Laurea-ammattikorkeakoulu, Finland.

Subedi, M. (2018). Smart Approach to Warehousing: Selfstorage Industry, Yrkeshögskolan Arcada, Helsinki.

Tadić, S., & Veljović, M. (2020). Logistics flows of household. Tehnika, 75(2), 225-237.

Tadić, S., & Zečević, S. (2016). Modeling of city logistics concepts. Faculty of transport and traffic engineering, University of Belgrade (In Serbian)

Zečević, S., & Tadić, S. (2006). City logistics. Faculty of transport and traffic engineering, University of Belgrade (In Serbian)

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

CROSS – DOCKING CONCEPT IN INTERMODAL TRANSPORTATION

Mladen Krstic[a], Biljana Mićić[b], Snežana Tadić[c], Slobodan Zečević[d]

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

[b] *Bosnia and Herzegovina, biljana_mcc@yahoo.com*

Abstract: Objectives. *Optimization of the goods flows in intermodal transport (IT), consolidation, as well as cost reduction along the supply chain are the parameters which are continuously highlighted in business strategies. To achieve IT efficiency, it is necessary to ensure the connectivity of the traffic network and the terminal. One of the intersections in the supply chain where consolidation takes place with great optimization of time, space and costs are the Cross-Docking (CD) terminals. Therefore the objective of this paper is to investigate the applicability of CD concept in IT.* ***Approach.*** *To do so, a literature review with an emphasis on CD concept, CD terminals, smart CD terminals and their application in IT is provided.* ***Results.*** *Implementation of the CD concept in CD terminals helps to achieve significant improvements in the form of inventories reduction, stimulation of hauled goods flows, reduction of delivery time, reduction of warehouse costs, space required for warehousing, as well as the effects of timely exchange of information along the supply chain. Therefore the main result of this paper is the comprehensive overview of the CD concept and its implementation in IT.* ***Contribution.*** *The fundamental contribution of the paper is to demonstrate the significance of the CD concept in IT, focusing on the achieved optimization of time, space and costs.*

Key words: *cross-docking, concept, intermodal transport, optimization*

1. INTRODUCTION

The cross-docking (CD) concept was developed in the eighties of the last century. This concept focuses on the transformation of goods at CD terminals. CD terminals represent the nodes where goods flows are consolidated for final delivery. The purpose of the CD concept is to increase the efficiency of the delivery of goods along the supply chain (Tadić et al., 2023). The fundamental principles of the CD concept are reflected in the consolidation of goods flows in the CD terminals with little or no warehousing of goods. The objective is to achieve optimization of time, space and costs. A wide range of fields of application of the CD concept enabled the application of CD in various production and distribution sectors: printing (magazines and newspapers), supply of spare parts, postal and urban distribution systems, intermodal transport (IT) and food distribution (Gonzalez-Feliu 2008).

Intermodal transport (IT) plays a very important role in the transport policy of the European Union. The objective is to facilitate reduction of transport and logistics costs, enable a more favorable design of transport systems, and achieve rational energy consumption, environmental protection, and improvement of transport safety and efficiency. The essence of intermodality is to improve the connection between all modes of transport, as well as their integration into a single system. With a view to achieving the efficiency of IT, it is necessary to realize the connection between the traffic network and terminals. The expansion of the trade of goods around the world, as well as the relocation of companies' production facilities to other continents, led to the expansion of maritime transport. Intermodal transport units (ITJs) are also the loading units which require processing before final delivery. This was followed by the emergence of the CD concept for the reception and consolidation of ITJs. The existence of CD terminals, where consolidation and, if necessary, temporary warehousing of goods would take place, is essential for a successful implementation of the CD concept in IT. The advancement of technology was accompanied by smart CD terminals, as an automated upgrade of existing CD terminals. In countries where rail transport generates large volumes of goods from ports or wharves to the final destinations, CD terminals represent the "last handling" nodes. Loading units are consolidated into FCLs (Full Container Load) at the dispatch point, transported by ship to the port, transshipped to the railway and then arrive at the CD

terminal. At the CD terminal, the arriving FCL loading unit is processed and consolidated for an economical and efficient final delivery (Rodrigue, 2006). The CD concept in IT appears as part of the "initial/final" stage of door-to-door transport operations (Rodrigue, 2006). Therefore, regardless of the prevailing mode of transport during the movement of certain goods flows, the CD concept facilitates the final processing of goods for their optimized delivery to the end user.

The topic of this paper is the CD concept and its implementation in IT. The main contribution and objective of the paper are to indicate the importance of the CD concept in IT, focusing on the achieved optimization of time, space and costs. In addition to the introduction, the paper consists of four more sections. The next section deals with the CD concept and CD terminals, followed by a section dealing with smart CD terminals and the section that presents the implementation of the CD concept in IT. The final section is dedicated to concluding considerations, a summary of paper results and directions for future research.

2. CD CONCEPT AND CD TERMINALS

The CD concept and CD terminals can be defined differently. The MHIA (The Material Handling Industry of America) defines CD as the process of accepting inbound goods and preparing them for further dispatch, without placing the goods in a warehouse area (https://www.mhi.org/glossary). Belle (2011) argues that the fundamental idea is the CD transfer of inbound consignments to outbound vehicles without warehousing. Serrano (2015) believes that CD is the central point in the supply chain where goods are unloaded from inbound vehicles, sorted and then loaded onto outbound vehicles. Konur and Golias (2012) defined CD as a common practice used by the companies to reduce warehousing and transportation costs associated with consignments of different goods from multiple suppliers to multiple destinations. Therefore, CD is a concept that achieves its purpose through the consolidation of goods in the CD terminal in such a manner that all inbound goods are dispatched to the end users consolidated, and all this is performed without or with very little retention of goods, i.e., warehousing. Kinnear (1997) argues that CD terminals have the role of receiving products from suppliers or manufacturers for several different destinations and consolidating them with goods from other suppliers for a common final delivery. A CD terminal is a transshipment terminal, i.e., a transfer point between inbound and outbound flows, without long-term retention and warehousing of goods. The role of a CD terminal is the consolidation of goods flows from different consignors and their dispatch to the end user. CD terminals also exploit, if necessary, temporary warehousing of goods. Nevertheless, this represents an operational decision at the terminal level which will depend on the very schedule of outbound vehicles and their availability, the urgency of delivery and the very characteristics of the goods (Mićić et al., 2023). In any case, temporary warehousing should be avoided when unnecessary, on the one hand due to congestion of the terminal, and on the other hand due to the acceleration of time-based operations of consolidation of goods flows aiming at their timely onward dispatch. The handling of goods inside the terminal is organized depending on the further flow of goods (whether there is temporary warehousing or direct loading from the inbound to the outbound vehicle), the shape and size of the goods' packaging, and equipment from pallet forklifts, hand pallet jacks to manual transshipment of smaller packages without the use of equipment and devices (Belle et al., 2011). CD terminals also encounter cases where the modification of goods is permitted. Most of the goods arrive at the terminal so that their destination is known in advance and direct consolidation is sought there. However, there are cases when it is important that the same quantity of goods be dispatched from the terminal, but it does not have to be goods that immediately enter the terminal, but rather goods that have previously arrived, been stored and on which additional operations are performed in general, such as marking and labeling of goods. In this case, temporary goods warehousing and one level of processing (labelling) are inevitably included (Belle et al., 2011). Rohrer (1995) described how simulation helps to ensure the success of CD systems by determining the optimal hardware configuration and software control, as well as by identifying defect strategies before the problems occur. Montreuil (2011) introduces a new paradigm - the PI (physical internet) that defines smart CD terminals. A CD cannot operate without a quality electronic data exchange in the supply chain. This concept is based on real-time operations, the objective of which is to reduce and eliminate inventory retention, and any delay in information slows down the system and makes it lose its purpose. Once the goods are in the system, the data about them must be known at every moment (whether there is a temporary retention, in which position it is placed if the goods are allocated for temporary warehousing and waiting for any reason, etc.), which is achieved by applying the Warehouse Management System (WMS). Witt (1998), as well as Yu and Egbelu (2008), argued in their papers that WMS plays an essential role in a successful implementation of CD. Tadić et al. (2023) summarize the advantages and disadvantages of implementing the CD concept.

3. SMART CD TERMINALS

Smart CD terminals, which operate based on the physical internet, have emerged as an upgrade to the existing CD terminals, with the purpose of multiple optimizations: system automation, reduction of retention of goods in the system, lower CO_2 emissions, less engagement of human resources, reduction of night driving and driving on long distances. Therefore, smart CD terminals represent an economic, temporal, spatial and social improvement over classic CD terminals.

Montreuil (2011), as well as Ballot et al. (2010) concluded that logistics systems have reached an economic, environmental and social peak. A new paradigm of PI (physical internet) was defined to achieve the sustainability of logistics systems (Montreuil, 2011). The notion of the PI paradigm arose as an aspiration to change the classical method in which physical objects are moved, stored, procured and used, to a method which will function and be connected as computers are connected via the internet (Chargui et al., 2022). The main objective of introducing the PI paradigm is the reorganization of the existing method of supply in an economically, environmentally and socially acceptable manner. Montreuil et al. (2010) designated and defined the three key components of PI that are necessary to ensure its proper functioning: π-movers, π-containers and π-nodes. The π-movers are used to move and handle π-containers such as π-vehicles (π-trucks, π-lifts) and π-carriers (π-wagons, π-trailers, etc.). The π-nodes are places to receive, store and transfer π-containers between π-movers. They can be π-transits, π-turnouts, π-bridges or π-nodes, such as road-rail π-nodes and road-road π-nodes (Chargui et al., 2022). π-containers are standardized units which can be managed by all participants in the supply chain.

Tetouani et al. (2017), introduce the concept of the smart CD (S-CD) as an initiative that aims to improve supply chains by introducing modern technologies with the use of the digital internet. S-CD is a collaboration between industries in which goods are grouped for further distribution (Tetouani et al., 2017). An efficient management of S-CD terminals and PI nodes is crucial to achieving the objectives of the physical internet (Larioui et al., 2017). A significant advantage in terms of loading speed and space utilization is the fact that π-containers are standardized and that loading/unloading/transshipment may be performed in several ways. The π-containers have a standard width of 2.4 [m] while they vary in length by 1.2; 2.4; 3.6; 4.8; 6.0 and 12 [m].

Containers can be loaded from the top, laterally, on the left or right (Larioui et al., 2017), which further accelerates the time of operations. The average retention time of goods in classic CD terminals is about 24 [h] (Larioui et al., 2017), while the maximum retention time in S-CDs is 1 [h] (Chargui et al., 2022). Larioui et al. (2017) highlight the differences between classic CD terminals and S-CD terminals. The implementation of S-CD terminals reduces the number of destinations, the use of standardized π-containers, the presence of decision-making autonomy and the use of highly automated assets. Therefore, S-CD greatly improves economic, environmental and social sustainability (Larioui et al., 2017). The results of the implementation of S-CD terminal, i.e., the π-terminal, are summarized in Table 1.

Table 1: Percentage of decrease in key parameters in the operation of CD terminals

Adapted from: (Montreuil et al., 2012), (Ladier and Alpan, 2015)

Parameters	Percent of decrease/increase in the key parameters by exploiting the smart CD terminals
Operation completion period	<45 %
Distance traveled by employees (cost generator)	<26 %
Deviation compared to the planned processing time on one vehicle	<17 %
Stock level	<12 %
Transported tkm	<10 %
Loading unit fill rate	>70 -75.5 %
CO2 (in rail-road)	<58 %
Night drivers' work	<98 %
Vehicle transport routes	<61 %
Need for drivers	<40 %

4. IMPLEMENTATION OF THE CROSS-DOCKING CONCEPTA IN INTERMODAL TRANSPORT

The implementation of the CD concept in IT was instigated by the development of e-commerce. The growth and expansion of e-business, primarily e-commerce, have resulted in changes along the logistics chain. E-orders resulted in a change from the previous methods of functioning of supply chains which, according to Smith et al. (2002), caused numerous changes in the transport organization itself, whether it is a Business to Business (B2B) or a Business to Consumer (B2C) concept. The importance of the CD concept for improving the efficiency of IT operations, as well as case studies of companies which have integrated this concept into their IT chains, is presented below.

4.1. Importance of the CD concept for IT

The necessity for CD in IT arose with the purpose of optimizing the movement of goods along the supply chain over long distances. The emergence of the internet and the development of e-business, primarily e-commerce, generated demand for integrated logistics services. The emergence of operators with integrated Third-Party Logistics (3 PL) services, which may offer consolidation of both goods and information alike, brought changes throughout the supply chain. E-orders, the electronic method of ordering and routing vehicles, exchanging information and tracking cargo from origin to destination, have simplified and accelerated processes in the supply chain. For the system to operate properly, it is required that all relevant parties (consignors, port and rail operators, consignees, as well as all intersection points in the form of CD terminals) be included in the electronic exchange of information. Concurrently, the governments of Canada and Australia began researching the impact of e-commerce on the organization of transportation (Smith et al., 2002). Studies have shown the impact of the rapid growth of e-business on transportation in general and on IT in particular. E-commerce works according to the principle of delivery following the placed order, that is, e-commerce is based on hauled goods flows. Such an approach further results in e-commerce dealings with smaller and more frequent deliveries in order to meet the goods delivery deadlines to the end user (Smith et al., 2002). In order for maritime and rail transport to participate competitively in the transport system of goods ordered through e-commerce, it is necessary to organize an optimized consolidation of goods flows at CD terminals. The CD concept in IT appears in the form of nodes for e-commerce purposes. Studies indicate that e-commerce has led to a significant increase in the consolidation of commodity flows resulting in fewer and more frequent deliveries. Despite the fact that road operators also adapted to the changes, and reduced the number of vehicles by replacing the existing fleet with a smaller number of vehicles with a higher carrying capacity, it is certain that e-commerce largely increases the number of freight kilometers. The above-mentioned requirements require the use of both rail and maritime transport for e-commerce purposes. A study done in Australia developed a system for evaluating the impact of e-business on rail and maritime transport (Smith et al., 2002). The evaluations showed that the greatest impact was expected in the areas of ports and transshipment points, business, and then rail transport. E-business is bringing significant changes to shipping lines, ports, transshipment centers and among intermodal service providers by increasing productivity and reducing costs (Smith et al., 2002). E-business and data exchange systems in the supply chain are particularly important for IT. Port operators can plan operations more precisely, and customs services can process documentation in a timely manner (according to information on the arrival of the consignment). However, as argued by Smith et al. (2002), there are still many challenges to be overcome related to the implementation of e-business by all participants in the supply chain.

A significant factor in the success of CD in IT is the implementation of Global Positioning System (GPS), RFID and WMS technology. The CD, in combination with GPS, RFID and WMS gives the convenience of having timely information about the status of goods, their current position and the expected time of arrival at certain points. This enables a more accurate plan of work organization in the production facilities where the final product is created. To understand the importance of implementation of information technology and tracking of goods, the University of Denver and the Institute of IT demonstrated the use of GPS tracking and RFID technology on the example of IT in two containers including road and rail transport. The experiment demonstrated the possibility of implementing RFID technology for tracking ITJs in a realistic environment. Such experiments point to the implementation of technology in order to improve the delivery speed of goods, reduce the costs of inventories, warehousing and material handling. RFID combined with the application support of other procedures in the supply chain (e.g., images of bills of lading, customs and transport documents) would largely optimize the movement of goods through the transport chain, both from the aspect of reducing costs and time required for certain procedures (Sherry and Kramer, 2010).

Implementation of the CD concept with S-CD terminals, in addition to the conditions that should be met for classic CD terminals, also requires the use of standardized loading units, both by CD terminals and the industry that performs distribution through S-CD terminals (Montreuil, 2011). S - CD terminals function based on the principle of high automation of all operations, which reduces the number of employees necessary for handling within the system, as well as the goods retention time in the system. The implementation of S-CD also enables the processing of goods that, due to time sensitivity, could not be processed in classic CD terminals and for which direct deliveries are applied (retention up to 24 hours in classic CD terminals is not acceptable).

4.2. Case studies of the implementation of the CD concept in IT

In practice, the CD concept so far has taken root mostly in the car industry. World-renowned brands of the automotive industry (Renault, Toyota, Goodyear) show the results of the implementation of CD in IT. Positive results were achieved primarily in the optimization of time, space and costs. Renault, as a globally recognizable brand in the automotive industry, distributes its products through a worldwide network of CD terminals. Considering the worldwide distribution of the production facilities of this brand, most of the products arrive by maritime transport. A case study (Serrano, 2015) that presented the results of the CD concept's implementation in Renault's business shows high demands for informational and physical consolidation. The distribution planning process is very detailed and complex. Orders from all the customers are integrated, and then the transport time between the factory and each individual destination of the goods is calculated. The calculation of the transport time ensures the final delivery schedule for each individual package. The next step is verification of the vehicle's arrival time to further generate the delivery schedule accordingly. Ordering at Renault is done once a week, based on which a delivery plan is made for each day (Serrano, 2015). The goods arriving at the CD terminal are unloaded in the so-called first zone. The next step is the sorting of the goods depending on the destination and whether they require additional treatments before dispatch. If there is a need for additional processing of the goods, they are moved to the central zone, where repacking or some other type of processing is performed. Goods without additional requirements are directly transferred from the first zone to the third zone, which is the zone for the goods dispatch. From the dispatch zone, the goods are loaded into containers and transported to the first maritime port, where the ship is waiting to depart. Even though containers are dispatched daily from the terminal, an additional time factor that should be taken into account is that the ship sails mostly once a week, and that containers dispatched from the terminal are not automatically in the process of being transported to their destination (Serrano, 2015). Due to this fact, the ordering of parts has been coordinated on a weekly basis, and all goods ordered on a weekly basis will be delivered together. The three main types of costs arising from the implementation of the CD concept at Renault are (Serrano, 2015) loading of inbound road vehicles, the daily workload and the filling of outbound containers. The planning of road transport to the terminal, the filling of containers and dispatch from the terminal are carried out based on the previously known deadlines for the delivery of goods. Research has shown that a change in the container filling plan is permitted in cases where certain packages can be loaded into the next container and, for the purpose of accelerating the filling time, it is possible to change the dispatch plan for a certain part of the goods (Serrano, 2015). It is important that the quantities ordered on a weekly basis are delivered by the same ship, and in view of this fact, a different schedule of goods dispatch is permitted. Tests showed that it is necessary to better harmonize the entrance and exit of the vehicles and pay more attention to the surrounding impacts. Renault relies on nine multimodal export-oriented platforms called the ILN (International Logistic Network) (Serrano et al., 2021), a platform where all input parameters having an impact on the system are defined. This platform serves as a point for the consolidation and exchange of information. Only 10-20% of the goods require additional repackaging and labeling in the CD terminal (Serrano et al., 2021). The sorted goods are then deposited at the container loading point. From an economic point of view, the ILN platform serves a double purpose (Serrano et al., 2021); it reduces the cost of maritime transport through consolidated deliveries, while on the other hand, it simplifies the management of the supply chain from the supplier's point of view in such a way that they do not have to individually focus on monitoring the delivery time, customs procedures and time differences. The speed of container filling using the ILN platform reached 85% (Serrano et al., 2015). Implementation of the CD in the Renault car industry resulted in a reduction in total costs of 13% and a reduction in transportation costs of 20% (Serrano, 2015).

A case study of two Japanese car manufacturers, SFTM (Sichuan FAW Toyota Motor Co.) and CTB (Chengdu Toyota Boshoku Automotive Parts Co.), located in Sichuan, presents the successful establishment of a supply logistics network with the implementation of IT and CD concepts. The Chinese auto parts market cannot meet the demands of car manufacturers, so most parts are sourced from Japan. A smaller part of the deliveries comes from China. Delivery of parts to SFTM takes place in two ways. Large parts are delivered directly to the factory, while smaller parts are delivered to the distribution center (DC) located in Chengdu, about 2 [km] from the

factory. From the DC, the parts are sent to the factory (Hayashi and Nemoto, 2010). The very flow of parts from Japan to the DC is directed by deliveries to Shanghai, where consolidation takes place, and then they are dispatched twice a week by river transport on the Yangtze River waterway to the container terminal in Luzhou. From the terminal, the parts are also delivered to the DC. All containers that transport parts are equipped with a GPS system, so their position is known at any moment. In case of urgency for a particular delivery, SFTM may require that the containers be unloaded en route, before Luzhou, from where they would be transported by road.

The TMC (Toyota Motor Corporation) procures parts in a similar manner to SFTM. With the establishment of the CD terminal in Shanghai, the TMC has shifted deliveries from rail to river transport through the CD terminal in Shanghai. The TMC, along with two other companies which manufacture parts for Toyota, established the TFGL (Tong Fang Global Logistic Co.), a logistics company aiming at better organization of the distribution of parts from production sites to factories (Hayashi and Nemoto, 2010). The problems facing distribution logistics in China are the existence of 13 logistics centers (LC) for CTBM and 94 transport routes connecting these centers (Hayashi, 2010). The plan is to establish four CD terminals in the future, where goods from the previous 13 LCs would be merged and consolidated and delivered to the factories via six unified transport routes.

Goodyear GB, as a world-renowned tire manufacturer, faced with the problems of optimizing the movement of goods, has defined some of the basic objectives they planned to achieve by implementing the CD concept (Kinnear, 1997): enable a rationalized central warehouse, consolidate overall inventory levels; maximize inventory visibility; 100% next-day delivery; improve operating system flexibility; develop a core sales/production focus; achieve an acceptable reduction in warehousing and transport costs. Due to time and space constraints, Goodyear opted for the product sorting model. The results they achieved were as follows (Kinnear, 1997): service level increased from 87% to 96%, stock reduction by 16% (shown per value), 12,500 [m^2] of warehouse space was freed, standing contracts with carriers were terminated, there was a significant reduction in the required workforce and operating costs were reduced by 12%.

Chargui et al. (2016) presented a simulation model of the transition from classical CD terminals to π-terminals. Following the observation of the simulation of three products in the system, the following results were obtained:

The period for the three products spent in the CD was reduced by 31%;

The waiting period at the docks was reduced by 90%;

The use of resources decreased by 87%.

Therefore, following a clear presentation of S-CD terminals' operation, where their advantages over classic CD terminals are highlighted, it is certain that S-CD terminals will largely replace classic CD terminals in the future. The objective is to achieve not only economic, but also environmental and social optimization.

5. CONCLUDING CONSIDERATIONS

The paper analyzes the implementation of the CD concept in IT through examples from several studies and research. It systematically presents the optimization of time, space and costs during the implementation of the CD concept in IT, thus achieving its objective and contribution.

Cost optimization refers to the reduction of total inventories, faster inventory turnover, minimization of goods warehousing, reduction of workforce, lower costs of owning and maintaining warehousing space, and lower labor costs. The reduction of inventories as well as the faster flow of existing inventories eliminate "dead capital", which enables a better economic position for the manufacturer. The focus is on hauled rather than pushed commodity flows. The optimization of space is visible in systems using the CD, as the increase in inventory turnover reduces the need to store goods, thereby reducing the area needed to keep inventories. The above-mentioned optimization results were achieved with the timely exchange of information along the supply chain, which was enabled with the application of modern technologies such as RFID, GPS, WMS, as well as electronic business. Smart CD terminals represent a step further in the implementation of the CD concept, and as an upgrade of existing CD terminals, they additionally improve the optimization of time, space and costs. The use of S-CD terminals achieves supplementary effects compared to classic CD terminals, primarily time-based environmental and social effects.

In addition to the presented results of optimization of time, space and costs, the implementation of CD and S-CD in IT also achieves positive environmental and social effects. Consolidated deliveries reduce the total number of vehicles at the destination. The exploitation of rail transport in initial/final operations with flows to and from the CD terminal reduces the emission of exhaust gases. The establishment of FCL and FTL deliveries results in less

congestion of the traffic network during the delivery of goods to the destination, but also reduces the number of vehicle receptions at the destination. Along with positive effects, there are inevitably parts of the system that should be optimized and that can be the subject of further research. Some of them are problems faced by rail transport that decelerate the implementation of the CD concept, the routing of road vehicles, the optimal number of CD terminals, and the adoption of information systems by all stakeholders in the supply chain.

6. REFERENCES

Ballot, E., Montreuil, B., & Thémans, M. (2010). OPENFRET: Contribution à la conceptualisation et à la réalisation d'un hub rail-route de l'Internet Physique. MEDDAT, Paris, 1-78.

Belle, J. V., Valckenaers, P., & Cattrysse, D. (2011). Cross-docking: State of the art. KU Leuven. Department of Mechanical Engineering, Celestijnenlaan 300B, B-3001, 1-50.

Chargui, T., Ladier, A.L., Bekrar, A., Pan, S., & Trentesaux, D. (2022). Towards designing and operating physical internet cross-docks: Problem specifications and research perspectives. The International Journal of Managemnet Science - Omega 111 (C), 102641.

Chargui, T., Reghiuot, M., Bekrar, A., & Trentesaux, D. (2016). A simulation model to migrate from cross docks to PI-hubs. 3rd International Physical Internet Conference, Atlanta, GA USA,

Gonzalez, F. J. (2008). Models and Methods for the City Logistics: The Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. Dissertation (Ph.D).

Hayashi, N., & Nemoto, T. (2010). Procurement Logistics of Japanese Auto Manufacturers in Inland China - Intermodal Transport Utilizing the Yangtze River. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 26(1), 119-138.

Kinnear, E. (1997). Insight from industry: Is there any magic in cross-docking? Supply Chain Management,2(2), 49-52.

Konur, D., & Golias, M. (2011). Analysis of different aproaches to cros-dock truck sheduling with truck arrival time uncertainty. Computers & Industrial Engineering 61, 402-408.

Ladier, A.L., & Alpan, G. (2015). Crossdocking operations: current research versus industry practice. Omega 62, 145-162.

Larioui S., Reghioui, M., Elfallahi, A., & Elkadiri, K.E. (2017). From a classical Cross dock to a PI cross dock: Latest Advances and New Challenges. Revue Marocaine de Management, Logistique et Transport,2, 113-138.

MHI - The Industry That Makes Supply Chains Work. Cross docking https://www.mhi.org/glossary (27.11.2022.).

Tadić, S., Mićić, B., Krstić, M. (2023). Cross-docking concept – role, advantages and disadvantages. Tehnika, accepted paper

Montreuil, B. (2011). Toward a Physical Internet: Meeting the Global Logistics Sustainability Grand Challenge. Logistics Research, 3(2-3), 71-87.

Montreuil, B., Meller, R.D., & Ballot, E. (2010). Towards a physical internet: the impact on logistics facilities and material handling systems design and innovation. Progress in material handling research, 11th IMHRC Proceedings, 40, Milwaukee, Wisconsin. USA

Rodrigue, J.P. (2006). Intermodal Transportation and Integrated Transport Systems: Spaces, Networks and Flows. Flowpolis: The Form of Nodal Space, Las Palmas de Gran Canaria, Spain.

Rohrer, M. (1995). Simulation and Crossdocking. Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference, 846-849.

Serrano, C. (2015). Distribution and operation planning at a cross-dock platform: a case of study at Renault. 4th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport, 193-198.

Serrano, C., Delorme, X., & Dolgui, A. (2021). Cross-dock distribution and operation planning for overseas delivery consolidation: A case study in the automotive industry. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology 33 (2021) 71–81.

Sherry, P., & Kramer, R. (2010). A Preliminary Demonstration of Virtual Warehousing and Cross-Docking Technique with Active RFID Combined With Asset Tracking Equipment. National Center for Intermodal Transportation, A Partnership Between the University of Denver and Mississippi, 3-17.

Smith, N., Chow, G., & Ferreira, L. (2002). E-Business Challenges for Intermodal Freight Transportation. Research Record 1790, 2-3375.

Tetouna, S., Chouar, A., Soulhi, A., & El Alami, J. (2017). Bio-Inspired routing control in a "Smart-Cross-Dock": Simulation Approach. Science Direct, 50(1), 2266-2271.

Witt, C.E. (1998). Crossdocking: Concepts Demand Choice. Material Handling Engineering 53 (7) 44-49.

Yu, W., & Egbelu, P.J. (2008). Sheduling of inbound and outbound trucks in cross docking systems with temporary storage. European Journal of Operational Research, 377-396

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

THE IMPACT OF MICRODEPOTS ON THE EFFICIENCY OF URBAN DISTRIBUTION

UTICAJ MIKRODEPOA NA EFIKASNOST GRADSKE DISTRIBUCIJE

Stevan Veličković[a], Jelena Milutinović[a], Biljana Grgurović[a], Slavica Radosavljević[a]

[a] *Academy of Technical-Artistic Vocational Studies Belgrade, Department of High ICT, Belgrade 11000, Serbia, stevan.velickovic@ict.edu.rs*

Abstract: *The need for more efficient city distribution brings into focus new transport and logistic solutions. Many countries are turning towards a strategy of sustainable development.Green delivery vehicles, micro-mobile vehicles, shared mobility, micro-depots are just some of the possible solutions aimed at more efficient delivery while simultaneously reducing the emission of harmful gases, noise, and city traffic jams. The goal of the paper is to indicate the impact that the application of micro-depots has on increasing the efficiency of urban distribution, as well as their importance for sustainable development. The results were extracted based on the analysis of domestic and foreign literature in the field of city logistics and location problems. The paper shows the efficiency of urban distribution using micro-depots in cooperation with green and micro-mobile delivery vehicles. The work indicates the necessity of a new approach to urban distribution based on the optimal location of micro-depots and the application of new solutions in the field of transportation.*

Key words: *sustainable development, urban distribution, micro-depots*

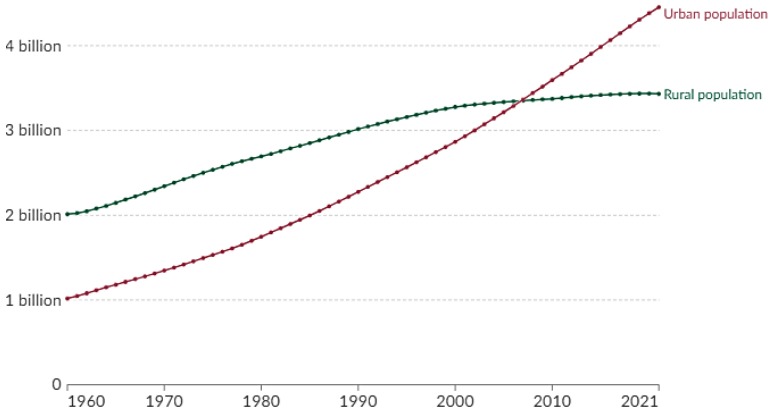
Apstrakt*: Potreba za efikasnijom gradskom distribucijom stavlja u fokus nova transportna i logistička rešenja. Mnoge zemlje se okreću strategiji održivog razvoja. Zelena dostavna vozila, mikro-mobilna vozila, zajednička mobilnost, mikrodepoi samo su neka od mogućih rešenja koja imaju za cilj efikasniju isporuku uz istovremeno smanjenje emisije štetnih gasova, buke i gradskih gužvi. Cilj rada je da ukaže na uticaj koji primena mikrodepoa ima na povećanje efikasnosti urbane distribucije, kao i na njihov značaj za održivi razvoj. Rezultati su dobijeni na osnovu analize domaće i strane literature iz oblasti gradske logistike i lokacijskih problema. U radu je prikazana efikasnost urbane distribucije korišćenjem mikro-depoa u saradnji sa zelenim i mikro-mobilnim dostavnim vozilima. Rad ukazuje na neophodnost novog pristupa urbanoj distribuciji zasnovanog na optimalnoj lokaciji mikro-depoa i primeni novih rešenja u oblasti saobraćaja.*

Ključne riječi: *održivi razvoj, urbana distribucija, mikro-depoi*

1. UVOD

Demografska karta sveta se znatno promenila u proteklih nekoliko decenija. Rast svetske populacije i migracije stanovništva dovele su do naglog širenja gradova. Sredinom prošlog veka, 30% svetske populacije je živelo u urbanim sredinama, da bi već 2007. godine broj stanovnika koji žive u ruralnim i urbanim oblastima bio ujednačen. Ujedinjene Nacije danas procenjuju da će do 2050. godine 2/3 čovečanstva, odnosno oko 6.5 milijardi ljudi živeti u gradovima (https://population.un.org/wup/publications/Files/WUP2018-Report.pdf, 01.09.2023).

Potreba za mobilnošću stanovništva vodi ka većem broju vozila i većim saobraćajnim gužvama. Stanovništvo koje živi u gradovima izloženo je povećanom novou emisije CO_2 gasa kao i povećanom nivou buke.



Slika 1. Broj ljudi koji žive u urbanim i ruralnim oblastima u svetu (https://ourworldindata.org/urbanization#number-of-people-living-in-urban-areas, 15.09.2023.)

Potreba za efikasnijom gradskom distribucijom stavlja u fokus nova transportna i logistička rešenja. Zelena dostavna vozila, mikro-mobilna vozila, zajednička mobilnost, mikrodepoi samo su neka od mogućih rešenja koja imaju za cilj efikasniju distribuciju uz istovremeno smanjenje emisije štetnih gasova, buke i gradskih gužvi (Velickovic i dr,. 2023.). Iz spomenutog razloga brojne države, gradske vlasti, nacionalne i međunarodne organizacije svoju pažnju usmeravaju ka održivom razvoju.

2. ODRŽIVI RAZVOJ

Održivi razvoj predstavlja takav razvoj društva koji dostupnim resursima zadovoljava ljudske potrebe pri čemu istovremeno ne ugrožava prirodno okruženje. Mnogi autori posmatraju koncept održivog razvoja kao najvažniju socijalnu strategiju modernog društva. Razvoj društva treba da bude usmeren ka socio-ekonomskoj održivosti i održivosti prirodnog okruženja.

Prema godišnjem izveštaju Ujedinjenih Nacija iz 2019. godine, gradovi učestvuju u globalnoj potrošnji energije sa 60% do 80 % i sa najmanje 70% u CO_2 emisiji (https://impact.economist.com/sustainability/resilience-and-adaptation/data-point-why-cities-must-champion-climate-action, 10.09.2023.).

Ujedinjene nacije su 2015. godine usvojile sedamnaest ciljeva održivog razvoja (SDG), čija je osnovna ideja zaustavljanje siromaštva, zaštita i očuvanje planete i obezbeđivanje mira i prosperiteta za sve ljude na svetu do 2030. godine. Cilj broj 11. (SDG 11.) se odnosi na održivost gradova i naselja i podstiče stvaranje mogućnosti za karijeru i poslovanje, bezbedno i pristupačno stanovanje i izgradnju otpornih društava i ekonomija. To uključuje ulaganje u javni prevoz, stvaranje zelenih javnih površina i poboljšanje urbanog planiranja i upravljanja na participativan i inkluzivan način (https://sdgs.un.org/2030agenda, 01.09.2023.).

3. URBANA LOGISTIKA

Gradovi predstavljaju velike generatore saobraćaja i transporta. Brojni saobraćajni, ekonomski, socijalni i ekološki kriterijumi koje nameću korisnici (kako pravna tako i fizička lica) direktno utiču na efikasnost i efektivnost obavljanja transportno logističkih aktivnosti u gradovima.

Porast stanovništva i kumulativni efekat koji on ima na ekonomsku strukturu grada i ukupnu gradsku infrastrukturu doveo je u fokus brojne probleme, kao što su:

- Kvalitet vazduha,
- Klimatske promene,
- Buka,
- Saobraćajna zagušenja,
- Prostor (https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/automotive-and-transportation/automotive-transportation-pdfs/ey-micromobility-moving-cities-into-a-sustainable-future.pdf, 27.04.2023.)

Gradsku/urbanu logistiku definišemo kao deo upravljanja lancem snabdevanja koji planira, implementira i kontroliše efikasan i efektivana direktan i povratni tok i skladištenje robe, usluga i srodnih informacija između tačke porekla i tačke potrošnje kako bi se ispunili zahtevi kupaca (Rose i dr., 2017.).

Prema *Izveštaju o budućnosti urbane mobilnosti*, danas se 64% svih pređenih kilometara obavlja u gradskoj sredini, pri čemu je procena da će se količina pređenih kilometara unutar urbanih područja utrostručiti do 2050. (https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/adl_the_future_of_urban_mobility_report.pdf, 10.09.2023.).

Last mile delivery ili dostava u poslednjoj milji (poslednjem kilometru) predstavlja transporta robe odnosno pošiljaka iz distributivnog centra (skladišta) do krajnjeg korisnika. Na sam proces realizacije dostave u poslednjoj milji utiču brojna ograničenja. Lokacija korisnika u odnosu na distributivni centar direktno utiče na troškove i vreme transporta i dostave, određivanje rute i broja zaustavljanja na ruti dostave, izbor transportnog sredstva, uslovi u saobraćaju, zahtevi koje nameću korisnici i dr.... (Milutinović i dr., 2023.).

Različiti društveni subjekti pred logistiku stavljaju višestruke zahteve:

- Gradske vlasti svoju pažnju usmeravaju na smanjenje buke, zagađenja i saobraćane gužve,
- Pravna lica kao i transportno-logističke kompanije teže smanjenju operativnih troškova vodeći računa da zadrže nivo kvaliteta usluga koje nude korisnicima,
- Klijenti pažnju usmeravaju na kvalitet usluge gde se u prvi plan ističe brzina, pouzdanost i dostupnost.

Transportno logističke kompanije koje se bave dostavom robe u urbanim sredinama su pred velikim izazovom. Pandemija virusa Covid 19 imala je efekat na rast elektronske trgovine širom sveta što je direktno uticalo i na rast obima dostave pošiljaka. Sa rastom obima pošiljaka male mase, zahteva za održivošću, ekonomsku konkurentnost transportno-logističke kompanije vide u efikasnijem tehnološkom procesu u dostavi u poslednjoj milji.

Logističke kompanije moraju svoje poslovanje prilagoditi i brojnim infrastrukturnim izazovima. Pored toga što je neophodna za efikasno poslovanje, širenje logističke infrastrukture i njenih aktivnosti danas predstavlja ujedno i najveću prepreku za logističke kompanije koje se bave dostavom.

Rast cena urbanog zemljišta, povećanje gustine naseljenosti, saobraćajno transportna ograničenja u rezidencijalnim oblastima kao i nedostatak dostupnosti prostora u centralnim gradskim sredinama uslovili su izmeštanje logističkih objekata na periferiju gradova što rezultira povećanjem troškova transporta i isporuke kao i dužim vremenom isporuke što konačno dovodi do pada kvaliteta usluge i zadovoljenja korisnika (https://blog.locus.sh/microhubs-for-sustainable-urban-freight-logistics/,10.09.2023.)

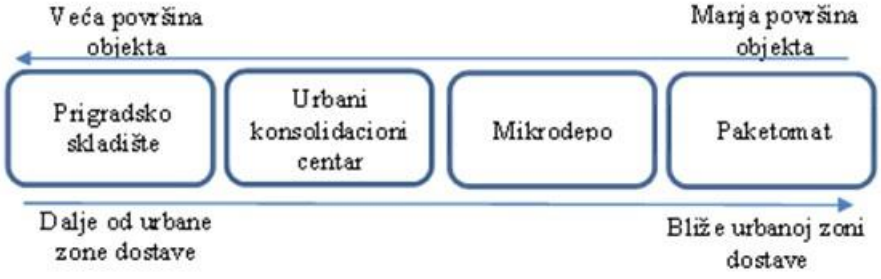
Transportno logističke kompanije teže da povećaju efikasnost svog poslovanja (ili da ga bar održe na istom nivou) vodeći računa o rastućim troškovima gradske dostave.

Efekat udaljavanja mesta koncentracije robe od mesta isporuke, koji vode ka većim troškovima dostave, se može prevazići formiranjem i pozicioniranjem manjih logističkih objekata bliže samim korisnicima. Jedno od rešenja, koje se pojavilo poslednjih godina, jesu i mikrohabovi odnosno mikrodepoi.

4. MIKRODEPO I UTICAJ NA EFIKASNOST DISTRIBUCIJE

Urbano logistički objekti se prema poziciji u odnosu na lokacije isporuke i površine koje zauzimaju dele u četiri:

- Prigradski robno transportni centar/skladište,
- Centar za urbanu konsolidaciju,
- Mikrodepo,
- Paketomat (https://blog.locus.sh/microhubs-for-sustainable-urban-freight-logistics/, 10.09.2023.).



Slika 2. Uporedni prikaz različitih urbano-logističkih objekata prema površini i udaljenosti od zone dostave (https://blog.locus.sh/microhubs-for-sustainable-urban-freight-logistics/,10.09.2023.)

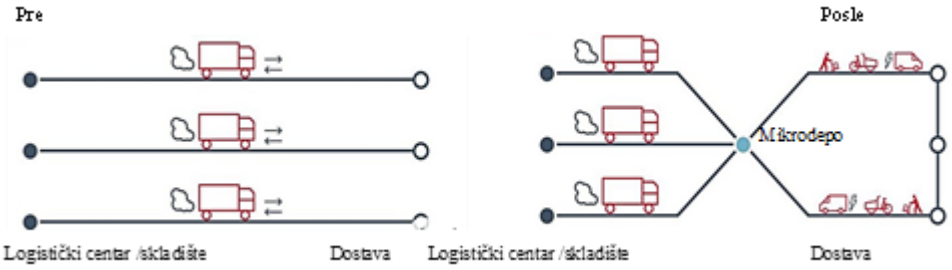
Mikrodepo je logistički objekat čija je osnovna funkcija skladištenje robe neposredno pre dostave koja se realizuje najčešće upotrebom električnih dostavnih vozilima, kargo biciklima, drugim mikromobilnim vozilima a po potrebi i pešice. Organizuju se u formi manjih objekata, robno-transportnih kontejnera ili stacionarnih transportnih vozila. Predstavljaju poslednju tačku koncentracije robe pre faze krajnje dostave (https://logistics-and-real-estate.com/2018/09/24/micro-depot/, 10.09.2023.)

Mikrodepo je poseban oblik urbanog konsolidacionog centra koji ispunjava dva ključna uslova: da je fizički lociran u blizini mesta dostave i da pokriva manju oblast dostave.

U praksi su mikrodepoi najčešće locirani na udaljenosti od 1 km do 5 km od krajnih korisnik dok se površina koju zauzimaju okvirno kreće u rasponu od 100m^2 do 1000m^2 (https://blog.locus.sh/microhubs-for-sustainable-urban-freight-logistics/,10.09.2023.).

Postojanje mikrodepoa je opravdano u onim zonama gde je aktivnost dostave otežana pre svega usled ograničenih saobraćajnih i infrastrukturnih uslova kao i u oblastima velike gustine naseljenosti u kojima postoji potencijal za akumuliranjem velike količine pošiljaka za dostavu.

Pored lokalnog skladištenja robe široke potrošnje, mikrodepoi se uglavnom koriste i kao cross docking skladišta. (Katsela i dr., 2022).



Slika 3. Princip funkcionisanja dostave pre i posle konsolidacije primenom mikrodepoa (https://www.steergroup.com/projects/exploring-feasibility-re-purposing-car-parks-last-mile-logistics-hubs, 10.09.2023.)

Roba se konvencionalnim dostavnim vozilima doprema do mikrodepoa gde se vrši sortiranje i priprema za dostavu električnih dostavnih vozilima, kargo biciklima, drugim mikromobilnim vozilima a po potrebi i pešice. Dostava u poslednjoj milji se vrši eko prihvatljivim vozilima čime se drastično smanjuje emisija ugljen-dioksida i nivoa buke. Koristeći vozila malih dimenzija, eliminiše se problem parkiranja a vozilima je omogućeno i korišćenje pešačkih i bicikllističkih staza čime se znatno povećava mobilnost dostavljača a vreme isporuke se smanjuje.

Mikrodepoi svoje poslovanje fokusiranju na isporuci pošiljaka malih masa i pošiljaka manjih dimenzija. Zbog svog položaja u odnosu na korisnike i uslova koje diktira okruženje pogodni su za kooperaciju sa ekološki prihvatljivim vidovima transportnih sredstava.

Mikrodepoi su atraktivno i efikasno rešenje u specifičnim urbanim zonama kao što su:

- guste rezidencionalne oblasti,
- guste poslovne zone,
- studentski kampusi,
- klinički centri i sl.
- zone sa nedovoljno parking prostora koje tražnjom zadovoljavaju potrebu za namenskom dostavom.

Problemi poput obezbeđivanja potrebnog prostora (kroz zakup ili kupovinu), izgradnja mikro-depoa i pristupne infrastrukture može se rešiti na jednostavan način i na obostrano zadovoljstvo kako grada i njegovih stanovnika tako i logističkih kompanija. Brojne kompanije zakupljuju napuštene urbane prostore poput garaža za parkiranje, železničkih stanica ili poslovnih objekata u centru grada kako bi izvršili prenamenu prostora a novoformirane distributivne centre približili potrošačima i time smanjili operativne i transportne troškove.

Mikrodepoi mogu biti objekti koji su u celosti u vlasništvu privatnih transportnih kompanija ali mogu biti i delovi objekata koji su u državnom odnosno gradskom vlasništvu i čija primarna funkcija nije skladištenje robe.

Postoji više modela funkcionisanja mikrodepoa unutar predviđenog transportno-logističkog lanca:

- Nezavisni mikrodepoi (kompanije su vlasnici mikrodepoa iz kojih samostalno obavljaju dostavu robe),
- **Deljeni mikrodepoi (s**vaka kompanije obavljaju dostavu svoje robe ali koristeći deljeni mikrodepo),

- Konsolidacioni mikrodepoi (kompanija vlasnik mikridepoa obavlja **dostavu za sve kompanije koje koriste usluge njenog mikrodepoa (**Kim i Bhatt, 2019.).

Prema podacima franscuskog poštanskog operatora La Poste i internet giganta Amazona, jedan kamion koji snabdeva mikrodepo pošiljkama transformiše se u 50 do 60 kargo bicikala. Procenjuje se da je za pokrivanje 1.000 m² urbane površine potrebni između 10 i 15 električnih kombi vozila (https://www.ecommercemobilities.com/micro-facilities, 10.09.2023.)

Mikrodepoi su nezavisni od saobraćaja u vršnom satu obzirom da se transportno saobraćajna aktivnost vezana za rad mikrodepoa odvija u dve faze:

- Prva koje se sprovodi van vršnog sata a najčešće u ranim jutarnjim satima podrazumeva dopremanje robe u mikrodepoe iz konsolidacionih centara ili logističkih centara smeštenih na periferiji grada.
- Druga faza koja podrazumeva poslednju deonicu dostave koja se realizuje najčeće saobraćajnicama nižeg reda odnosno biciklističkim i pešačkim stazama. Dostava se vrši unutar male gradske zone ekološki prihvatljivim vozilima ili pešice i uticaj regularnih učesnika u saobraćaju i redovnih saobraćajnih tokova je na dostavu zanemarljiv.

Fokus je na frekventnosti isporuke a ne na obimu isporuke. Budući da su locirani bliže krajnjim tačkama isporuke, mikrodepoi smanjuju pređenu razdaljinu u poslednjoj etapi dostave. Kraće vreme isporuke u gusto naseljenim rezidencionalnim zonama odnosno velikim poslovnim zonama poboljšava stopu isporuke na vreme, čineći logistiku poslednje milje isplativom.

Prednosti upotrebe mikrodepoa su brojne:

- Omogućavaju transportno-logističkim kompanijama detaljniji uvid u funkcionisanje dostave u različitim dostavnim zonama što pospešuje buduće planiranje i efikasnost budućeg poslovanja.
- Korišćenjem mikrodepoa smanjuju se pređeni kilometri vozila po pošiljci/isporuci.
- Smanjenje vremena čekanja pozitivno utiče na kvalitet usluge.
- Troškovi isporuke se smanjuju i uštede se mogu preneti na krajnjeg korisnika.

4.1. Lokacija mikrodepoa

Ključna odluka prilikom planiranja rada mikrodepoa jeste određivanje njegove lokacije.

Na sam izbor lokacije mogu više ili manje uticati brojni faktori koji se mogu klasifikovati u logističke (npr. udaljenost do korisnika, vrsta i brojnost dostavnih vozila, kapacitet dostavnih vozila…), socio-ekonomske (tražnja u rezidencijalnoj oblasti, gustina stanovništva, tražnja u poslovnoj zoni, gustina poslovnih subjekata…) i urbanističko-saobraćajne (dostupne pristupne saobraćajnice, pešačka i biciklistička infrastruktura, topologija terena…).

Takođe treba voditi računa da se ne naruši estetika okruženja njena funkcionalnost ali i nivo buke treba biti prihvatljiv za rezidencijalnu oblast gde je mikrodepo lociran.

Iskustva u primeni mikrodepoa su pokazali da je za njihovo uspešno funkcionisanje potrebna saradnja raznovrsnih poslovnih subjekata, kako samih transportno-logističkih kompanija tako i urbanističko planskih organa i lokalnih vlasti (u cilju primene politika zaštite životne sredine).

Prilikom planiranja sistema distribucije pored lokacije i kapacitet mikrodepoa ima ključnu ulogu, pogotovo u slučaju konsolidacije.

Zone u kojima se postavljaju mikrodepoi moraju ispunjavati određene uslove kako bi njihova primena imala maksimalne efekte po pitanju troškovne i vremenske efikasnosti. Potrebno je opravdati upotrebu mikrodepoa obzirom da ona povlači sa sobom promenu u organizaciji urbane distribucije odnosno transportnog sistema a takođe i kako bi se omogućila efikasnost rada i održivost samog sistema.

Za određivanja lokacije mikrodepoa postoje brojni modeli pri čemu autori preporučuju višeetapni pristup.

U prvom koraku, za posmatranu gradsku oblast, potrebno je odrediti zone velike tražnje (guste rezidencionalne oblasti, oblasti sa velikim brojem poslovnih subjekata i sl.).

U drugom koraku, za svaku oblast potrebno je prikupiti podatke o geografskom položaju potencijalnih korisnika (koordinate x_i i y_i) i veličini njihove tražnje (w_i).

Primenom metode centra gravitacije, u trećem koraku, za svaku oblast određuje se lokacija mikrodepoa (coordinate centra graviacije *Xcg* i *Ycg)*.

$$Xcg = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (1)$$

$$Ycg = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (2)$$

Gde je *n*-broj potencijalnih korisnika.

Na taj način određuje se lokacija koja minimizira sumu transportnih troškova između novog objekta (mikrodepoa) i lokacija postojećih korisnika koji iskazuju određenu tražnju. Za transportne troškove se smatra da su linearna funkcija broja preveženih jedinica robe i pređenog rastojanja.

Obzirom da se metodom centra gravitacije kao rešenje dobija *x* i *y* koordinata idealne lokacije mikrodepoa, na terenu je česta situacija da dobjena lokacija nije slobodna. Stoga je u sledećoj etapi potrebno na osnovu ekspertskih mišljenja razmotriti dostupne potencijalne lokacije najbliže proračunatoj uzimajući u obzir dostupnu saobraćajnu infrastrukturu, urbanistički prihvatljiva rešenja i druge spomenute ograničavajuće fakore. Izabrana lokacija mora zadovoljavati uslov pristupa transportnih vozila kao i kriterijume očuvanja urbanog mira.

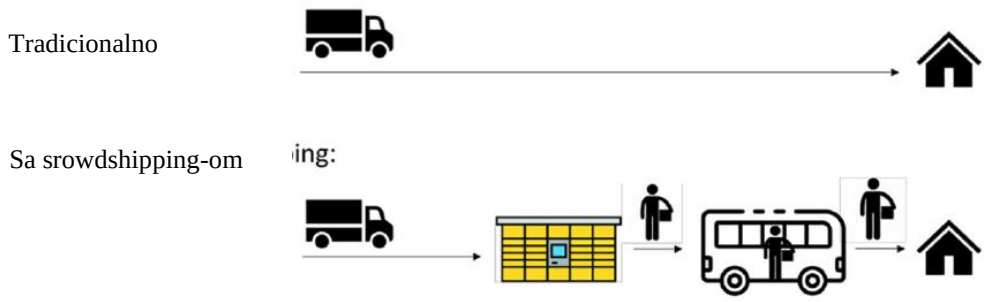
4.2. Kooperacija mikrodepoa i principa crowdshipping-a

U cilju efikasnije gradske distribucije predložena je sinergija koncepta mikrodepoa i modela crowdshipping-a.

Crowdshipping je je filozofija saradanje kompanija sa stanovništvom odnosno društvom u cilju njihovog aktivnog angažovanja na polju dostave na poslednjoj milji. Korišćenjem javnih i privatnih vozila koja su svakodnevno prisutna u saobraćaju a čiji je transportni kapacitet neiskorišćen, crowdshipping predstavlja prihvatljivo rešenje za visoke troškove dostave.

Koncept ekonomije deljenja baziran na pristupu dobrima/uslugama nasuprot posedovanja može biti primenjen kao novi poslovni model i poštanskih operatora kroz različite oblike deljenja infrastrukture, ali i organizovanjem partnerstava u delu deljene dostave – croudshipping dostava (Dumnić i dr. 2021.).

Osnovna ideja koncepta je da se angažuje veliki broj ljudi koji će na dobrovoljnoj bazi postati dostavljači, a koji su povezani putem digitalnih platformi gde se između učesnika ostvaruje neposredan odnos ponude i potražnje. Dostavljači ne moraju nužno biti profesionalci, već ljudi spremni da, za određenu nadoknadu, a krećući se na mreži zbog sopstvenih potreba postanu privremeni dostavljači pošiljaka (robe). Takođe, postoje i modeli gde ljudi ostvaruju dopunska kretanja kako bi zaradili dodatni prihod jer imaju imaju višak potrebnih resursa - vremena, volje ili prostora da dostavljaju pošiljke ili, nekada, i u dobrovoljne svrhe (Bojković i dr, 2022.).



Slika 4. Prikaz tradicionalne i crowdshipping procedure dostave (Zhang i dr., 2023.).

Crowdshipping ima potencijal da pruži potrošačima pristup širem asortimanu proizvoda, kao i fleksibilniju, personalizovanu i uslugu koja je brža i pristupačnija od tradicionalne. Takođe, među korisnicima crowdshipping je značajan broj onih koji imaju razvijen osećaj za zajednicu i brigu o životnoj sredini (Milutinović i dr.,2023.).

Koncentracijom pošiljaka malih masa i dimenzija u neposrednoj blizini korisnika stvaraju se uslovi za efikasno angažovanje društva u ulozi dostavljača. Dostupne pešačke i biciklističke staze kao i podsticaj za upotrebu mikromobilnih vozila predstavljaju još jedan opravdan razlog za ovu saradnju. Efikasnost dostave se povećava činjenicom da je na raspolaganju veliki broj potencijalnih dostavljača pred kojima su kratke rute čime se fokus stavlja na frekventnost dostave pošiljaka.

5. ZAKLJUČAK

Logističke kompanije su svakodnevno pred velikim izazovima. Sa povećanjem obima elektronske trgovine raste i broj korisnika kojima je prioritet brza i pouzdana dostava. Troškovi dostave procentualno najviše učestvuju u operativnim troškovima logističkih kompanija. Stoga je i opravdana težnja ovih kompanija da primenom novih tehnoloških i infrastrukturnih rešenja smanje troškove dostave.

Gusto naseljenje rezidencijalne oblasti, gradske poslovne četvrti i druge gradske zone koje ispoljavaju veliku tražnju na relativno maloj površini su idealni kadidati za sprovođenje procesa dostave posredstvom mikrodepoa Formiranjem manjih konsolidacionih centara (mikrodepoa), njihovim lociranjem u neposrednu blizinu korisnika i premenom ekološki prihvatljivih vozila poput kargo bicikala, generišu se nove transportne rute, smanjuje se vreme dostave, povećava kvalitet usluge, troškovi dostave su manji uz istovremeno zadovoljenje zahteva za održivošću urbane logistike.

Dodatna efikasnost urbane distribucije se postiže kooperacijom mikrodepoa i principa crowdshipping-a gde se stanovnici grada uključuju u process dostave.

Rad ukazuje na neophodnost novog pristupa urbanoj distribuciji zasnovanog na optimalnoj lokaciji mikrodepoa i primeni novih rešenja u oblasti saobraćaja.

6. LITERATURA

Bojković, N., Petrović, M., & Živojinović, T. Crowdsourced dostava: izazovi, XL simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju, Postel 2022, Beograd

Buldeo Rai, H. (2021). Bourses Palladio - Point d'étape.

Dumnić, S, Ninović, M, Dupljanin Đ. Logistička saradnja u ekonomiji deljenja, XXXIX simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju, Postel 2021, Beograd

Katsela, K., Günes, S., Fried, T., Goodchild, A. & Browne, M. (2022). Defining Urban Freight Microhubs: A Case Study Analysis. Sustainability. 14, 1. https://doi.org/10.3390/su14010532

Kim, C., Bhatt, N. (2019). A new approach for last-mile deliveries. https://www.pembina.org/reports/microhubs-factsheet-v4-online.pdf

Milutinović, J., Veličković, S., Grgurović, B., & Radosavljević, S. The role of crowd-shipping in sustainable city logistics, International Conference on Advances in Traffic and Communication Technologies – ATCT 2023, Sarajevo.

Rose, W. J., Bell, J. E., Autry, C. W., & Cherry, C. R. Urban logistics: Establishing key concepts and building a conceptual framework for future research. Transportation Journal, vol. 56, no. 4, pp. 357–394, 2017, doi: 10.5325/transportationj.56.4.0357.

Veličković, S., Grgurović, B., Milutinović, J. & Radosavljević, S. Impact of micro mobility on curb management and city logistic sustainability, International Conference on Advances in Traffic and Communication Technologies – ATCT 2023, Sarajevo.

Zhang, M., Cheah, L., & Courcoubetis, C. (2023). Exploring the Potential Impact of Crowdshipping Using Public Transport in Singapore.Transportation Research Record,2677(2), 173–189. https://doi.org/10.1177/03611981221123246

https://population.un.org/wup/publications/Files/WUP2018-Report.pdf, 01.09.2023.

https://ourworldindata.org/urbanization#number-of-people-living-in-urban-areas, 15.09.2023.

https://impact.economist.com/sustainability/resilience-and-adaptation/data-point-why-cities-must-champion-climate-action, 10.09.2023.

https://sdgs.un.org/2030agenda, 01.09.2023.

https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/automotive-and-transportation/automotive-transportation-pdfs/ey-micromobility-moving-cities-into-a-sustainable-future.pdf, 27.04.2023

https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/adl_the_future_of_urban_mobility_report.pdf, 10.09.2023.).

https://blog.locus.sh/microhubs-for-sustainable-urban-freight-logistics/,10.09.2023

https://logistics-and-real-estate.com/2018/09/24/micro-depot/, 10.09.2023.

https://www.steergroup.com/projects/exploring-feasibility-re-purposing-car-parks-last-mile-logistics-hubs, 10.09.2023.

https://www.ecommercemobilities.com/micro-facilities, 10.09.2023.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

REGARDING THE MATTER OF TARE-PIECE CARGO STORAGE CAPACITY

Ilesaliev D.I.[a], Ismatullaev A.F.[a], Mustanov O.G.[a]

[a] *Tashkent State Transport University, Uzbekistan, ilesaliev@mail.ru*

Abstract: *Mathematical models are proposed that establish the relationship between the individual parameters of the warehouse of packaged goods. The models were used in the study of the mutual influence of parameters on each other, and the storage capacities of tare-piece cargo were also determined.*

Key words: *tare-piece cargo, rack, pallet, warehouse, storage area, storage capacity*

In the conditions of developing market relations in Uzbekistan, there is an expansion of international relations, and with them, in parallel, the share of rail transport in international transportation of tare-piece cargo increases. In this regard, the need for timely delivery of these goods is also increasing, which imposes certain requirements both on the transportation process and on warehouse technologies. Warehouses located at the points of transshipment of goods from one mode of transport to another play an important role in transforming cargo flows in order to ensure the most efficient transportation. They perform significant functions to ensure a smooth transition of goods from one mode of transport to another. The overall efficiency of cargo delivery depends on the efficiency of such warehouses [1-6].

One of the key factors affecting the efficiency of delivery is the good equipment and organization of storage facilities in transport. It is important that these warehouses are equipped with the latest technology and meet modern standards. This includes the use of modern systems of storage, transportation and accounting of goods, as well as optimization of work processes in the warehouses.

In order to ensure the optimal functioning of warehouses in transport, it is also necessary to pay attention to organizational aspects. Effective planning and coordination of warehouse operations, staff training, as well as the introduction of modern information systems and technologies play an important role in ensuring an uninterrupted flow of goods.

Therefore, in the context of the expansion of international transportation of packaged goods, special attention should be paid to the development and improvement of warehouse infrastructure in transport. This will improve the efficiency of cargo delivery, ensure their timely movement and contribute to the development of international trade relations in the Republic of Uzbekistan.

When developing, reconstructing or optimizing a warehouse for bulk cargo, it is important to carefully choose the optimal storage methods and determine the type and parameters of shelving equipment. The main goal is to maximize the use of warehouse space for cargo storage and at the same time minimize the cost of moving goods inside the warehouse.

At the moment, the storage area of the warehouse is a bottleneck in the warehouse system. This is due to the high workload of this zone, low labor productivity and, in some cases, the use of unskilled labor.

To solve this problem, it is necessary to apply modern methods and technologies of warehouse management. One of the approaches is the efficient use of warehouse space with the help of optimal organization of cargo on racks. The most suitable type of racks and their parameters should be selected taking into account the characteristics of the goods and the characteristics of the warehouse.

In addition, automation of processes in a warehouse can significantly increase its efficiency. The use of automated warehouse accounting systems, mechanized means of moving goods and the use of barcode or RFID reading technologies (identification using radio frequencies) will help reduce the time and effort spent on moving and searching for goods, as well as increase the accuracy of inventory.

In addition, it is important to invest in staff training to improve their skills and allow them to work effectively with new technologies and equipment. Trained and competent staff will help to increase productivity and reduce errors in the warehouse.

Thus, in order to eliminate the problem of a bottleneck in the storage area of a warehouse of packaged goods, it is necessary to apply modern warehouse management methods, including optimal use of space, automation of processes and staff training. This will increase the efficiency of the warehouse, reduce costs and increase the overall productivity of the warehouse system.

The existing methods of calculating the storage capacity for single-piece cargo are not perfect enough, so further refinement and development of more accurate ways to estimate the capacity of such warehouses are required. The importance of rational placement of frame racks is often mentioned in the literature, but many recommendations do not have proper justification. In this regard, the following questions arise that require consideration in this work:

The location of the racks along the width of the warehouse: How should the racks be optimally placed on the width of the warehouse to achieve the best efficiency of using the available space?

Pallet stacking in the depth of the rack: What is the optimal strategy to use when stacking pallets in the depth of the rack to maximize its capacity and ensure easy access to cargo?

Warehouse capacity by height: How to determine the optimal height of the racks and the total vertical capacity of the warehouse, taking into account safety, equipment capabilities and storage requirements?

Rational ratio of width and length: How should the optimal proportions between the width and length of the warehouse be determined to ensure the efficient use of warehouse space and the convenience of performing cargo movement operations?

Further investigation of these issues will allow us to develop more accurate and well-founded recommendations for optimizing the capacity of warehouses of packaged goods.

1. Determination of the main parameters of the storage area of the warehouse.

Formula 1 is used to determine the capacity of a warehouse of packaged goods, which depends on the number of cargo storage units placed in the storage area. When designing a storage area, it is necessary to carefully choose the optimal methods of storing tare-piece cargo, the type of storage units, as well as shelving and lifting and transport equipment.

The main goal is to fully fill the storage area of the warehouse with cargo units and maximize the use of available storage volumes. To achieve this goal, rational approaches are applied to the choice of storage methods and optimization of space use.

The capacity of a warehouse of single-piece cargo is determined by the number of cargo storage units located in its storage area. When designing a storage area, it is necessary to choose the most rational way of storing tare-piece cargo, the type of storage units, shelving and lifting equipment. At the same time, it is necessary to fully fill the storage area of the warehouse with cargo units and maximize the use of warehouse volumes. The capacity of the warehouse of single-piece cargo is determined by formula 1.

$$R = x \cdot y \cdot z \tag{1}$$

x – the number of transport packages located across the width of the warehouse building;

y – the number of transport packages along the length of the warehouse building;

z – the number of tiers according to the height of the warehouse building;

The number of transport packages located along the width of the warehouse building can be determined by the following formula:

$$\mathrm{x} = 2 \cdot \varepsilon \left\{ \frac{\mathrm{B} - \mathrm{B}_{э} - \mathrm{B}_0}{\mathrm{B}_{пр} + 2 \cdot (\mathrm{a} + w)} \right\} \tag{2}$$

2 – the number of racks in a section consisting of two racks and a passage between them;

B – width of the covered warehouse, mm;

B_0 – the part of the width of the covered warehouse that cannot be occupied by racks, mm;

$B_{пр}$– width between racks for lifting and transport equipment, mm;

$B_э$– width of the receiving and sending expedition, mm;

a – transport package length mm;

w – technological gap between the pallet and the rack structure, mm;

The number of transport packages along the length of the racks is determined by the formula (3).

$$y = 3 \cdot \varepsilon\left\{\frac{L - n_{пр} \cdot L_{пр}}{l_1}\right\} \quad (3)$$

L – length of the covered warehouse, mm;

$L_{пр}$– the transverse width of the passage through the covered warehouse, mm;

l_1 – the length of the rack cell (for pallets with dimensions 1200 × 800 mm, the cell length is 2800 mm, and for pallets with dimensions 1200 × 1000 mm, the cell length is 3300 mm);

$n_{пр}$ – number of cross aisles along the length of the warehouse:

$$n_{пр} = \varepsilon\left\{\frac{L}{50}\right\};$$

3 – the number of pallets placed in a standard cell.

The number of tiers in height is determined by the formula 4.

$$z = 3 \cdot \varepsilon\left\{\frac{H - h - C_я}{C_я}\right\} + 1 \quad (4)$$

H – height of the covered warehouse, mm;

$C_я$ – the height of the tier, m, is determined by the formula: $C_я = 150 + c + e$ (where 150 mm is the height of the pallet, c - the height of laying the load on the pallet, mm; e - the height size equal to the thickness of the longitudinal beam of the frame rack and the gap between the load and the bottom of this beam of the next tier in height, take e = 200 – 300 mm);

1 – additional upper tier;

h – the gap between the upper load in the rack and the bottom of the floor trusses is equal to 500 mm. (used for installation of pipelines, lighting devices, etc.);

$\varepsilon\{\ldots\}$ – notation of the integer part of the number resulting from performing actions in parentheses (rounding down an integer).

2. The question of the ratio of width and length.

When designing warehouse buildings, several key indicators are taken into account, such as column pitch, span and height of the warehouse. The pitch of the columns is the distance between the main transverse load-bearing structures and it is usually 6 or 12 meters. The span determines the distance between the longitudinal load-bearing structures and can be equal to 12, 18 or 24 meters. The height of the warehouse is defined as the distance between the level of the clean floor and the lower part of the floor trusses.

In order for an indoor warehouse to meet the requirements of rational technology, it is important to establish a certain ratio between its length and width. It is believed that the following proportions are the most rational: 1:2, 1:2,5, 1:3 and 1:5.

Taking into account these ratios help to create an optimal structure of a warehouse building that ensures efficient use of space. The correct ratio of length and width allows you to maximize the use of available warehouse space and provide convenience in carrying out operations of storage and movement of goods. This allows you to achieve optimal performance and resource savings during the operation of the warehouse complex.

Indicators of the storage capacity of tare-piece cargo, taking into account the use of width and length ratios 1:2; 1:2,5; 1:3; 1:5 and the heights of the warehouse building are shown in Figure 1.

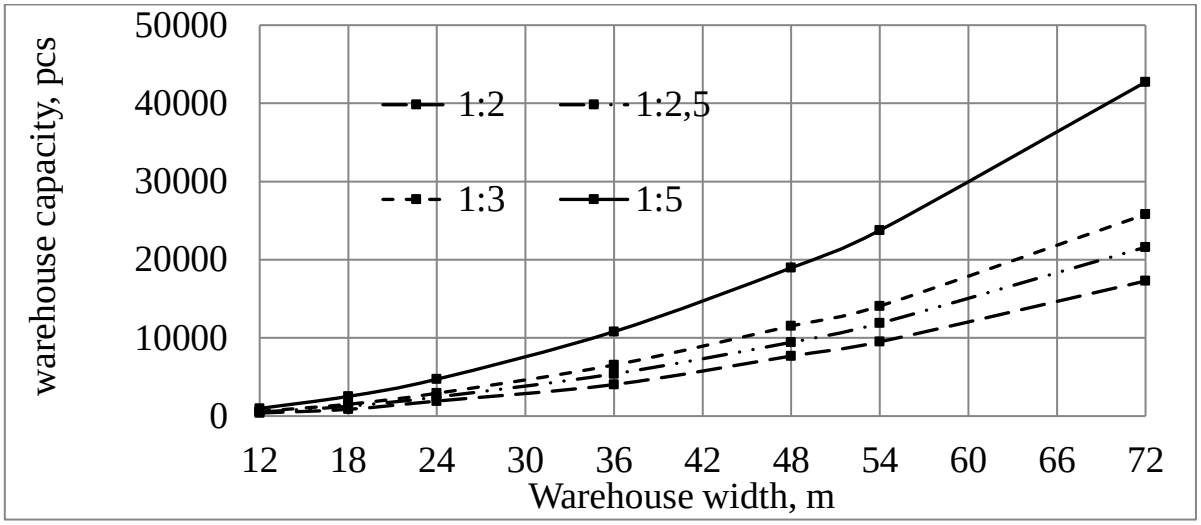


Figure 1. The dependence of the capacity of cargo units on the width with different ratios to the length at a warehouse height of 7.2 m.

Figure 1 shows that the ratio of width and length 1:5 provides the largest storage capacity, this is quite understandable and does not require additional explanations.

3. The question of laying the pallet in the depth of the rack. To achieve maximum storage capacity, it is recommended to install pallets in such a way that their long side is directed deep into the rack. To make sure that such a solution is correct, calculations can be performed using appropriate mathematical formulas. These calculations can confirm or refute the chosen solution with sufficient reliability.

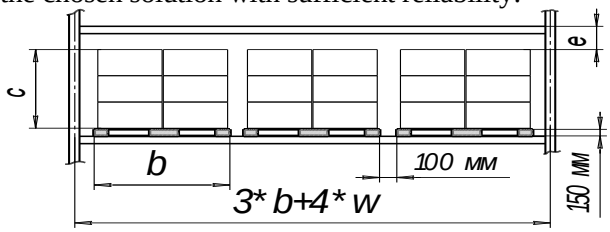


Figure 2. Laying the pallet with the short side b into the depth of the rack

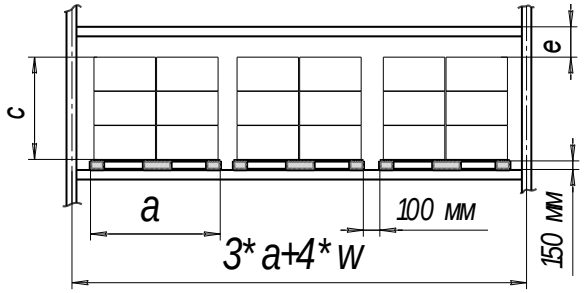


Figure 3. Laying the pallet with the long side a into the depth of the rack.

The results of calculations of pallet laying according to the considered options are shown in Figure 3.

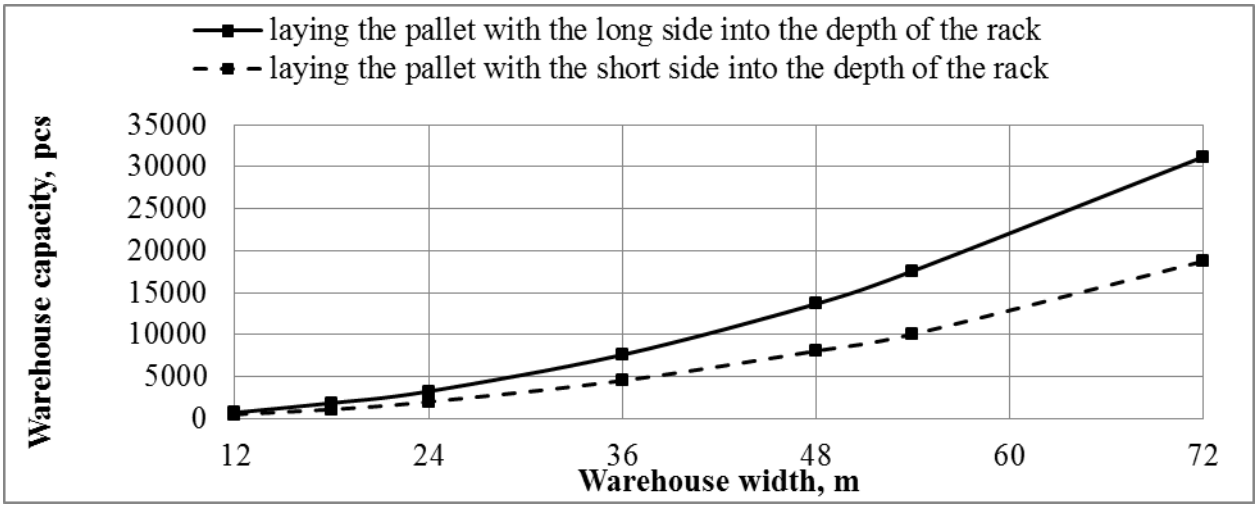


Figure 4. Dependence of warehouse capacity with a ratio of length and width of 1:3

The graphs in Figure 4 show that it is really recommended to install the pallet with the long side into the depth of the rack to obtain the largest capacity.

4. The question of the location of the shelves along the width of the warehouse. In most cases, when calculating the storage capacity for single-piece cargo using frame racks, the racks are placed along the long side of the warehouse. However,detailed justification for such a choice is rarely presented, as shown in Figures 5 and 6.

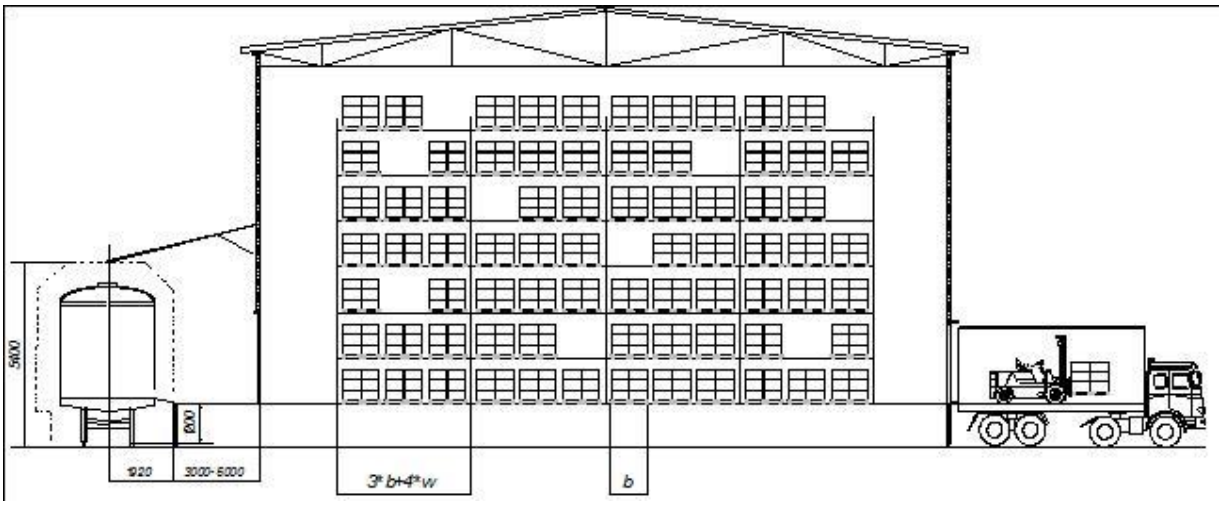


Figure 5. The long side of the racks located across the width of the warehouse

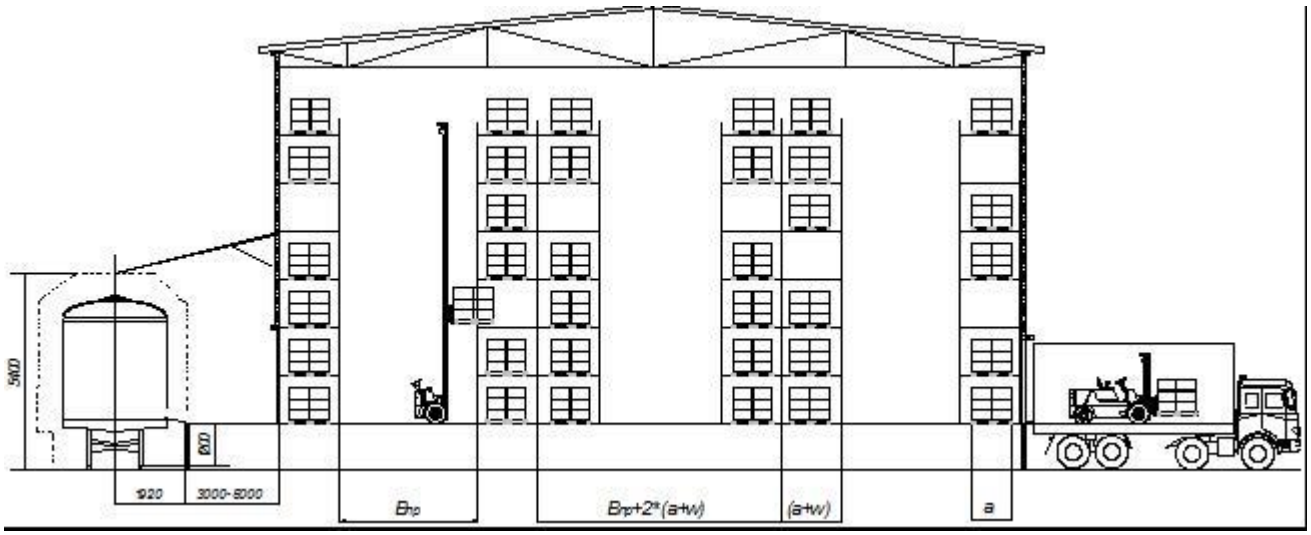


Figure 6. The long side of the racks located along the width of the warehouse

Figure 7 shows the result of a study of the choice of a rational arrangement of frame racks.

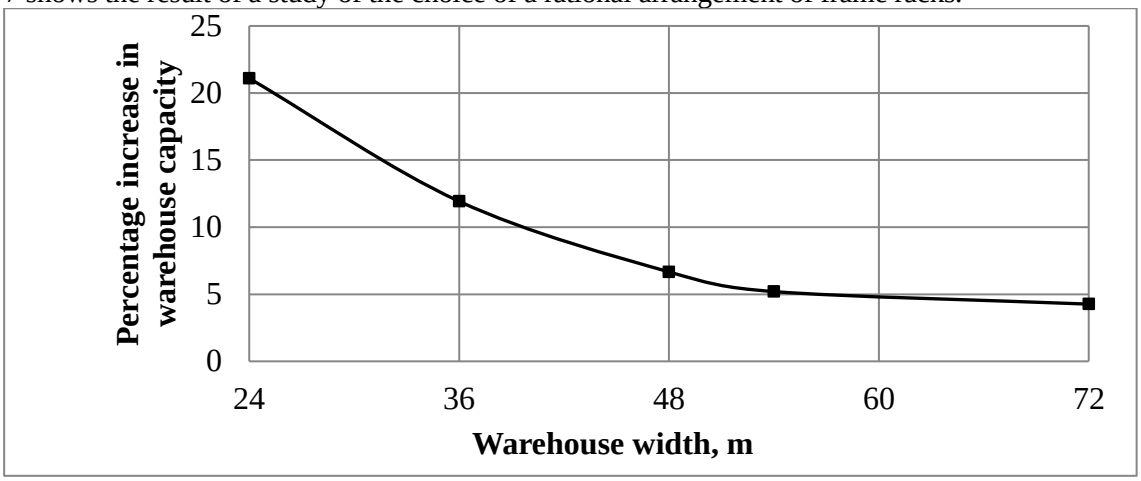


Figure 7. Percentage increase in capacity when installing racks along the long side of the warehouse

As can be seen from Figure 7, the storage capacity increases when racks are installed along the long side of the warehouse.

5. The question of warehouse capacity by height. When determining the number of tiers in a warehouse building, the useful storage height and the height of the transport package are taken into account. The usable storage height means the available space in the warehouse for cargo placement, and the height of the transport package refers to the height occupied by goods on pallets or in other transport units.

The calculation of the number of tiers is carried out taking into account these factors in order to ensure optimal use of the vertical space of the warehouse. Figure 8 can be used as an illustration to better understand the principles of determining the number of tiers depending on these parameters.

Choosing the right number of tiers helps maximize storage capacity and ensure efficient use of available space. It can also have an impact on the processes of storage, loading and unloading of goods, as well as on the overall performance of the warehouse system.

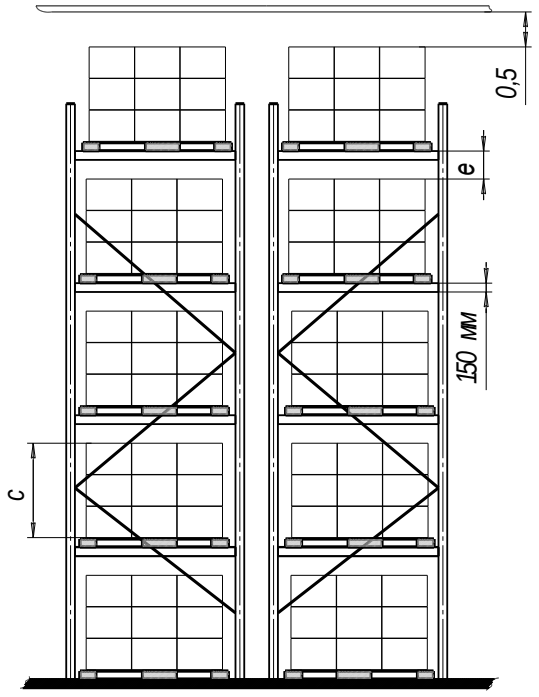


Figure 8. Number of tiers by height

When determining the number of tiers in a warehouse building, an important factor is not only the height of the goods on pallets, but also other parameters, such as the dimensions of the longitudinal beam of the frame rack and the gap between the load and the lower part of this beam in the next tier in height. Figure 9 illustrates this situation.

The dimensions of the longitudinal beam of the frame rack and the gap between the load and the lower part of the beam affect the height occupied by each tier. These parameters must be taken into account when determining the optimal number of tiers.

Accurate determination of the number of tiers by height is an important aspect of warehouse design, as it affects the efficiency of the use of vertical space and the organization of storage processes. Taking into account all these factors makes it possible to achieve optimal use of the warehouse height and optimize its functionality.

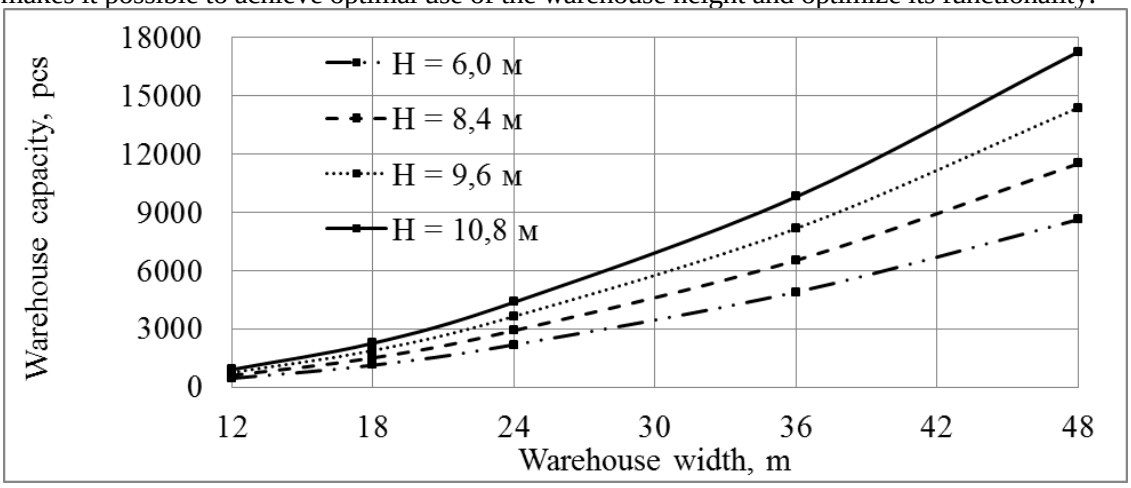


Figure 9. Dependence of warehouse capacity on their width and height

Also in this work, on the basis of calculations of the parameters of the storage area, parametric series of a warehouse of packaged goods for various variants was developed (Table 1).

Table 1. (Fragment). Parametric series of mechanized warehouses of single-piece cargo at a warehouse height of 7.2 m

Designation	*B*, m	*L*, m	*H*, m	*x*, pc	*y, pc*	*z, pc*	*R, pc*
F-RC-7,2-1-24	12	24	7,2	4	24	4	384
F-RC-7,2-1-36	18	36	7,2	6	36	4	864
F-RC-7,2-1-48	24	48	7,2	10	48	4	1920
F-RC-7,2-2-72	36	72	7,2	14	72	4	4032
F-RC-7,2-2-96	48	96	7,2	20	96	4	7680
F-RC-7,2-3-108	54	108	7,2	22	108	4	9504
F-RC-7,2-3-144	72	144	7,2	30	144	4	17280
F-RC-7,2-1-30	12	30	7,2	4	32	4	512
F- RC-7,2-1-45	18	45	7,2	7	45	4	1260
F-RC-7,2-1-60	24	60	7,2	10	61	4	2440
F-RC-7,2-2-90	36	90	7,2	15	90	4	5400
F-RC-7,2-2-120	48	120	7,2	20	118	4	9440
F-RC-7,2-3-135	54	135	7,2	22	135	4	11880

In this study, experiments were conducted to study the conditions of filling the warehouse in different aspects: length, width, and height, considering various cargo parameters. A variety of options for storing cargo units on pallets with a size of 1200x800 mm were investigated, and as a result, patterns were revealed that determine the change in the storage area capacity. The analysis of these patterns led to the following conclusions:

- As the warehouse height increases, the storage area capacity increases for different cargo characteristics.
- As the spans (the distance between the racks) increase, the efficiency of the warehouse width increases.
- As part of the study, a parametric series was developed that allows us to estimate the capacity of a warehouse for single-piece cargo.

It is recommended to use mathematical models developed in this study to design, reconstruct, optimize and improve the operation of a warehouse where single-piece cargo is stored using frame racks. They will help to determine the optimal parameters of the warehouse and ensure the efficient use of its space and resources.

References

1. *Helo, P., Paukku, H., & Sairanen, T. (2018). Containership cargo profiles, cargo systems, and stowage capacity: key performance indicators. Maritime Economics & Logistics. doi:10.1057/s41278-018-0106-z*
2. *Almetova, Z., Shepelev, V., Makarova, I., Shepeleva, E., & Gritsenko, A. (2018). Methodical Framework for Evaluating the Level of the Carrying Capacity of Transport Systems in View of the Irregularity of Cargo Flows. Transportation Research Procedia, 30, 226–235. doi:10.1016/j.trpro.2018.09.02*
3. *Guez, A., Protopopsecu, V., & Barhen, J. (1988). On the stability, storage capacity, and design of nonlinear continuous neural networks. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 18(1), 80–87. doi:10.1109/21.87056*
4. *Gue, K. R., & Meller, R. D. (2009). Aisle configurations for unit-load warehouses. IIE Transactions, 41(3), 171–182. doi:10.1080/07408170802112726*
5. *Öztürkoğlu, Ö., Gue, K. R., & Meller, R. D. (2014). A constructive aisle design model for unit-load warehouses with multiple pickup and deposit points. European Journal of Operational Research, 236(1), 382–394. doi:10.1016/j.ejor.2013.12.023*
6. *Research package efficiency general cargo. Ilesaliev, D., Avaz, M International Journal of Engineering and Advanced Technology, 2019, 9(1), pp 6880–6884*

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

ANALYSIS AND CONCLUSIONS ON THE IMPACT OF TRANSPORT CONTAINERS ON TRANSPORTATION CONDITIONS

Ilesaliev D.I.[a], Svetashev A.A.[a], Ismatullaev A.F.[a], Shikhnazarov J.A.[a]

[a] *Tashkent State Transport University, Uzbekistan, ilesaliev@mail.ru*

Abstract: *The main purpose of this study is to substantiate the optimal method of organiz-ing transportation for various parameters of packaged goods, transport contain-ers and containers. The methodology of the study is based on the analysis and summation of existing methods and approaches to the collection of initial infor-mation, as well as methods of its processing when choosing the most effective method of transportation of packaged goods. The practical significance of this study lies in the possibility of increasing the load capacity of containers when implementing its results. This means that based on the findings, it is possible to optimize the transportation of single-piece cargo, using containers more efficient-ly and increasing their carrying capacity. This can lead to lower transportation costs, increased productivity, and more efficient use of resources.*

Key words: *research, transportation organization, unitized cargoes, transport packaging, containers, research methods, analysis, information processing, rational ap-proach, load capacity, practical significance*

The research is aimed at substantiating the optimal way of organizing the transportation of packaged goods, considering various parameters, such as cargo characteristics, transport containers and containers. The research methodology is based on the analysis and generalization of existing methods of collecting and processing information to choose the most rational method of transportation of packaged goods. The results of the study are practical important, as they can contribute to an increase in the carrying capacity of containers.

One of the factors influencing the use of container capacity is the bulk weight of the cargo, as well as the compliance of the container design with the characteristics of the transported goods, transport containers and packaging. It is also important to properly place the tare-piece cargo inside the containers, since often the capacity of containers is used only by 50-60% of its capacity.

For optimal use of the volume and carrying capacity of standard containers, the German company Kaba offers to use their polymer pallets "CPP 440". Pallets with a size of 1100x1100 mm allow you to place two rows of pallets consisting of ten pieces in a row in a container with a width of 2320 mm.

Tarn-piece cargoes are most often transported by rail in covered wagons or containers. Loading and unloading and storage operations are often performed manually, piece by piece.

Methods of laying cargo on a pallet. In accordance with the recommendations of ISO (International Organization for Standardization), EFP (European Packaging Federation), UIC (International Railway Union) and other organizations, an 800x1200mm pallet has been adopted as a standard module for the unification of containers (Table 1).

These organizations have come to a common agreement on the application of this standard to ensure the compatibility and efficiency of the use of containers in international transportation and logistics operations. The dimensions of the 800x1200mm pallet are widespread and make it possible to facilitate the processes of loading, placing and transporting goods, as well as optimize the use of space in containers and warehouses.

Table 1.Unified series of numbers for external dimensions of transport containers (mm)

1200	1000	720	560	400	300	228
1143	960	685	532	360	285	200
1120	900	667	500	353	280	150
1080	885	643	465	333	266	133
1065	800	600	435	320	250	120
1023	748	571	424	311	240	100

In this context, there are 42 unified numbers, and each number is a combination of three parameters, namely the length, width and height of a regular parallelepiped. Based on this information, we can determine the total number of possible combinations that can be created by changing these three parameters.

For example, suppose that each parameter can take any of 6 values. Then the total number of combinations can be expressed as the product of the number of values for each parameter: 6 (length) * 6 (width) * 6 (height) = 216 possible combinations.

This means that with each change in length, width or height, we get a new combination of parameters that affects the shape and dimensions of the parallelepiped. Combinations of these parameters can be used to create different configurations of parallelepipeds depending on the required dimensions and spatial constraints.

Thus, the number of possible combinations of parameters of a correct parallelepiped is defined as the product of the number of values for each of the three parameters and can take different values depending on specific conditions and requirements.

$$C_n^m = \frac{n!}{m! \cdot (n-m)!} \tag{1}$$

where n - the number of unified numbers;

m – the dimensions of a regular parallelepiped are equal to three.

$$C_{42}^3 = \frac{42!}{3! \cdot (42-3)!} = 11480$$

Based on the unified series, 11480 combinations can be made.

At the moment, there are many different ways of packing goods in containers, and their number reaches several thousand. However, in practice, only a small set of 10-15 methods is the most common. In this study, methods and approaches based on the development of Professor O. B. Malikov, described in his work "Investigation and selection of parameters of rail warehouses of single-piece goods", were used. These methods make it possible to carry out calculations and optimize the stacking of goods on pallets, which is an important aspect when working with tare-piece loads.

1. The long side of the load is laid along the length of the pallet, while there is no masonry:

$$R_1 = \varepsilon\left(\frac{a}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\beta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{c}{\delta}\right) \tag{2}$$

where a, b, c are the parameters of the transport package, respectively length, width and height;

α, β, δ – the parameters of the unified container, respectively, length, width and height;

$\varepsilon(\ldots)$ – notation of the integer part of the number resulting from performing actions in parentheses (rounding down to an integer).

2. The short side of the cargo is laid along the length of the pallet, there is no report:

$$R_2 = \varepsilon\left(\frac{a}{\beta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{c}{\delta}\right) \tag{3}$$

3. The long side of the load is laid along the length of the pallet, and the height is along its width:

$$R_3 = \varepsilon\left(\frac{a}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\delta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{c}{\beta}\right) \tag{4}$$

4. The long side of the cargo is laid along the width of the pallet, and the height is along its length.

$$R_4 = \varepsilon\left(\frac{a}{\delta}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{b}{\alpha}\right) \cdot \varepsilon\left(\frac{c}{\beta}\right) \quad (5)$$

Next, you need to determine the i-method of stacking goods on a pallet, which ensures the maximum number of goods in transport packages:

$$R_{uc} = \max_{i=1,4}\{R_i\} \quad (6)$$

The total mass of goods stacked on a pallet can be determined by the following formula:

$$G = R_{uc} \cdot g,\ kg \quad (7)$$

where g is the mass of the cargo, kg (in operation, the cargo, regardless of the size of the container, in all cases has one mass, this can be explained by the bulk mass of the cargo).

The filling factor of the pallet with loads is determined by the formula 8.

$$f = \frac{R_{uc} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \delta}{a \cdot b \cdot c} \quad (8)$$

The results of loading the goods on a pallet are shown in table 2.

Table 2. Comparison of pallet capacity with different parameters (fragment of the table)

Cargo parameters			Pallet parameters 1200×1000 mm			Pallet parameters 1200×800 mm			Pallet parameters 1100×1100 mm		
α, mm	β, mm	δ, mm	R_{uc}, pc.	G, kg	f	R_{uc}, pc.	G, kg	f	R_{uc}, pc.	G, kg	f
600	500	133	44	1100	0,98	36	900	1,00	24	600	0,53
667	360	133	36	900	0,64	36	900	0,80	33	825	0,58
748	360	150	32	800	0,72	32	800	0,90	30	750	0,67
532	400	150	40	1000	0,71	40	1000	0,89	42	1050	0,74
532	333	200	42	1050	0,83	32	800	0,79	42	1050	0,82

Table 2 shows that a single-piece cargo, with various parameters, stacked on a pallet with dimensions of 1200×800 mm uses an area of at least 80%, however, more cargo units are stacked on a pallet with parameters of 1200×1000 mm.

Placing pallets in containers. The parameters of transport packages are determined by several factors, including compliance with packaging standards and ensuring efficient use of space in containers. In this case, the pallet sizes 1200x1000mm and 1200x800mm are selected based on existing standards, but they do not have a common module and are not multiples of each other. This is due to the historical conditions of the development of standards for pallets and containers.

In containers, pallets are placed in one tier and arranged in two rows in width, as shown in Figures 1 and 2. This means that the internal dimensions of the containers are designed in such a way as to ensure optimal placement of pallets, taking into account their size and shape. Such placement makes it possible to effectively use the available space in the container and ensure the stability and safety of the cargo during transportation.

The relationship between packaging standards and transport package parameters plays an important role in ensuring the efficiency and reliability of logistics operations. Due to compliance with the standards, more efficient use of space in containers and optimization of cargo stowage is possible, which ultimately reduces transportation costs and ensures more efficient delivery of goods.

$$N_{cont} = \left[\varepsilon\left\{\frac{L}{b+50}\right\} \cdot 1 + \varepsilon\left\{\frac{L}{a+50}\right\}\right] \cdot 1 я p \quad (9)$$

where L is the length of the container, mm;

50 – the gap between the pallets, mm.

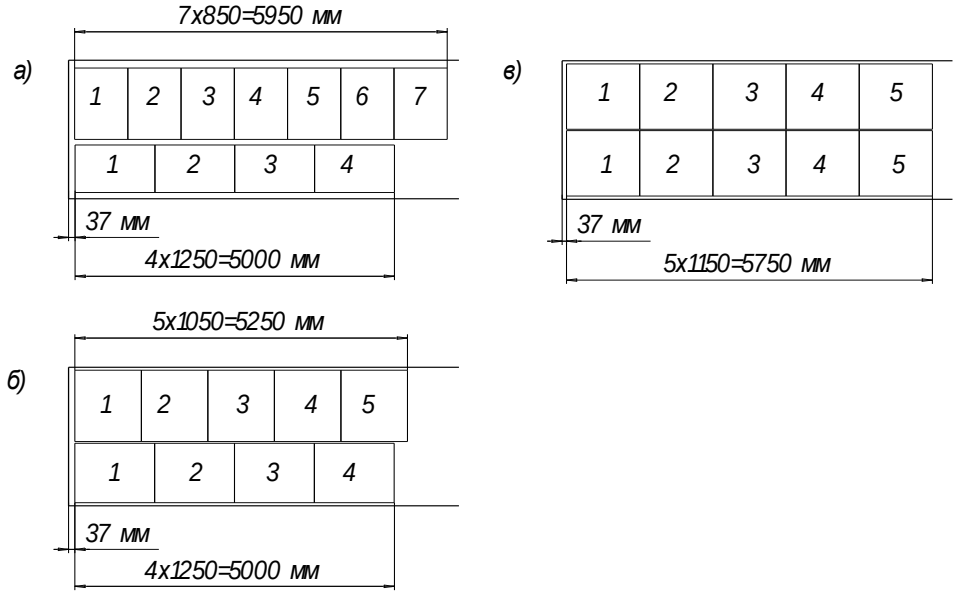


Fig. 1. Placement of transport packages in a 20-foot container: on pallets 1200 × 800 mm (a), on pallets 1200 × 1000 m (b) and on pallets 1100 × 1100 mm (c).

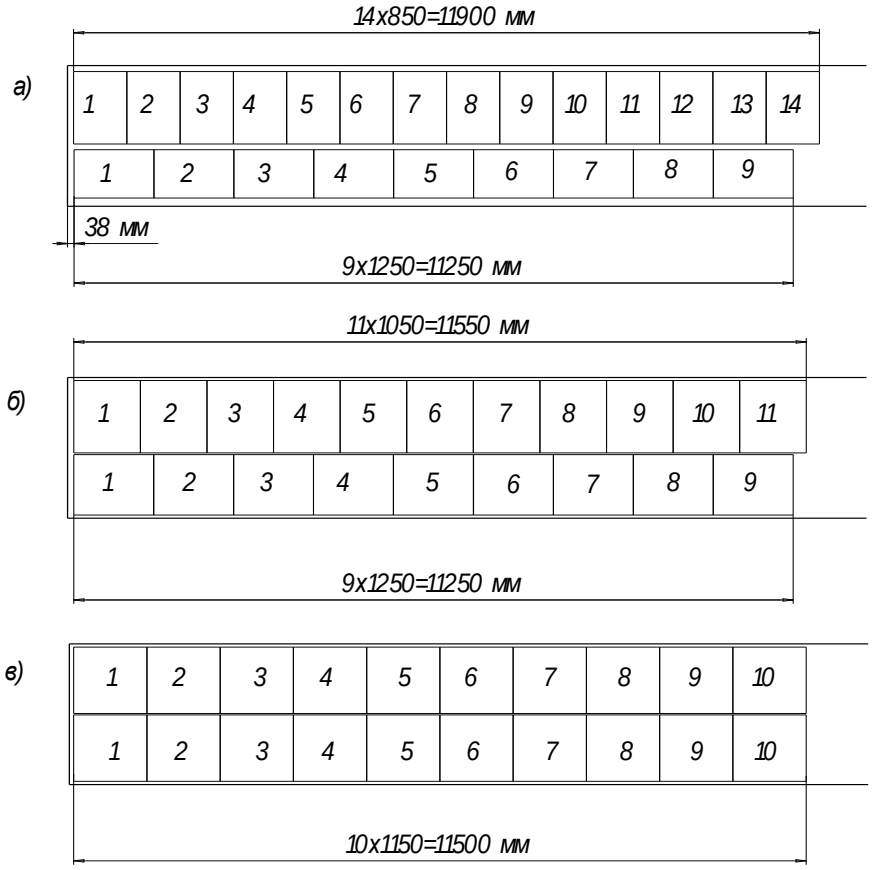


Fig. 2. Placement of transport packages in a 40-foot container: on pallets 1200×800 mm (a), on pallets 1200×1000 mm (b) and on pallets 1100×1100 mm (c).

In the course of the study devoted to the study of the influence of transport packaging on the conditions of cargo transportation in containers, an extensive analysis was carried out and many calculations were performed in order to optimize the transportation process (see Tables 3 and 4).

Tables 3 and 4 present the results of calculations that were performed in the framework of this study. These calculations are aimed at determining the most effective methods and parameters of cargo transportation in containers using various types of transport containers.

Analyzing these results, the researchers sought to determine optimal conditions for cargo transportation, taking into account factors such as cargo safety, efficient use of space in containers, ease of loading and unloading, as well as reducing cargo losses and damage during transportation.

These calculations serve as the basis for the development of recommendations and guidelines that help logistics companies and carriers to make informed decisions about choosing the most suitable transport vehicle and optimal transportation parameters. Such solutions help to reduce costs, increase efficiency and ensure the safety of goods when they are moved in containers.

Table 3. Comparison of the capacity of a 20-foot container with various transport container parameters (table fragment)

Cargo parameters			Pallet parameters 1200×1000 mm		Pallet parameters 1200×800 mm		Pallet parameters 1100×1100 mm	
α, mm	*β*, mm	*δ*, mm	Number of units, pcs	Total weight, t	Number of units, pcs	Total weigh, t	Number of units, pcs	Total weight, t
600	500	133	396	9,90	396	9,90	240	6,00
667	360	133	324	8,10	396	9,90	330	8,25
748	360	150	288	7,20	352	8,80	300	7,50
532	400	150	360	9,00	440	11,0	420	10,5
532	333	200	378	9,45	352	8,80	420	10,5

According to the results of Table 3, it can be seen that the number of pallets in the container affects the total number of cargo units and this is quite understandable and does not require additional explanations.

Table 4. Comparison of the capacity of a 40-foot container with various parameters of transport containers (a fragment of the table)

Cargo parameters			Pallet parameters 1200×1000 mm		Pallet parameters 1200×800 mm		Pallet parameters 1100×1100 mm	
α, mm	*β*, mm	*δ*, mm	Number of units, pcs	Total weight, t	Number of units, pcs	Total weight, t	Number of units, pcs	Total weight, t
600	500	133	880	22,0	828	20,7	480	12,0
667	360	133	720	18,0	828	20,7	660	16,5
748	360	150	640	16,0	736	18,4	600	15,0
532	400	150	800	20,0	920	23,0	840	21,0
532	333	200	840	21,0	736	18,4	840	21,0

Based on the results of Tables 3 and 4, opinions can be expressed on the need for an individual approach to solving the issue of choosing transport containers and means for each cargo.

Figure 3 shows the algorithm for selecting transport containers, which includes several basic steps. These steps help to determine the most suitable shipping containers for specific cargo conditions and containers. Below is a description of each of these actions:

1. Entering the parameters of the cargo, shipping container and container: at this stage, the operator enters information about the characteristics of the cargo, such as dimensions, weight, shape and packaging features, as well as the parameters of the shipping container and container, such as their dimensions, type and permissible cargo loads.

2. Determination of the most rational stacking of cargo units on a pallet: Using the provided parameters of cargo and transport containers, the calculation of the optimal stacking of cargo units on a pallet is carried out. As a result of this step, the optimal positions and location of cargo units on the pallet are determined, taking into account their size, shape and stability.

3. Evaluation of options for placing pallets with cargo units in the container: after determining the optimal stacking on the pallet, various options for placing pallets with cargo units inside the container are evaluated. This step takes into account the size of the container, logistical constraints and transportation safety requirements. The goal is to maximize the use of available space in the container and ensure the stability and safety of the cargo.

4. Choosing a rational transport container: at the last stage of the algorithm, the most rational transport container is selected based on the results of the previous steps. Factors such as compliance with cargo and container requirements, optimal storage of cargo units, efficient use of space and transportation safety are taken into account.

This algorithm helps to automate and facilitate the process of choosing transport containers, allowing you to make informed decisions based on the analysis of the parameters of cargo, transport containers and containers. This helps to optimize logistics operations, reduce costs and ensure the safety of goods during their transportation.

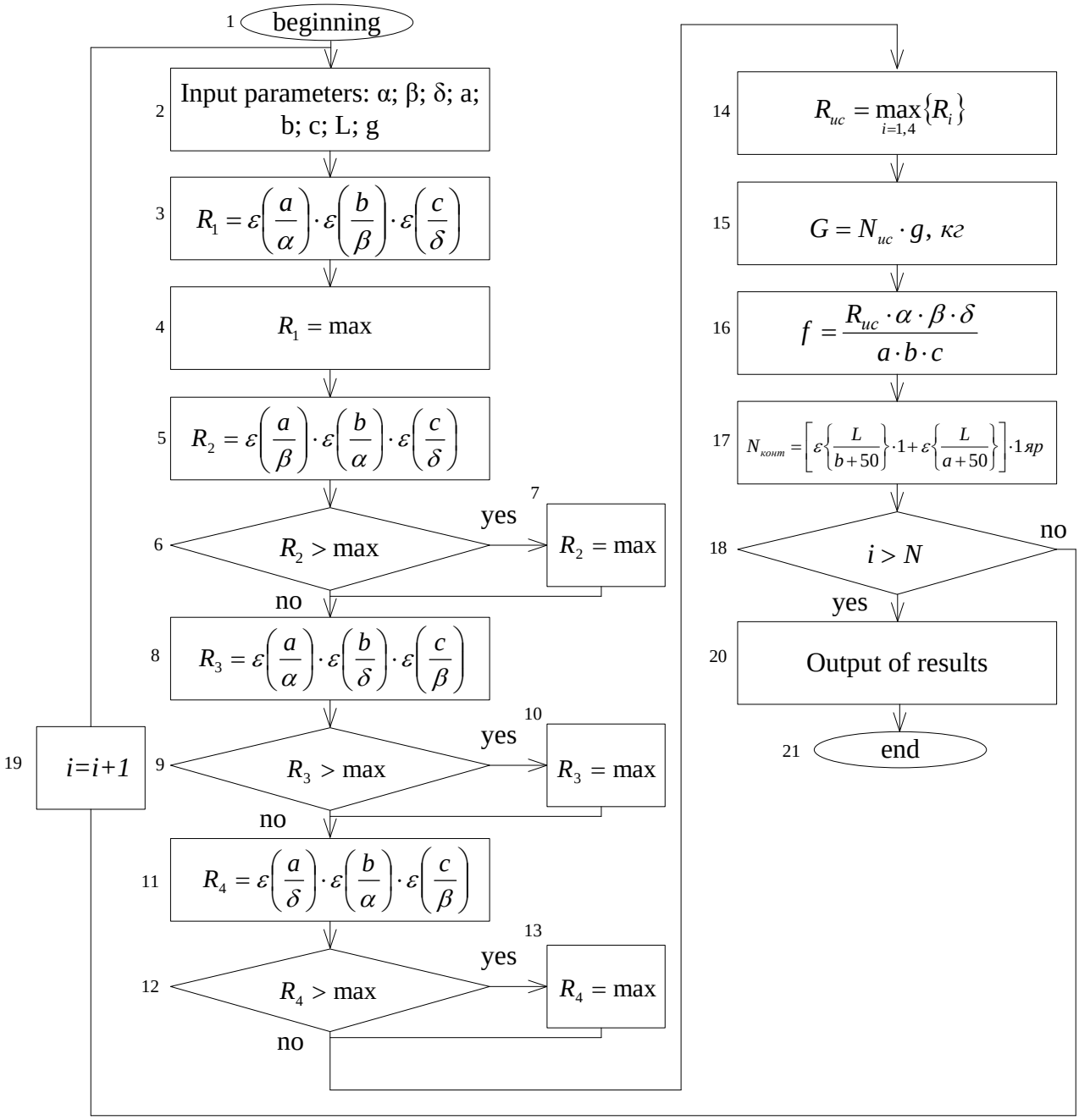


Fig. 3. Algorithm for selecting transport containers

The conclusions drawn based on the information provided are correct and reflect the importance of an individual approach to the organization of efficient cargo transportation. Indeed, each cargo has its own unique parameters, and the choice of packaging and vehicle should be based on the analysis of these parameters. This helps to develop an optimal transportation technology, taking into account the requirements of the cargo, the capabilities of containers and containers, as well as safety conditions.

The method of choosing a rational container described in the algorithm may be quite simple, but these calculations are of great importance. They allow you to quickly analyze various options for placing cargo in containers, taking into account all the influencing parameters. This approach allows logistics companies and carriers to make informed decisions quickly, optimize the use of space in containers and ensure the safety of cargo during transportation.

In general, the use of an algorithm for selecting transport containers and analyzing the parameters of cargo, containers and containers contributes to the efficient organization of transportation, reducing costs and improving safety. These methods help logistics operators to make informed decisions, taking into account all factors affecting the conditions of cargo transportation in containers.

LITERATURE

1. *Aidana Donenbaykyzy Kassymzhanova, Marat Kenesovich Ibatov, Oyum Temirgalievich Balabayev, Bakytzhan Serikovich Donenbaev, Daurenbek Ikhtiyarovich Ilessaliyev. Experimental Study of Maximum Stresses in the Stationary Hoist Design in the Ansys Software Environment. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina 2022, 24(4): B310-B318 | DOI: 10.26552/com.C.2022.4.B310-B318*
2. *Gue K.R., Ivanovich G., Meller R.D. A warehouse with a single loading with several receiving and depositing points and non-traditional passages. Transport research. Part E, 2012, No. 48, pp. 795-806.*
3. *Gyu K.R., Meller R.D. Configurations of aisles for warehouses with a single load. Transactions IIE, 2009, No. 3, pp. 171-182.*
4. *Ilesaliev D., Kobulov J., Tursunkhodjaeva, R., Tashmatova, M. Research and Selection of Rational Parameters of a Refrigerated Container Terminal. Lecture Notes in Networks and Systems, 2023, 510, pp. 829–840*
5. *Ilesaliev, I.I., Makhmatkulov, S.G., Abduvakhitov, S.R. Peculiarities of container terminal functioning in delivery chains. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 918(1), 012043*
6. *Ozturkoglu O., Gue K.R., Meller R.D. Optimal warehouse solutions with a single load for operations with one team. Transactions IIE, 2012, No. 44, pp. 459-475.*
7. *Paul L.M., Meller R.D., Gyu K.R. Optimization of passages for fish bones for operations with two teams in the warehouse. Naval Research Logistics, 2009, No. 56, pp. 389-403.*
8. *Shakhobiddin, M., Daurenbek, I. Stage of development of the railway section. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 2019, 9(1), pp. 3239–3245*
9. *Optimization of transport flows of the grain storage. Ilesaliev, D., Kobulov, J., Svetasheva, N., Tursunkhodjaeva, R., Abduvakhitov, S. E3S Web of Conferences, 2023, 402, 01004*

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

SPECIFICITIES OF REGENERATIVE BRAKING AND RECOVERY OF ELECTRICAL ENERGY FOR ELECTRIC BUS

СПЕЦИФИЧНОСТИ РЕГЕНЕРАТИВНОГ КОЧЕЊА И РЕКУПЕРАЦИЈЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ КОД АУТОБУСА НА ЕЛЕКТРИЧНИ ПОГОН

Slobodan Mišanović

JKP GSP "Beograd", Kneginje Ljubice 29, Belgrade 11000, Serbia, slobodan.misanovic.gsp.co.rs

Abstract: *Electric buses (E-buses) are increasingly used in many cities around the world. In addition to the environmental benefits of use, electric buses have many times higher energy efficiency compared to conventional buses, as a result of the greater degree of efficiency of the propulsion system and the possibility of recovering electricity in the deceleration and braking phase. The paper will present the principle of operation and the theoretical basis of regenerative braking and electricity recovery in the braking phase. In the example of the work of the Higer KLQ6125GEV3 e-bus on the EKO1 line in Belgrade, the effects of electricity recovery in real working conditions will be shown.*

Key words: *E-bus, regenerative braking, electricity recovery, energy efficiency*

Апстракт*: Аутобуси на електрични погон (Е-бус) све више се користе у многим градовима света. Поред еколошких предности коришћења, аутобуси на електрични погон имају вишеструко већу енергетску ефикасност у поређењу са аутобусима на конвенционални погон, као последица већег степена корисног дејства погонског система и могућности рекуперације електричне енергије у фази успоравања и кочења возила. У раду ће бити приказан принцип рада и теоријске основне регенеративног кочења и рекуперације електричне енергије у фази кочења. На примеру рада Е-буса Higer KLQ6125GEV3 на линији ЕКО1 у Београду, биће приказани ефекти рекуперације електричне енергије у реалним условима рада.*

Кључне речи: *Е-бус, регенеративно кочење, рекуперација, енергетска ефикасност*

1. УВОД

Једна од најважнијих карактеристика аутобуса на електрични погон јесте способност рекуперације (eng. recovery) електричне енергије која настаје у фази кочења и успоравања возила. Специфичности експлоатације аутобуса у градском превозу огледа се у динамичком режиму рада возила, посебно са аспекта учесталости и интензитета убрзавања и кочења, честог стајања, малих превозних брзина, итд. С обзиром на веома честа кочења која се том приликом реализују, јавља се могућност повраћаја-рекуперације дела кинетичке енергије возила у електричну, што ова возила чини још енергетски конкурентнијим у поређењу са аутобусима који имају СУС моторе са погоном на дизел гориво или КПГ (компримовани природни гас). У фази кочења аутобуса на електрични погон, погонски електромотор прелази у генераторски режим рада. Тако се генерисана електрична енергија враћа у систем за складиштење енергије. Захваљујући томе повећава се аутономија кретања коју може да оствари возило. Остварена рекуперација електричне енергије код Е-буса у фази кочења и успорења одређена је перформансама погонског електромотора, избором стратегије (алгоритма) управљања регенеративним кочењем, конфигурацијом терена, способношћу батерије/суперкондензатора да прими одређену количину електричне енергије и стилом вожње возача.

Преглед релевантних истраживања регенеративног кочења Е-буса

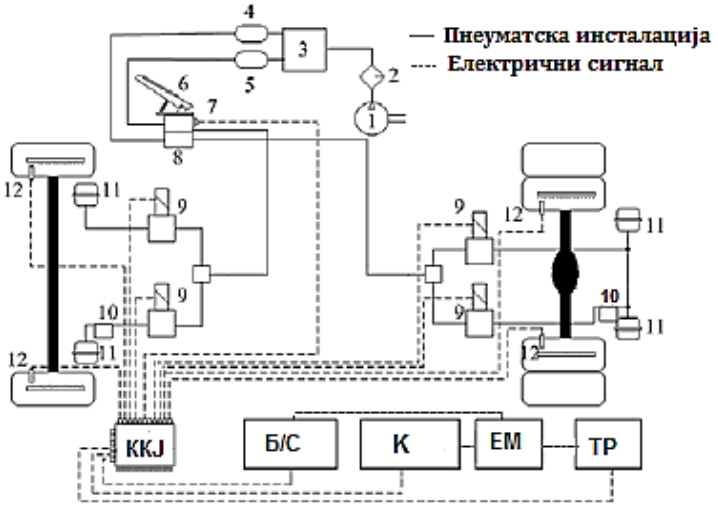
Увођење аутобуса прво на хибридни а касније на потпуно електрични погон у редовну експлоатацију у многим градовима света иницирали су значајну пажњу у пољу научног истраживања енергетске ефикасности примене овог новог концепта погона код аутобуса који је све присутнији. Иако је ово релативно млада научна област бележимо све већи број објављених истраживања и научних радова који се односе на регенеративно кочење и његове ефекте на енергетску ефикасност аутобуса. Алгоритам контроле и управљања регенеративног кочења код хибрид-електричних аутобуса представљен је у раду (Zhongpeng Y. и др.,2012). Алгоритам описује систем: возач-расподела кочних сила - анти блокирајући систем (АБС) - притисак у пнеуматском кочном систему - напуњеност батерије.

Контрола, управљање и синхронизација пнеуматског кочног система и регенеративног кочења, ефекти на рекуперацију електричне енергије приказани су у раду (Sangtarash F. и др.,2008). Симулирана су три случаја контроле регенеративног кочења: серијски, паралелни са максималном вредности рекуперације и паралелни систем. Добијени су резултати симулације ефикасности рекуперације електричне енергије у односу на кинетичку енергију возила у фази кочења респективно од: 50%, 54%, 22%. Потенцијал искоришћења кинетичке енергије возила у фази кочења, алгоритам контроле кочења у функцији расподеле сила кочење, стабилности возила и могућност повраћаја електричне енергије у батерије возила приказана су у истарживањима (Martins L. и др.,2009) и (Boerboom M.,2012). У раду (Perrotta D.,и др.,2012) истраживане су могућности рекуперације електричне енергије за два различита возна циклуса и два различита система складиштења електричне енергије за електрични аутобус Caetano E.bus.

Значајан допринос истраживању енергетских перформанси код аутобуса на потпуно електрични погон имамо у истраживању (Pütz R. и др.,2013) које је обављено у Софији (Бугарска) на соло Е-бусу Хигер (Higer KLQ6-A6L) који је користио суперкондензатор за складиштење електричне енергије капацитета 20 kWh. Истраживање је обављено у реалним условима експлоатације помоћу мерне опреме на градској линији бр.11, чија је дужина 11 km са просечном експлоатационом брзином 16 $km \cdot h^{-1}$. Током теста возило је прешло 88,8 km. Према овом истраживању просечна потрошња електричне енергије износила је 0,95 $kWh \cdot km^{-1}$. Рекуперација електричне енергије у суперкондензатор износила је 40,8 kWh што је 32,2% од укупне енергије од 125,34 kWh која је потрошена из суперкондензатора на кретање возила, рад помоћних уређаја и нисконапонску инсталацију. Мерење потрошње и рекуперације електричне енергије аутобуса на електрични погон Хигер (Higer KLQ6) која је рађена у Београду на градској линији бр.29 помоћу мерне опреме при различитим оптерећењима и утицај топографије трасе на потрошњу и рекуперацију саопштени су у раду (Mišanović S., и др., 2017). Рекуперација електричне енергије је 18,3% до 33,7% посматрано по смеровима респективно.

2. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ РЕГЕНЕРАТИВНОГ КОЧЕЊА

Аутобуси на електрични погон морају да испуњавају све захтеве правилника UN ECE R13 који се односи на кочни систем возила. Кочни систем код аутобуса на електрични погон представља обједињен систем два независна кочна система и то: пнеуматског кочног система који делује на све точкове управљачке и погонске осовине, као и система регенеративног кочења који делује на погонске точкове када погонски електромотор ради у генераторском режиму и када поред кочног момента који делује на погонске точкове постоји и рекуперација електричне енергије која се складишти у батерије или суперкондензатор. На слици 1 приказана је блок шема једног таквог обједињеног кочног система код Е-буса (Wang J. и др.,2013)



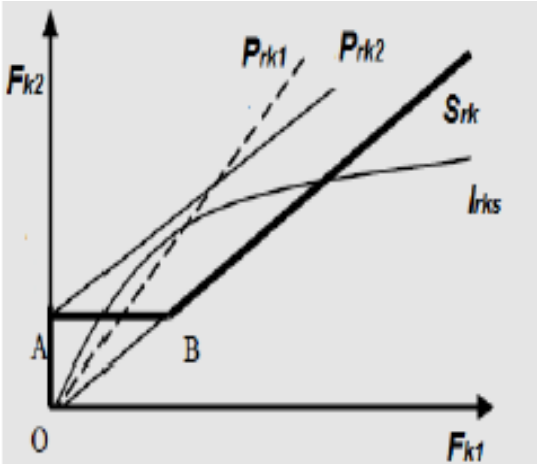
1- компресор за ваздух;
2- регулатор;
3- заштитни четворокружни вентил;
4/5- резервоари за ваздух за предњу и погонску осовину;
6- педала радне кочнице;
7- сензор положаја педале радне кочнице;
8- кочни вентил;
9- вентили АБС система;
10- сензори притиска на предњој и погонској осовини;
11- тристоп вентили;
12- сензори брзине обртања точкова;
ККЈ- управљачка јединица кочног система;
Б/С- батерија или суперкондензатор;
К- контролер;
ЕМ- погонски електромотор;
ТР- трансмисија.

Слика 1. Блок шема интегрисаног кочног система код Е-буса

Током процеса кочења Е-буса, управљачка јединица кочног система прима одговарајуће електричне сигнале (информације) преко CAN мреже Е-буса. На основу тренутних вредности улазних сигнала (брзина возила, интензитет кочења, притисак у кочном систему, степен напуњености батерије или суперкондензатора, број обртаја електромотора, број обртаја точкова Е-буса, преносни однос трансмисије) који се дистрибуира преко CAN мреже врши се израчунавање расподеле силе кочења, одређује начин кочења у складу са стратегијом управљања уграђеном у контролер, регулише рад ABS вентила, прецизно регулише притисак ваздуха предњег и задњег кочног кола, односно интензитета кочних сила и момент регенеративног кочења, при чему електромотор ради као генератор производећи електричну енергију која се складишти у батерију или суперкондензатор. При регенеративном кочењу Е-буса од велике важности је контрола степена напуњености SOC (State of Charge) система за складиштење електричне енергије, посебно код батерије ради њене заштите од прекомерне јачине струје пуњења што је случај за SOC>95% или појаве тренутних високих вредности јачине струје пуњења у случају форсираног кочења. У случају форсираног кочења када долази до блокирања точкова погонске осовине активира се АБС систем при чему престаје регенеративно кочење. При малим брзинама кретања Е-буса, испод 5 $km \cdot h^{-1}$, када се кочи возило ефекат регенеративног кочења се може занемарити (Wang J. и др.,2013).

2.1. Стратегија управљања регенеративним кочењем код Е-буса

Избор стратегије за управљање системом регенеративног кочења (енг.RBS - regenerative braking system) је од суштинске важности да се обезбеди рад система што подразумева синхронизацију више елемената од којих су најважнији: оптимизацију расподеле силе кочења између предње и задње осовине, рад пнеуматског система кочења, кочни моменат електромотора. Изабрана стратегија треба да обезбеди највећу количину рекуперане електричне енергије, уз гаранцију стабилности кочења, удобности кочења и других фактора безбедности, сходно правилнику ECE R13. Када је избор стратегије у питању постоји неколико решења. Код аутобуса на електрични погон највише су заступљене серијска и паралелна стратегија управљања како је приказано на слици 2 (Junzih Z. и др.,2010).



Слика 2. Расподела сила кочења на осовине Е-буса

Идеална расподела кочних сила на предњој и погонској осовини приказана је са кривом "$\boldsymbol{I_{rks}}$". Силе кочења на осовинама су пропорционалне њиховом оптерећењу зависно од маса и успорења које Е-бус има током кочења. Ако силе кочења на предњој и погонској осовини прате криву "$\boldsymbol{I_{rks}}$", блокирање точкова на обе осовине долази истовремено достизањем максималног коефицијента приањања између пнеуматика и подлоге пута.

Код аутобуса на електрични погон једна од варијанти расподеле силе кочења на предњу и погонску осовину конструисане су тако да следе "$\boldsymbol{S_{rk}}$" криву приказану на слици 2 што представља серијску стратегију управљања регенеративног кочења Е-буса.

Кочно-контролна јединица на основу улазних импулса врши расподелу силе кочења између пнеуматског кочног система возила и регенеративног кочења електромотора. Од тачке "О" до "А" целокупна сила кочења усмерена је на точкове погонске осовине од регенеративног кочења насталог од електромотора што је карактеристично за лагано кочење односно мала успорења, што осигурава задовољавајућу стабилност возила. Од тачке "А" до "В", сила регенеративног кочења на погонској осовини није довољна за укупну потребну силу кочења возила, тако да је потребна сила кочења од пнеуматског система на предњој осовини. Достизањем задатог успорења у тачки "В", сила кочења пнеуматског система на предњој осовини није довољна, тако да се са повећањем успорења које захтева возач мора обезбедити повећањем сила кочења од пнеуматског система на обе осовине истовремено. Након тачке "В" силе кочења на предњој и задњој осовини прате "$\boldsymbol{S_{rk}}$" криву приказану на слици 2 уз обезбеђење стабилности возила. У моменту блокирања точкова погонске осовине, кочно-контролна јединица искључује регенеративно кочење и задржава рад само пнеуматског система кочења уз активирање АБС система чиме се ефикасно контролише сила кочења. Две паралелне стратегије управљања регенеративним кочењем код аутобуса на електрични погон приказане су на слици 2.

За паралелну "$\boldsymbol{P_{rk1}}$" стратегију, користи се О-P_{rk1} крива на слици 2. При активирању радне кочнице и успостављања успорења, активира се истовремено пнеуматски кочни систем на предњој и погонској осовини као и регенеративно кочење на погонској осовини. Регенеративна сила кочења се повећава до одређене вредности са повећањем силе кочења пнеуматског система. Код паралелне стратегије "$\boldsymbol{P_{rk2}}$" расподела силе кочења је дата кривом "О-А-P_{rk2}" на слици 2. У овој стратегији, почетни ход педале при малим успорењима активира једино регенеративну силу кочења на погонској осовини која расте до одређене вредности зависно од остваренog успорења. Са повећањем успорења активира се пнеуматски систем кочења истовременим дејством кочних сила на предњој и погонској осовини које су пропорционалне оствареном успорењу.

2.2. Математички модел регенеративног кочења и рекуперације код Е-буса

Општи модели за прорачун биланса сила у фази кочења аутобуса на електрични погон стандардне дужине од 12 метара, могу се представити једначинама:

$$F_{koc} = F_b - F_f - F_v \pm F_u\,, \qquad (1.1)$$

$$F_{koc} = F_{ki} + F_{kj} + F_{rkj}\,, \qquad (1.2)$$

где је:

F_{koc} – укупна сила кочења аутобуса на електрични погон, N,

F_b – инерцијална сила при кочењу, N,

F_f – сила отпора котрљања точкова, N,

F_v – сила отпора ваздуха, N,

F_u – сила отпора успона, N,

F_{ki} – силе кочења пнеуматског система на предњој осовини Е-буса, N,

F_{kj} – силе кочења пнеуматског система на задњој (погонској) осовини Е-буса, N,

F_{rkj} – сила регенеративног кочења на погонској осовини, N.

Снага кочења аутобуса на електрични погон има следећи облик:

$$P_{ki} + P_{kj} + P_{rkj} = \sum_{i=1}^{2} M_{ki} \cdot \omega_{ki} + \sum_{j=3}^{4} M_{kj} \cdot \omega_{kj} + \eta_t \sum_{j=3}^{4} M_{rkj} \cdot \omega_{kj} \qquad (1.3)$$

где је:

P_{ki} – снага кочења точкова предње осовине од пнеуматског система, W,

P_{kj} – снага кочења точкова погонске осовине од пнеуматског система, W,

P_{rkj} – механичка снага кочења точкова погонске осовине од регенеративног кочења, W,

M_{ki} – кочни момент точкова предње осовине од пнеуматског система, Nm,

M_{kj} – кочни момент точкова погонске осовине од пнеуматског система, Nm,

M_{rkj} – кочни момент точкова погонске осовине од регенеративног кочења, Nm,

ω_{ki} – угаона брзина точкова предње осовине при дејству M_{ki}, rad·s^{-1},

ω_{kj} – угаона брзина точкова погонске осовине при дејству M_{kj}, rad·s^{-1},

η_t – коефицијент ефикаснсот трансмисије,%,

i =1,2 – точкови предње осовине,

j =3,4 – точкови погонске осовине.

Ако се кретање аутобуса на електрични погон анализира у фази регенеративног кочења, ток механичке (црна стерлица) и електричне (црвена стрелица) енергије представљен је на слици 3 (Kotiev G. и др.,2018).

Слика 3. Токови електричне и механичке енергије код Е-буса у фази кочења

При кочењу аутобуса на електрични погон, ако на точковима погонске осовине дејствује само регенеративни кочни момент приказан изразом:

$$\sum_{j=3}^{4} M_{rkj} = F_{rkj} \cdot r_d \qquad (1.4)$$

Механичка снага регенеративног кочења P_{rkj} која се преко точкова погонске осовине и система преноса снаге (трансмисије) преноси до електромотора одређена је једначином:

$$\eta_t \sum_{j=3}^{4} \frac{M_{rkj} \cdot v_{ebus}}{r_d} = P_{rkj} \quad (1.5)$$

где је:

v_{ebus} - брзина кретања Е-буса, m·s^{-1}

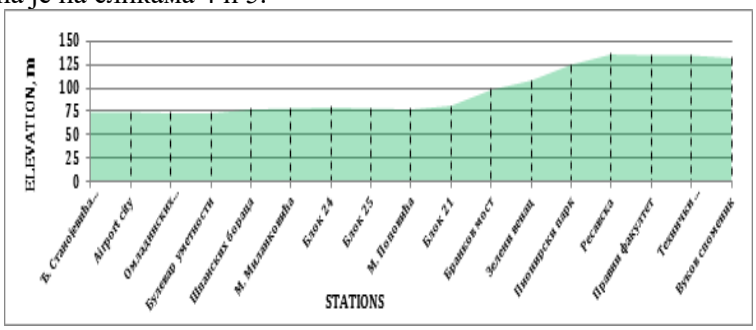
r_d - динамички полупречник точка, m

3. ИСТРАЖИВАЊЕ РЕКУПЕРАЦИЈЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ КОД Е-БУСА НА ЛИНИЈИ ЕКО 1 У БЕОГРАДУ

3.1. Простор и период истраживања

Истраживање рекуперације електричне енергије на аутобусу са електричним погоном Higer KLQ 6125GEV3 на линији ЕКО 1 (Вуков споменик-Насеље Белвил) у Београду, на већем узорку мерења и реалним условима експлоатације у оба смера обављено је 25.06.2018, 28.06.2018, 27.09.2018, 08.10.2019 и 09.10.2019. године (Мишановић С., 2021) . Просторни положај и вертикална геометријска карактеристика трасе линије ЕКО 1, приказана је на сликама 4 и 5.

Слика 4. Просторни положај линије ЕКО 1



Слика 5. Геометријске кааркеристике тарсе линије ЕКО 1

Геометријске карактеристике трасе ЕКО 1 карактерише равна конфигурација са малим нагибима терена, пре свега на Новом Београду, што трасу чини релативно лаком за савладавање отпора успона у погледу топографских карактеристика при кретању возила. Већи нагиб трасе је присутан на деоници од Блока 21 до Ресавске улице. У смеру "А", траса линије је у благом нагибу са просечном вредношћу нагиба од -0,305% и максималном вредношћу на деоници Зелени венац-ТЦ "Ушће" -3,14%. Средња дужина линије ЕКО 1 је 7.995 m. Посматрано по смеровима, дужина линије у смеру "А" износи 7.477 m, где се налази 15 станица са просечном међустаничном раздаљином од 534 m. У смеру "Б" дужина линије је 8.513 m, где је позиционирано 17 станица са просечном међустаничном раздаљином од 532 m. Просечна превозна брзина је 14,1 km·h^{-1} (Мишановић С., 2021).

3.2. Испитно возило Higer KLQ6125GEV3 Electric bus

Потпуно електрични аутобус Higer KLQ 6125GEV3 је савремени нископодни градски аутобус који испуњава све техничке услове у складу са EC Directive 2007/46 и Уредбом 136/2014 која се односи на испуњавање техничких услова за аутобусе за јавни градски превоз путника, укључујући електричне аутобусе. Е-бус користи суперкондензатор за складиштење електричне енергије капацитета 20 kWh. Е-бус користи систем са брзим пуњењем које се врши на почетно-завршним стајалиштима (терминуси) где су на сваком терминалу уграђени пуњачи снаге од 150 kW. Са аспекта управљања регенеративним кочењем на возилу је примењена паралелна **''P_{rk2}''** стратегија.

Електрични аутобус Higer KLQ 6125GEV3 у фази пуњења на терминалу "Белвил" приказан је на слици 6 а техничке карактеристике у табели 1 (HIGER, 2016).

Слика 6. Higer KLQ6125GEV3 Electric bus

Табела 1. Техничке карактеристике

Тип	Higer KLQ 6125GEV3
Дужина/ширина/ висина	12000/2550/3680 mm
Маса празног возила	12540 kg
Број путника	82+1
Мах.брзина	70 $km \cdot h^{-1}$
Погонски систем	Siemens (x2) 1PV5135, асинхрони
Снага	2x90 kW (peak) 2x67 kW (nom)
Мах.обртни момент	2x430 Nm
Мах.број обрта	10.000 min^{-1}
Контролер	Siemens 10DT6
Суперкондензатор	AOWEI, 20 kWh
Снага пуњача	150 kW
Време пуњења	5-10 min

3.3. Методологија мерења рекуперације електричне енергије

Снага електромотора у режиму генератора одређена је изразом:

$$P_{emg} = U_{tr} \cdot I_{tr} \tag{1.6}$$

где је:
P_{emg} – снага електромотора у режиму генератора, W,
U_{tr} – тренутна вредност напона електромотора, V,
I_{tr} – тренутна вредност јачине струје електромотора у режиму генератора, A.

Снага електричних губитака у електромотору и инвертору у режиму генератора у току регенеративног кочења и рекуперације може се исказати једначином:

$$P_{gemr} = P_{emg} \cdot (1 - \eta_{emr} \cdot \eta_i) , \tag{1.7}$$

где је:
P_{gemr} – снага електричних губитака у електромотору и инвертору у режиму генератора, W,
η_{emr} – коефицијент корисног дејства електромотора у режиму генератора,
η_i – коефицијент корисног дејства инвертора.

Излазна електрична снага (снага рекуперације) из система погонски електромотор и инвертор у режиму генератора при регенеративном кочењу једнака је:

$$P_{emr} = P_{emg} - P_{gemr} , \tag{1.8}$$

или ако је исказана преко тренутних вредности струје и напона приказана је једначином:

$$P_{emr} = U_{tr} \cdot I_{tr} \cdot \eta_{emr} \cdot \eta_i , \tag{1.9}$$

где је:
P_{emr} – излазна електрична снага рекуперације, система електромотор-инвертор у режиму генератора, W,
U_{tr} – тренутна вредност напона електромотора, V,
I_{tr} – тренутна вредност јачине струје електромотора у режиму генератора, A ,
η_{emr} – коефицијент корисног дејства електромотора у режиму генератора,
η_i – коефицијент корисног дејства инвертора.

Ако се регенеративно кочење посматра у неком временском интервалу, електрична енергија рекуперације коју систем електромотор-инвертор производи, приказана је интегралом:

$$E_{emr} = \int_{t_1}^{t_2} U_{tr} \cdot I_{tr} \cdot \eta_{emr} \cdot \eta_i \cdot dt , \tag{2.0}$$

где је:
E_{emr} – електрична енергија рекуперације система електромотор-инвертор, J,
t_1 – почетно време, s,
t_2 – крајње време, s.

Електрична енергија која је враћена у батерију или суперкондезатор као ефекат рекуперације и електрична енергија преузета из батерије (супекондензатора) могу се представити једначинама (Мишановић С., 2021):

$$E_{r_{uc}} = \frac{1}{3600000}\int_{t_1}^{t_2}\left(P_{emg} - P_{gemr} - P_{pu} - P_{ac} - P_h - P_{gbk}\right)\cdot dt\,, \qquad (2.1)$$

$$E_{p_{uc}} = \frac{1}{3600000}\int_{t_1}^{t_2}\left(P_{em_M} + P_{gem} + P_{pu} + P_{gtr} + P_{ac} + P_h + P_{gbk}\right)\cdot dt\,, \qquad (2.2)$$

где је:

$E_{r_{uc}}$ - враћена електрична енергија у суперкондензатор или батерију, kWh,

$E_{p_{uc}}$ - преузета електрична енергија из суперкондензатора или батерије у режиму погона, kWh,

P_{emg} - снага електромотора у режиму генератора, W,

P_{gemr} - снага електричних губитака у електромотору и инвертору у режиму генератора, W.

P_{em_M} - излазна снага погонског електромотора, W,

P_{gem} - снага електричних губитака у електромотору и инвертору Е-буса, W,

P_{pu} - активна електрична снага помоћних уређаја на Е-бус, W,

P_{gtr} - снага губитака у трансмисији, W,

P_{ac} - активна електрична снага система за хлађење Е-буса, W,

P_h - активна електрична снага система за грејање Е-буса, W,

P_{gbk} - снага електричних губитака у суперкондензатору или батерији и кабловима Е-буса, W.

Ефикасност регенеративног кочења (ефикасност рекуперације) се исказује коефицијентом ефикасности рекуперације као однос електричне енергије која је враћена у суперкондензатор или батерију (једначина 2.1) и електричне енергије преузете из суперкондензатора, односно батерије (једначина 2.2) у посматраном временском периоду и представљено је изразом:

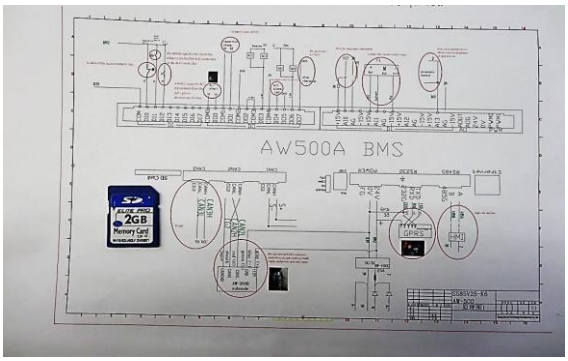
$$\lambda_{uc} = \frac{E_{r_{uc}}}{E_{p_{uc}}}\cdot 100 \qquad (2.3)$$

где је:

λ_{uc} - коефицијент ефикасности рекуперације, %.

Тренутне вредности напона суперкондензатора, јачине струје пражњења и јачине струје пуњења суперкондензатора и вредности SOC (State of Charge), преузете су са SD меморијске картице BMS (Batery management system) контролне јединице (Слика 7) која врши аквизицију података са V-CAN магистрале возила (Мишановић С.и др., 2020). Блок схема BMS (HIGER, 2016) и меморијска SD картица су приказани на слици 8. Подаци су преузети у csf.file и обрађени MS Excel програму.

Слика 7. BMS контролна јединица



Слика 8. SD меморијска јединициа и блок Схема BMS k.j

3.4. Резултати и дискусија истраживања

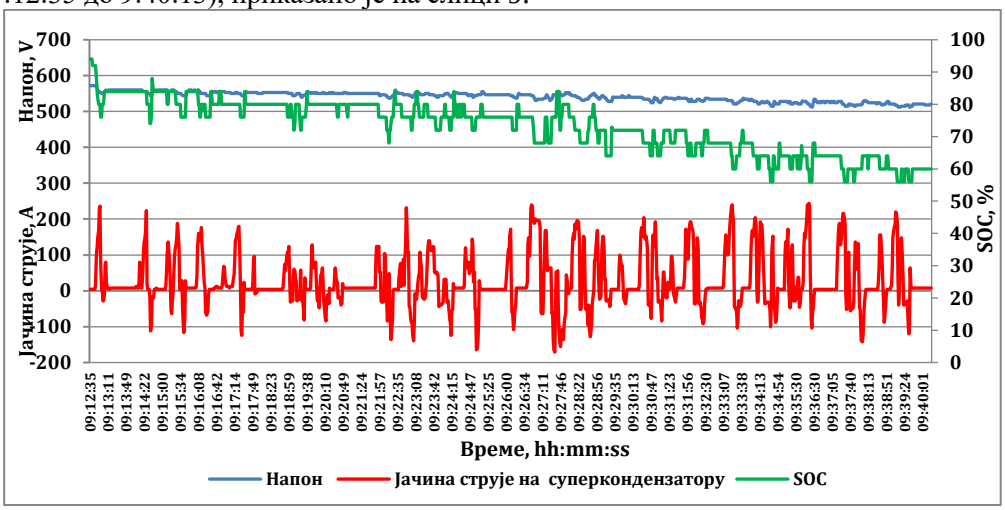
У табели 2 дат је приказ остварених резултата мерења: Преузета електрична енергија из суперкондензатора ($E_{p_{uc_A}}$), електрична енергија која је враћена у суперкондензатор ($E_{r_{uc_A}}$), коефицијент ефикасности рекуперације (λ_{uc_A}), просечна потрошње електричне енергије Е-буса ($E'_{ebus_{L_A}}$), спољна температура (T_{spo}), времена превоза (T_p), и превозне брзине (v_p), који се односе на смер "А" (Вуков споменик–Насеље Белвил) (Мишановић С., 2021), обзиром да је због присуства негативних нагиба трасе линије и веће учесталости и интензитета кочења ефикасност рекуперације већа у поређењу са смером "Б". Изабрани су датуми када системи за грејање и хлађење на возилу нису коришћени или су минимално

коришћени само у неким периодима дана када су спољне температуре биле веће од 23 ℃ или мање од 12 ℃, како би се што реалније сагледао коефицијент ефикасности рекуперације.

Табела 2. Резултати мерења преузете и враћене електричне енергије у суперкондензатор на линији ЕКО 1, смер "А"

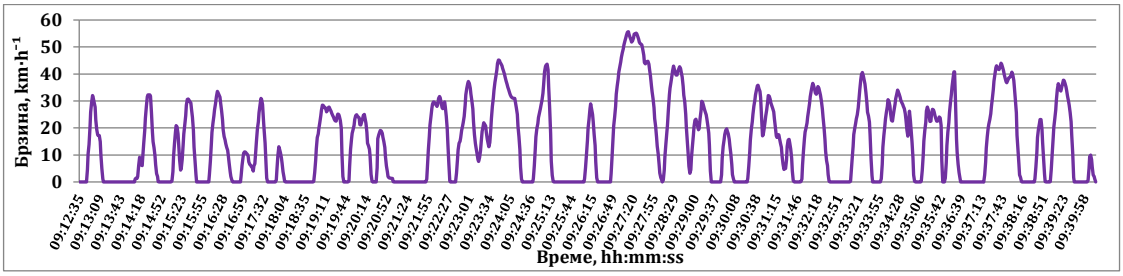
Датум д-м-г	Е-бус	T_{spo} ℃	Време почетка вожње hh:mm:ss	T_{p_A} hh:mm:ss	v_{p_A} km·h^{-1}	$E_{p_{uc_A}}$ kWh	$E_{r_{uc_A}}$ kWh	λ_{uc_A} %	ΔE_{uc_A} kWh	$E'_{ebus_{L_A}}$ kWh·km^{-1}
25-06-18	2104	14	7:15:00	0:28:15	15,87	9,150	2,040	22,30	7,110	1,002
25-06-18	2104	16	8:49:04	0:30:28	14,71	8,220	1,780	21,65	6,440	0,907
25-06-18	2104	17	10:23:33	0:27:02	16,58	7,948	1,915	24,09	6,033	0,850
25-06-18	2104	22	13:29:35	0:29:38	15,12	10,075	2,066	20,51	8,009	1,128
28-06-18	2104	17	7:38:08	0:31:32	14,21	9,716	2,255	23,21	7,461	1,051
28-06-18	2104	19	9:12:35	0:27:41	16,19	9,433	2,693	28,55	6,740	0,949
28-06-18	2104	20	10:45:58	0:27:09	16,51	8,925	2,435	27,28	6,490	0,914
28-06-18	2104	22	17:09:20	0:28:22	15,80	11,302	2,285	20,22	9,017	1,270
27-09-18	2105	13	10:22:21	0:28:10	15,91	9,163	2,593	28,30	6,570	0,926
27-09-18	2105	16	13:31:14	0:31:07	14,40	8,956	2,387	26,65	6,569	0,925
27-09-18	2105	18	15:05:21	0:34:22	13,04	9,889	2,466	24,94	7,423	1,046
08-10-19	2103	16	16:12:49	0:32:20	13,86	11,817	2,642	22,36	9,175	1,292
08-10-19	2103	11	19:29:29	0:33:10	13,51	10,073	1,893	18,79	8,180	1,152
09-10-19	2103	21	11:37:36	0:32:54	13,62	9,236	2,273	24,61	6,963	0,981
09-10-19	2103	26	14:39:11	0:32:50	13,65	12,522	2,098	16,75	10,424	1,468
09-10-19	2103	25	16:12:56	0:33:25	13,41	11,882	2,309	19,43	9,573	1,349
09-10-19	2103	13	22:26:16	0:34:15	13,09	9,504	2,352	24,75	7,152	1,007
Средње вредности		**18**		0:30:45	**14,68**	**9,871**	**2,264**	**22,93**	**7,608**	**1,072**

Највећа вредност електричне енергије која је враћена у суперкондензатор у смеру "А" износи 2,693 kWh (28.06.2018, период од 9:12:35 до 9:40:13), најмања вредност 1,780 kWh (25.06.2018, период од 8:49:04 до 9:19:32), док је просечна вредност за сва приказана мерења остварене енергије која је враћена у суперкондензатор 2,264 kWh. Ако се анализира однос укупно враћене енергије и укупно преузете електричне енергије суперкондензатора, преко коефицијента ефикасности рекуперације λ_{uc_A}, произилази да је његова максимална вредност 28,55%, минимална 16,75%, а просечна вредност која се остварује у смеру "А" је 22,93%. Очигледан је неповољан утицај спољне температуре и рада система за хлађење код Е-буса г.б. 2103 дана 09.10.2019 за полазак који се реализовао у 14:39:11 на вредност коефицијента ефикасности рекуперације и просечне потрошње електричне енергије Е-буса која је износила 1,468 kWh·km^{-1}. Графички приказ измерених тренутних вредности напона суперкондензатора, јачине струје пуњења/пражњења суперкондензатора и SOC, када је остварена највећа вредност електричне енергије која је враћена у суперкондензатор од 2,693 kWh, на Е-бу г.б. 2104 (28.06.2018. године, од 9:12:35 до 9:40:13), приказано је на слици 9.



Слика 9. Тренутне вредности напона, јачине струје и SOC, суперкондензатора у периоду 9:12:35÷9:40:13, смер "А", 28.06.2018. године

У фази регенеративног кочења Е-буса, максимална тренутна јачина струје пуњења суперкондензатора износила је 171,1 А у 9:27:29, при брзини кретања Е-буса од 46,9 km·h^{-1}. Возни циклус који је Е-бус г.б. 2104 остварио у периоду од 9:12:35 до 9:40:13, приказан је на слици 10.



Слика 10. Тренутне вредности брзине кретања Е-буса, г.б.2104, у периоду 9:12:35÷9:40:13, смер "А", 28.06.2018. године

Из слике 5, закључује се да је време превоза у смеру "А" у наведеном временском периоду износила 27 минута и 41 секунди (00:27:41), што указује на оптималне саобраћајне услове, без гужви и застоја што је био предуслов да Е-бус достигне неколико пута брзине кретња од преко 40 $km \cdot h^{-1}$, на Бранковом мосту 55,2 $km \cdot h^{-1}$, што је Е-бусу дало велику кинетичку енергију у фази кочења и могућност генерисања максималне јачине струје рекуперације система електромотор-инвертор, која је износила од 150 А до 171,1 А, што је враћено у суперкондензатор. Утицај стила вожње Е-буса Higer KLQ6125GEV3 на испитном полигону и линији ЕКО 1 у Београду урађено је у истарживању које се бавило утицајем стила вожње на енергетску ефикасност Е-буса (Благојевић И. и др., 2020). Један од предмета истарживања била је фаза кочења и рекуперација електирчне енергије, где је возило кочено и усправано на различите начине (форсирано кочење, лагано, уморено, кретање по инерцији). Доказано је да препоручени енергетски ефикасни стил вожње може утицати на смањење потрошње електричне енергије Е-буса на линији ЕКО 1 између 31,1% и 35,2% у односу на "агресивни" стил вожње.

Према наведеном истраживању најбољи ефекат рекупеарције електричне енергије у фази успорења и кочења код Е-буса Higer KLQ6125GEV3 настаје:

- када погонски електромотор ради са највећом ефикасношћу, при бројевима обртаја погонског електромотора између 4000-5000 min^{-1} ,
- када је команда радне кочнице притиснута до 28% хода педале, када је оптимална рекуперација, што одговара углу притиснутости команде кочнице од 9° (максимални угао је 32°),
- када се врши успорење Е-буса по инерцији (педала радне кочнице није активирана) регенеративни кочни момент који остварује електромотор је константан и износи 34 Nm и делује на точкове погонске осовине,
- у случајевима када је радна кочница притиснута више од 28% хода педале постоји истовремено деловање регенеративног кочења на точкове погонске осовине и пнеуматског система возила који делује на точкове управљачке и погонске осовине. У овом случају умањена је ефикасност регенеративног кочења,
- при кретању на низбрдици препоручује се благи притисак на педалу радне кочнице како би се активирало регенеративно кочење, а возилу одржавала константна брзина кретања, чиме се постиже најбољи ефекат рекуперације електричне енергије.

4. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Једна од специфичности аутобуса на елктрични погон односно возила са електро погоном у односу на возила која користе СУС моторе јесте регенартивно кочење и рекуперација електирчне енергије, што има за исход да се део енергије кочења претвара у електричну, за разлику од возила са СУС мотором где се целокупна енергија кочења преводи у топлоту као бесповратни процес. Електрична енергија генерисана у фази рекуперације повећава енергетску ефикасност возила. Перформансе система електромотор-инвертор, присуство деоница трасе са нагибом и стил вожње од стране возача су главни утицајни фактори на вредности остварене рекуперације електричне енергије возила. Резултати оставрене рекуперације електричне енергије који су приказани у овом раду уско су везани за возила Higer KLQ6125GEV3 Electric bus која су произведена 2016.године и која раде на линији ЕКО1 у Београду. Аутобусе на електрични погон новије генерације карактерише још већа енергетска ефикасност као последица коришћења погонског електромотора са перманентним магнетом, који ради на вишем напонском опсегу, напреднијег система управљања вучом, мањих електричних губитака у систему

инвертор-електро мотор. Добијени резултати у истраживању предсатвљају добру полазну основу за поређење оставрених резултата електричне енергије рекуперације различитих типова аутобуса на електрични погон у приближно истим условима експлоатације на линијама јавног градског транспорта.

5. ЛИТЕРАТУРА

Благојевић, И., Поповић, В., Митић, С., Воротовић, Г.,Стаменковић, Д., Иванковић, И., Миличић, Б., Маљковић, М., Фрлић, Н., Жуњић, М., Иванов, С., Мишановић, С. (2020).

Пројекат-Истраживање утицаја стила вожње на енергетску ефикасност код аутобуса на електрични погон, Машински факултет у Београду, 2020.година. Наручилац пројекта Градска Управа Београд-Секретаријат за јавни превоз

Boerboom, M.(2012). Electric Vehicle Blended Braking- Maximizing energy recovery while maintainining vehicle stability and maneuverability, Master's Thesis 2012:12, ISSN 1652-8557, Chalmers University of Technology Goteborg, Sweden

HIGER BUS COMPANY LIMITED. (2016).Electric bus KLQ6125GEV3-Technical documentation

Junzih, Z., Xin, L., Junliang, X., Bos, L. (2010). Regenerative Braking System for series Hybrid electric City bus, The World Electric Vehicle Journal, Vol.2, Issue 4, 2010.

Kotiev, G., Butarovich, D., Kositsyn, B. (2018). Energy efficient motion control of the electric bus on route, IOP Conf.Series:Materials Science and Engineering 315 (2018) 012014, doi:10.1088/1757-899X/315/1/01/2014.

Martins, L., Brito, J., Rocha, A., Martins, J.(2009). Regenerative braking potential and energy simulations for a plug in hybrid electric vehicle under real driving conditions, Procedings of IMECE09:2009 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition,13-19 November 2009, Lake Buena Vista, Florida, USA. DOI:10.1115/IMCE2009-13077

Mišanović, S., Glišović, J., Taranović, D., Pešić R.(2017). Electric Energy Consumption and Recuperation on E-bus in Different Exploitation Conditions, 18th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, October 17 – 20, 2017, Sokobanja, Serbia, Proceedings, ISBN 978-86-6055-098-1, pp.961-976

Мишановић, С. (2021). Енергетске и еколошке перформансе аутобуса на електрични погон у систему транспорта путника, докторска дисертација, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2021.

Mišanović, S., Taranović, D., Krstić, P., Živić, D. (2020). Measurement of recovery electricity on the E-bus HigerKLQ6125GEV3 on EKO 1 line in Belgrade and impact on energy efficiency, 8th International CongressMotor Vehicles & Motors 2020, Kragujevac

Sangtarash, F., Esfahanian, V., Nehzati, H., Haddadi, S., Bavanpour, M.A., Haghpanah, B.(2008). Efecet od Different Regenerative Braking Strategies on Braking Performance and Fuel Economy in a Hybrid Electric Bus Employing Cruise Vehicle Simulation, SAE International, 2008-1-1561, 2008

Perrotta, D., Ribeiro, B., Rossetti, R., Afonso, J.(2012). On the potntial of regenerative braking of electric buses as a function of their itinetary, 15th meeting of the EURO Working group on Transportation, 2012, Procedia-Social and Behavioral Sciences 00 (2012) 000-000

Pütz, R.(2014). Operational Analysis with a HIGER-Electrobus with AOWEI-Supercaps using Energy Consumption Data in Real Operation on an Urban Bus Route in Sofia. Report No. BELICON/CHMO-1-25.10.2014

Wang, J., Qiao, J., Qi, Z. (2013). Research on Control Strategy of Regenerative Braking and Anti-lock Braking System for Electric Vehicle, EVS 27 Barcelona, p.1-7, 17-20 November 2013.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

FORENSICS OF PORSCHE CARRERA GT FIRE CASE PRESENTATION

FORENZIKA POŽARA KOD PORSCHE CARRERA GT PREZENTACIJA SLUČAJA

Vojkan M. Zorić[a], Jovan P. Šetrajčić[b]

[a] *Megatrend University, Faculty of Civil Aviation, Belgrade, Serbia, vzoric@megatrend.edu.rs*

[b] *Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka 78000, Bosnia and Herzegovina, jovan.setrajcic@gmail.com*

Abstract: *The paper presents the method of determining the circumstances of the cause of the fire on the passenger vehicle "Porsche Carrera 5.7 GT Cabrio", which was destroyed by fire. Analyzes were made as to whether the vehicle spontaneously combusted, that is, whether the fire occurred due to the lack of a hidden vehicle defect, or is such a possibility ruled out? The analysis was done on the circumstance of whether the vehicle have caught fire due to the contact of its front part with the wall on the side of the road. Also, the expert report showed whether it was possible for the vehicle to catch fire while driving due to the fault of the driver.*

Key words: *forensics, accident, passenger vehicle*

Apstrakt: *U radu je prikazan način utvrđivanja okolnosti uzroka požara na putničkom vozilu „Porsche Carrera 5.7 GT Cabrio“, koje je uništeno u požaru. Napravljene su analize da li je vozilo spontano izgorelo, odnosno da li je do požara došlo usled nedostatka i skrivenog kvara vozila ili se isključuje takva mogućnost? Analiza je urađena na okolnost da li je do zapaljenja vozila moglo doći usled kontakta njegovog prednjeg dela sa zidom koji se nalazio pored puta. Takođe, zapisnik o veštačenju je pokazao da li je bilo moguće da se vozilo zapali u vožnji krivicom vozača.*

Ključne reči: *forenzika, nesreća, putničko vozilo.*

1. UVOD

1.1. Kratak istorijat

Već samo pominjanje reči - Porše, čitaoca asocira na sportski auto, u svetu automobilizma prepoznatljiv brend za brzinu i bezbednost. Kompaniju je u Štutgartu osnovao Dr. Ing. Ferdinand Porsche 1931.godine. Porsche SE je od tada postao sinonim za luksuzne sportske automobile, kao i za najsavremeniju tehnologiju. Porsche je prvi ugovor o razvoju automobila potpisao sa Folksvagenom. Rezultat je bio jedan od najpoznatijih automobila u istoriji i jedan od najbolje prodavanih – Beetle (čuvena “buba”).

Mnoge osobine ovog modela će naći svoje mesto na prvom Porsche-ovom automobilu – Porsche 64, razvijenom 1939. godine. Nakon rata, gde su modeli 356 i Spajder 550 bili veoma uspešni na trkama, godine 1964. rodio se 911 još jedan auto sa vazdušnim hlađenjem i motorom montiranim pozadi. Ovaj automobil će postati naslednik Spidera 550, osvojivši mnogobrojne trke. O uspehu 911 svedoči činjenica da je još uvek u proizvodnji, uprkos tome što je dosta izmenjen. Godine 1974. u Parizu, Porsche je predstavio novi 911 Turbo, sa izduvnim turbokompresorom i regulatorom pritiska. Model 924 koji se našao u proizvodnji 1975., bio je eksperiment za Porsche, jer je njegov motor bio ugrađen napred, a Porsche nije duže vremena imao iskustvo sa takvim modelom. Usledio je 928, sa V8 motorom montiranim sa prednje strane koji je bio napravljen od legure metala. Zatim, 1981. Porsche dodaje novi model - 944. Porsche 959 sa visokim performansama je predstavljen na frankfurtskom salonu automobila 1985. Ovaj model će osvojiti mnogo relija i mitinga od kojih je najpoznatiji Pariz-Dakar.

Ft.1. Kancelarija Ferdinanda Porschea u Gmund-u (Austrija)

Zanimljivo je da je Porše jedina fabrika automobila u Nemačkoj koja ne poštuje ograničenje brzine na 250 km/h, pa ni na jednom modelu automobila Porše nema limiter brzine.

Porsche je od samog početka znao da će 911 model konstantno biti predvodnik kada se govori o performansama, voznim karakteristikama i generalnom izgledu. 1965. predstavljen je model 911 Targa, koji je postavio nove standarde kada je u pitanju sigurnost kabriolet automobila. Porsche tokom 1972. i 1973 predstavlja model sa vrlo visokim sportskim performansama – 911 Carrera RS 2.7. Iako je proizvodnja modela 911 serije G završena 1989. godine, nova generacija je već bila spremna. Već u novembru 1988. godine, na 25 godišnjicu modela Carrera, Porsche je predstavio Carrera 4 model. Interno označavan sa oznakom „964", novi model je koristio potpuno novi, 3,6 litarski bokser motor kao i novu, aerodinamički unapređenu, karoseriju sa prednjim i zadnjim branicima napravljenim od sintetičkih materijala, kao i elektropomični zadnji spojler. Tokom 1990. godine, modeli Carrera 4 i Carrera 2 su nuđeni u Coupe, Targa i Cabriolet karoserijama.

Porsche je 1990. godine ponudio i top varijantu – 911 Turbo, koji je nosio svoje karakteristične oznake – širu karoseriju i veći zadnji spojler.

Ft.2.Porsche 911 Turbo modeli kroz istoriju

Tokom istorije modela 911, tehnološka unapređenja su prosto sledila jedna drugo. Naredna

1997. godine na Sajmu automobila u Frankfurtu je predstavljena nova evolucija modela 911 – serija 996. U pitanju je bio prvi serijski Porsche, koji je koristio vodeno hlađeni bokser sa četiri ventila po cilindru. Dizajn je bio u „retro" fazonu, odnosno na moderan način je interpretirana originalna linija modela 911 uz vrlo niski koeficijent vazdušnog otpora – 0,30. Porsche, nakon toga, predstavlja Carrera 4 model opremljen integralnim pogonom, a kupci su tada već mogli da biraju između kupe i kabriolet šasija, a imali su mogućnost da se opredele za 6-stepeni manuelni menjač ili 5-stepeni automatski Tiptronic S. Kabriolet modeli su bili prvi kabriolet automobili na tržištu opremljeni bočnim vazdušnim jastucima.

Početkom 2001. godine, Porsche je predstavio top model – 911 GT2, koji je koristio unapređeni motor iz Turbo modela sa 462KS i 620Nm, što je taj model je činilo najsnažnijim masovno proizvedenim modelom ove kompanije.

Ft.3. Porsche 911 Carrera 4S

Poslednja generacija Porsche 911 modela, sa oznakom 997, je predstavljena jula 2004. godine. Novi model je ponuđen u Carrera i Carrera S varijantama, da bi 2005. godine na Sajmu automobila u Detroitu predstavljena nova generacija kabrioleta Carrera i Carrera S modela. Ponudi se od jeseni 2005. godine pridružuju modeli Carrera 4 i Carrera 4S modeli. Ni jedan sportski automobil kroz svoju istoriju nije imao toliko tehnoloških inovacija tokom razvojnog ciklusa. „Bolje uvek funkcioniše" – moto Porsche inženjera, koji su tokom 45 godina razvijali i unapređivali najraznovrsniji sportski automobil u istoriji automobilske industrije. Kupci Porschea su oduvek cenili te kvalitete, tako da evolucija ovog modela i dalje traje [1].

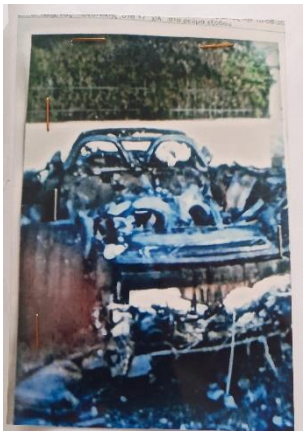
1.2. Vozilo - Porsche Carrera 5.7 GT cabrio

U ovom radu predstavljena je realna forenzička analiza urađena nakon požara na vozilu marek i tipa: Porsche Carrera GT cabrio, koji je bio kolekcionarski primerak i samim tim je proizveden u malom broju. Predmetni akcident-požar se dogodio u toku vožnje, po rečima vozača i suvozača. Osiguravajuće društvo nije prihvatilo tvrdnju vozača da je do zapaljenja vozila došlo u toku vožnje i vozač je upućen na parnični postupak, kako bi pokušao da dokaže svoje viđenje spornog događaja i izvrši nadoknadu pričinjene štete. Inače u svetu je već bilo slučajeva samozapaljenja ovog tipa vozila u toku vožnje. U SAD je razvijen naučni projekat koji se bavi istraživanjem požara na tom tipu vozila - porše karera i pronalaženju načina za njihovo sprečavanje. Kako je cena ovog vozila bila približno pola miliona evra, kao i činjenica da je bio kolekcionarski primerak čuvene svetske marke koja je sinonim za sportska vozila i bezbednost, a imajući u vidu i životnu ugroženost puitnika u vozilu u spornom događaju, sam događaj je zainteresovao autore ovog rada da pokušaju da istraže moguće uzroke uništenja ovog vozila u požaru koji je, po rečima očevidaca/učesnika događaja (vozač i suvozač), nastao u toku vožnje, a pre udara u zid koji je bio pored puta. Nakon udara u zid, vozilo je zarotiralo pola kruga, zaustavilo se i tada je došlo do naglog širenja plamena , odnosno požara. I vozač i suvozač su uspeli u zadnjoj sekundi da napuste vozilo, koje se već bilo pretvorilo u buktinju.

Dalje u radu bliže je prikazana akcidentna situacija i pokazan je pokušaj utvrđivanja uzroka požara na predmetnom vozilu.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

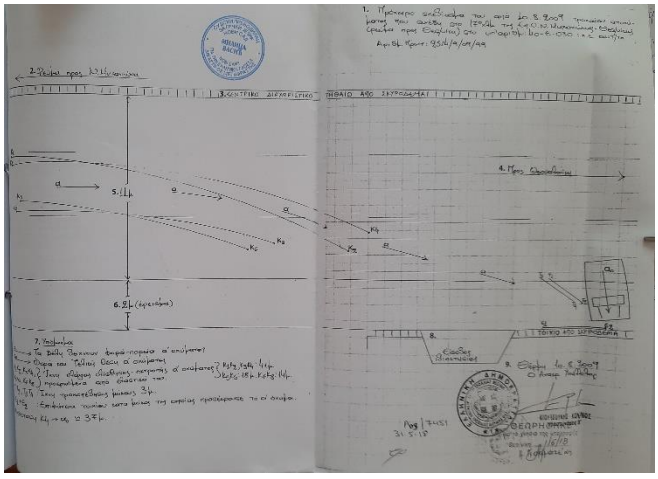
Nakon požara u kome je vozilo potpuno uništeno, policija je izvršila uviđaj, sačinila zapisnik i fotografije, kao i situacioni plan:



Ft.4. Izgled predmetnog vozila

Ft.5. Predmetno vozilo, bliži izgled

Ft.6. Put sa vidljivim tragovima kočenja, gledajući iz smera kretanja vozila



Ft.7. Situacioni plan, koji je sačinila policija

Da bi se došlo do odgovora na uzrok predmetnog događaja, razmatrane su dve mogućnosti:

1. Da je do požara na predmetnom vozilu došlo usled samozapaljenja vozila u pokretu (kako u svom veštačenju navode puitnici u kolima i angažovani veštaci od strane vozača), pre udara u predmetni zid;
2. Da je do požara na vozilu došlo nakon jakog udara u predmetni stub/zid, usled čega se on ruši (kako u svojim ekspertizama navode forenzički eksperti koji su bili angažovani od strane predstavnika Poršea, radi utvrđivanja uzroka požara).

3. REZULTATI

3.1. Prvi slučaj - Nastanak požara samozapaljenjem vozila u pokretu

Na foto br. 4 i 5 jasno se vidi trag otiska točka i gume na zidu pored puta, kao i stanje predmetnog zida i stuba nakon kontakta:

Ft.8. Trag točka predmetnog vozila na zidu, nakon saobraćajne nezgode (crvena strelica). Ivični stub ulazne kapije, usvojen kao nulta tačka za merenje tragova na zidu (žuta strelica)

Ft.9. Tragovi udara i klizanja vozila uz ogradu

Veštaci koji su bili angažovani u ovom predmetu su za merenje tragova na zidu, kao nultu tačku usvojili ivični stub ulazne kapije, a mere su utvrdili u smeru kretanja vozila:

1. Karbonizirani otisak točka sa translatornim horizontalnim kretanjem. Prečnik otiska je cca 55 cm;

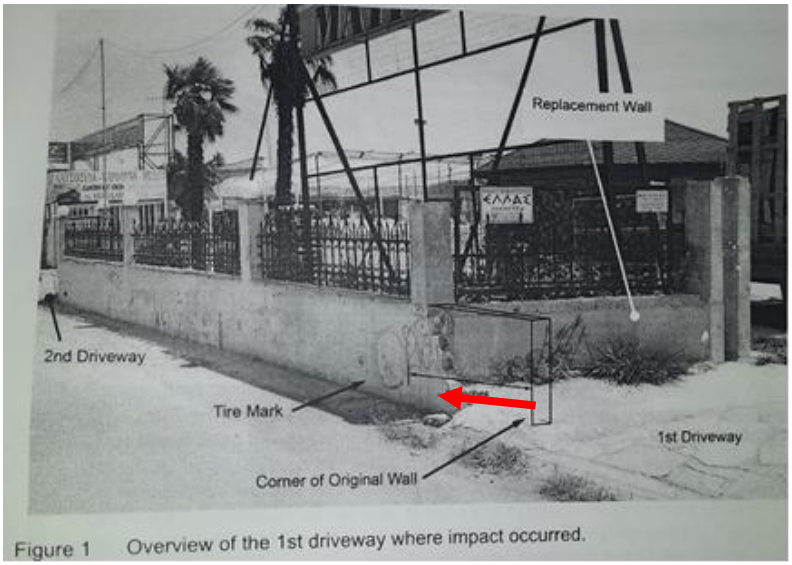
2. Horizontalni, paralelni tragovi crne boje u dužini od 3,30 m iza otiska točka, sa najvećom visinom traga na cca 0,70 m.

3. Iza horizontalnih tragova, prostiru se vertikalni tragovi crne boje u dužini od cca 2 m po celoj visini ograde (1m).

Veštaci su na osnovu gore iznetog zaključili da se sa sigurnošću može tvrditi da je vozilo pod uglom udarilo prednjom desnom stranom u betonsku ogradu, gde je došlo do kidanja prednjeg desnog točka, klizanja niz ogradu i zanošenja do momenta zaustavljanja, što su i autori zaključili, odnosno nakon sprovedenih analiza utvrđeno je da oštećenja prednjeg branika i prednjeg desnog točka (koji su prilikom vršenja pregleda veštaci pronašli u izgorelom vozilu), kao i oštećenja na desnim vratima, bravi i el.instalaciji nisu mogla biti uzrok požara na predmetnom vozilu.

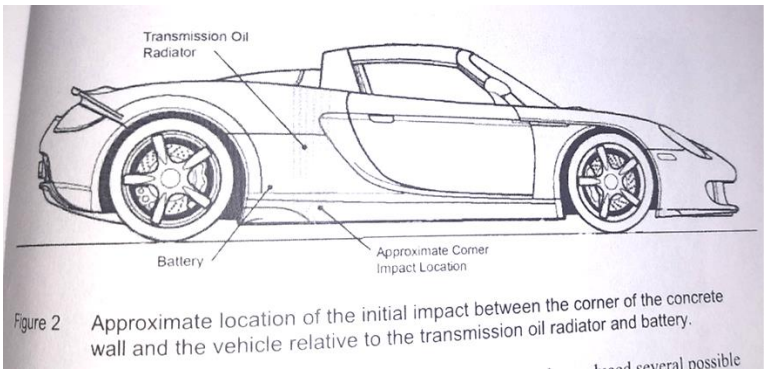
3.2. Drugi slučaj – Nastanak požara nakon jakog udara vozila u stub/zid

Jedan od forenzičkih stručnjaka, koji se u potpunosti saglašava sa svojim kolegom forenzičarom sa kojim je radio na ovom predmetu, smatra da je udar vozila u betonski zid bio toliko jak da je došlo do razbijanja zida, koji je usled toga morao da bude srušen, a da je vlasnik imovine sagradio novi zid iza prvobitnog zida, foto 10:



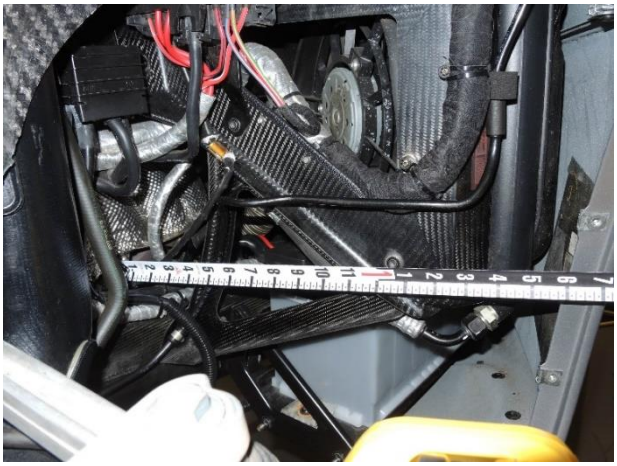
Ft.10. Srušen i kasnije dograđen predmetni zid (po forenzičkom ekspertu)

Po njemu, vozilo je suvozačevom stranom došlo u kontakt sa ivicom prvobitnog zida. Silina udara je potom prouzrokovala rotiranje vozila u smeru kazaljke na satu u toj meri da je prednji točak sa suvozačeve strane udario u zid ostavljajući trag gume. Vozilo je nastavilo da rotira u smeru kazaljke na satu, dok se nije našlo okrenuto licem prema zidu, skoro pod pravim uglom u odnosu na zid. Na osnovu izvršenih merenja na mestu nesreće, utvrđeno je da razdaljina od krajnjeg desnog dela traga gume na zidu (licem prema zidu) do ivice prvobitnog zida iznosi približno oko 165 cm. Ova lokacija odgovara prostoru odmah iza suvozačevih vrata, u prostoru ulaza vazduha za hladnjak prenosnog sistema i akumulatora, kao što je on prikazao uz svom izveštaju, foto 11:



Ft.11. Približna lokacija inicijalnog udara između ivice betonskog zida i vozila koja se odnosi na hladnjak za ulje prenosnog sistema i akumulator

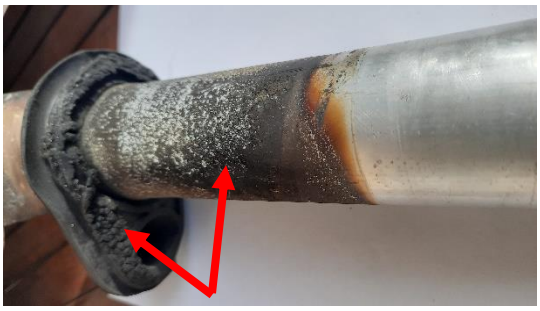
Kolega forenzičar je dalje naveo: Oštećenje od udara prouzrokovano u ovom delu vozila proizvelo je nekoliko mogućih izvora paljenja za nastanak požara. Jedan izvor paljenja je bilo paljenje prenosnog fluida ispuštenog iz hladnjaka za hlađenje prenosnog sistema ili povezanih cevi za protok ulja do i iz hladnjaka, pošto je došlo do kontakta sa izduvnom razvodnom granom koja se nalazi u blizini. Blizina ovih komponenti u odnosu na izduvnu razvodnu granu je prikazana na foto 12:



Ft.12. Prikaz hladnjaka za ulje prenosnog sistema, izduvne razvodne grane i akumulatora odmah ispred suvozačeve strane, sa skinutom zaštitom iznad točka

Scenario drugog paljenja je oštećenje na akumulatoru nastalo kao posledica udara a koji je smešten direktno ispod hladnjaka za ulje prenosnog sistema, kao što je prikazano na ft.12. Autori ovog rada, nakon detaljnog razmatranja do tada izvršenih analiza od strane angažovanih veštaka i forenzičkih ekeperata, sačinili su svoju trasološku analizu, uvažavajući naučne principe i raspoložive činjenice. Analizom tragova na ulivnom grlu rezervoara, uočava se delovanje više temperature sa donje (unutrašnje) strane zaptivne gume i analizom tragova na cevi, ft. 13:

Ft.13. Tragovi delovanja niže temperature na deo cevi i gume bliže limu karoserije



Ft.14. Tragovi delovanja više temperature na deo cevi i gume, bliže unutrašnjem delu vozila

Dole potpisani autori konstatuju da su tragovi na ulivnom grlu i zaptivnoj gumi nastali dok je vozilo stajalo i ukazuju da se požar širio brže sa unutrašnje strane vozila, u odnosu na stranu prema bočnom krilu. U policijskom izveštaju je navedeno da je do požara na vozilu došlo zbog udara vozila u predmetni zid, dok se ne navodi da je tom prilikom zid srušen, niti je on označen na skici, niti fotografijama, kao srušen (ft.4 – 7). Veštaci su fotografisali stanje zida i stuba na mestu nezgode, gde se vide zalepljene pločice na zidu i na betonskoj stazi, kao i udaljenost traga gume na zidu od stuba, ft. 15 i 16:

Ft.15. Izvorno stanje zida i stuba, sa zalepljenim pločicama na zidu i stazi, bez tragova popravki i betoniranja

Ft.16. Udaljenost traga gume na zidu od stuba – od centra kruga do ivice stuba: 12 polja na gvozdenoj ogradi

Na foto koje su sačinili forenzički eksperti nekoliko godina kasnije, vidi se da na zidu nema zalepljenih pločica, da betonska staza nije popločana, vide se i tragovi srušenog zida i betonske staze, kao i udaljenost traga točka na zidu od novoizgrađenog stuba, ft. 17 i 18:

Ft.17. Nema zalepljenih pločica. Stub i staza su novoizgrađeni

Ft.18. Udaljenost traga gume na zidu od stuba – od centra kruga do ivice stuba: 2,5 polja na gvozdenoj ogradi

4. DISKUSIJA

U vezi prvog prikazanog slučaja, jedan od forenzičkih eksperata, koji se bavio predmetnim događajem, se takođe saglašava sa veštacima da je mehaničko oštećenje ulivnog grla posledica udara vozila u zid, kao i da električna instalacija oko ulivnog grla nije uzrok požara. dalje je pojasnio: strana na kojoj se vidi termička degradacija je okrenuta prema rezervoaru, nalazi se u boksu i od motornog prostora je odvojena pregradom od kompozita. površine na kojima se vide tragovi termičke degradacije su okrenute na dole, hladnjaku ulja i akumulatoru. ovi tragovi su mogli nastati samo kada je vozilo stajalo, jer u suprotnom požar se usled kretanja vozila i prolaza vazduha kroz saće hladnjaka prenese u zadnji deo motornog prostora a ne napred prema zaptivnoj gumi, odnosno gumenom uvodniku. tragovi na gumenom uvodniku su nastali u kasnijoj fazi razvoja požara, posle termičkog ili mehaničkog oštećenja strane boksa prema motornom prostoru.

Na osnovu iznetog u drugom slučaju, konstatuje se da betonski stub nije srušen prilikom udara vozila u njega, kako to navode forenzički eksperti. Vozilo je svojom prednjom desnom bočnom stranom, pod malim uglom udarilo u betonsku ogradu, nije imalo kontakt sa betonskim stubom (kako to navode forenzički eksperti), došlo je do proklizavanja prednjeg desnog točka o zid ograde, njegovog kidanja/odvajanja od vozila, kratkotrajnog klizanja niz ogradu i delimičnog rotiranja u smeru kazaljke na satu do momenta zaustavljanja, u kom su ga položaju zatekli i policijski službenici prilikom vršenja uviđaja. Iz gore iznetog proizilazi da oba scenarija uzroka požara predmetnog vozila, koja su u svojim izveštajima naveli forenzički eksperti, a koja se baziraju na činjenici da je vozilo jako udarilo u zid, srušilo ga i kao posledica toga da se zapalilo – se ne mogu razmatrati kao osnov za nastanak požara na predmetnom vozilu.

5. ZAKLJUČAK

Izneta i opisana činjenica da zid/stub nije bio srušen u predmetnoj nezgodi nesumnjivo predstavlja jaku materijalnu indiciju koja pokazuje da do požara vozila nije došlo nakon rušenja stuba/zida, a na način kako su to predstavili u svojim izveštajima forenzički eksperti.

Na osnovu sprovedene analize, ne može se eksplicitno tvrditi da može doći do samozapaljenja takvog tipa vozila usled nedostatka i skrivene mane vozila, ali se ne može ni isključiti takva mogućnost, posebno imajući u vidu dosadašnje slučejeve tog tipa u svetu, kao i postojanje naučno-stručnog projekta u usa koji se bavi ovom vrstom akcidenata.

6. REFERENCE

https://www.nacionalnaklasa.com/7596/porsche-60-godina-postojanja-i-deo/2

Maksimović R., Bošković M., Todorić U.(1998): Metode fizike, hemije i fizičke hemije u kriminalistici, Policijska Akademija, Beograd.

Maksimović R. i dr. (2000): Metode fizike, hemije i kriminalistike, Policijska akademija, Beograd.

Zorić Vojkan (2017): „Mikro tragovi – materijalni dokazi u sudskim postupcima i njihov značaj u sistemu bezbednosti Srbije“, Tematska monografija - Integralna bezbednost republike Srbije, praktični aspekt, Fakultet za poslovne studije i pravo, Fakultet informacionih tehnologija i inženjerstva, Univerzitet Union – Nikola Tesla, Beograd.

Zorić V.M., Šetrajčić J.P., Delić N.V., Jaćimovski S.K.,.Ilić D.I, Markoski B., Mirjanić D.Lj.: Promene fizičkih karakteristika ultratankih metalnih prevlaka, Zbornik radova Naučni skup Savremeni materijali - ANURS, (Banja Luka - Republika Srpska), 2008.

Zorić V., Sajfert V., Šetrajčić J., Radosavljević-Stevanović N.: Određivanje vinovnika saobraćajne nezgode primenom novog teorijskog metoda, Časopis za pravo i forenziku NBP, Kriminalističko-policijska Akademija, Beograd, 2009.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

IMPACT OF THE IMPLEMENTATION OF DIGITAL AUTOMATIC COUPLING ON WORKING CONDITIONS OF SHUNTING STAFF

POSLJEDICE IMPLEMENTACIJE DIGITALNOG AUTOMATSKOG KVAČILA NA UVJETE RADA MANEVARSKOG OSOBLJA

Adrian Wagner[a], Fabián Figueroa Valle[a], Frank Michelberger[a]

[a] Carl Ritter von Ghega Institut – St. Pölten University of Applied Sciences, Campus – Platz 1, St. Pölten, 3100, Austria, adrian.wagner@fhstp.ac.at

Abstract: *The requirements for supply chains have changed significantly in the last decades, due to demands or challenges in competition. However, not only the requirements but also the technologies underwent a change. If we consider rail freight transport, digital systems for wagon data admission or route planning system are currently implemented. The freight wagons themselves, however, have remained in basic principles of the 19th century. For example, they do not have a power supply or a continuous data line to ensure the train integrity or supply sensors on the wagons with power. It is also necessary to couple and uncouple the screw couplings manually. Today coupling and uncoupling wagons is a physically demanding work and not without danger. Here, the use of a Digital Automatic Coupling (DAC) could have a positive impact of the operating procedure and reduce occupational risks. In the context of this work it is examined, how the implementation of the DAC influences the staff. For this purpose, conventional processes are analyzed and the effects of the DAC are examined. It is shown, how the various tasks and the responsibilities are shifted between different workers, like shunting staff and train drivers.*

Key words: *Shunting, Digital Automatic Coupling, work environment, Freight traffic*

Apstrakt*: Zahtjevi prema opskrbnim lancima značajno su se promijenili u posljednjim desetljećima, kao rezultat promjena na području tršišnog natjecanja. Međutim, nisu se promijenili samo zahtjevi, već i tehnologije. Ako promatramo željeznički teretni promet, trenutno su implementirani digitalni sustavi za prijem podataka o vagonima i sustav planiranja ruta. Teretni vagoni, i dalje su utemeljeni na načelima 19. stoljeća. npr., nemaju napajanje ili kontinuiranu podatkovnu liniju koja bi osigurala cjelovitost vlaka ili opskrbu senzora na vagonima strujom. Nadalje, potrebno je ručno spajati i odvajati vijčane spojnice. Spajanje i odvajanje vagona je fizički zahtjevan i opasan posao. Uporaba digitalno automatskog kvačila (DAC) mogla bi imati pozitivan učinak na radni postupak i smanjiti profesionalne rizike. U kontekstu ovog rada ispituje se kako implementacija DAC-a utječe na osoblje. U tu svrhu analiziraju se konvencionalni procesi i ispituju se učinci DAC-a. Prikazuje se kako se različiti zadaci i odgovornosti prebacuju između različitih radnika, poput manevarskog osoblja i strojovođa.*

Ključne riječi: *Manevriranje, digitalna automatska spojka, radno okruženje, teretni saobraćaj*

1. INTRODUCTION

Currently the freight transport sector needs to react in order to achieve the Green Deal targets for emissions caps in the transport sector. It is necessary to drastically reduce emissions in land-based transport. This can be achieved by reducing emissions in the individual modes of transport or by shifting to more climate-friendly modes of transport. (CER (on behalf of Rail Freight Forward), 2020a)

For example, it is planned to increase the modal split in rail freight transport to 30% by 2030. However, in order to achieve this goal, corresponding optimizations in rail transport are necessary. Many rail freight corridors (RFC) are already well utilized today. In urban centers, some of the rail networks are at their capacity limits. (CER (on behalf of Rail Freight Forward), 2020b)

In addition, although technical systems are already being used in rail freight transport to handle traffic, for example software solutions for recording wagon data, the freight wagons are largely in their original condition. This means that they are only mechanically coupled and braked via a main air line. For coupling and uncoupling, it is necessary for a shunter to enter the track area and perform this activity manually. This operation is not only time consuming but also dangerous. In addition, the manual UIC screw coupling is an obstacle to completely automating shunting in marshalling yards. There are approaches here, for example, research has been carried out in Austria in recent years on a prototype uncoupling robot. However, this could only be used locally at large stations and could not bring any improvements in small area stations.(Egger et al., 2019)

Currently, various European projects are working on the implementation of a Digital Automatic Coupling (DAC) system. In the course of international projects (e.g. European DAC Delivery Programme / Europe's Rail Joint Undertaking) and national projects, this idea is being implemented. This paper presents considerations that have been developed in part in the Digital Automatic Coupling in Infrastructure Operations (DACIO) Project.(FH St. Pölten Forschungs GmbH, 2021)

For this purpose, a process from as-built shunting is analyzed. This will then be looked at using a DAC and the improvements for employees will be identified.

1.1. Digital Automatic Coupling

The DAC is a center buffer coupling system which, in addition to a mechanical and air coupling, also ensures the power supply and data supply. Several center buffer coupling systems already exist worldwide. For example, the SA3 type coupling, which is mainly used in Russia, and the AAR type, which is used in America. Whereas with the UIC screw coupling all coupling and uncoupling operations have to be carried out manually, with the center buffer coupling systems at least the coupling operations are automated. The DAC would therefore be an innovation in this sector and would enable corresponding technical functionalities. (Rilo Cañás et al., 2022)

Table 1 shows the different technical levels of the DAC with their functionalities.

Table 1: Different DAC Levels Source: (Hecht et al., 2020)

Functionality	AK-1	AK-2	Level 3	Level 4	Level 5
Automatic mechanic coupling	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Automatic main air-pipe coupling	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Automatic power coupling	No	No	Yes	Yes	Yes
Automatic data coupling	No	No	No	Yes	Yes
Automatic Decoupling	No	No	No	No	Yes

The power and data line can, for example, optimize train preparation, brake tests and, through sensor technology, wagon technical inspection. However, these are so-called enabler functions that require further adaptations to the freight cars and traction units, but the DAC makes them possible in the first place.
As a coupling type the Scharfenberg coupling type is chosen as a coupling design:

Figure 1: DAC Type Scharfenberg from Voith. Source: (Voith GmbH & Co. KGaA, 2022)

2. METHODS

Methodologically this paper can be divided into two parts. The first one is an analysis of the existing processes and the second part consists the considerations of the implementation of the DAC. Basically, freight transport can be divided into four sub-areas: Shunting preparation, shunting execution, train preparation and train running. In the course of this work, the focus is on shunting preparation and shunting execution. Although these activities are comparable throughout Europe, Austria is chosen as the region to be studied. In particular, the infrastructure of the Austrian Federal Railways (ÖBB). For this purpose, a rulebook and process analysis is carried out at the beginning, which leads to initial findings on the processes. Based on these findings, a schematic overview of the respective activities could already be created. An analysis of the processes in operation on site brought further refinements for this part of the work. Based on this, the respective target states are considered with the DAC. For this purpose, the DAC is implemented in the fine-ranking process. In doing so, not only the process components are examined, but also the respective activities for the staff. It will be deduced how this changes the work environment.

3. RESULTS

As mentioned, the first part is to analyse the shunting process in general. In this stage, the different tasks involved in the process of assembling and disassembling train formations are identified. On the other hand, categories are established to group these activities according to their main objective: Uncoupling of wagons, Shunting movements, Coupling, Inspection of wagons, departure arrangements. Thus, it is possible to obtain a process diagram based on these two initial dimensions.

Two important distinctions have been taken into account in the rail shunting operations performed in the freight yards, which do not have a hump: Flying shunting (pushing off) and displace shunting (pushed and pulled by a shunting locomotive). In the first case, special attention is focused on the preparation and shunting activities for those wagons that must be pushed in a controlled manner.

3.1. Detailed Shunting Process

Based on the most common shunting operations needed to modify the train formations, the seven most representative operational cases were then defined, excluding the case of Marshalling yards with Hump-yard systems (classification yards). They are the change of direction of a train, which means that the locomotive has to be shunted to the other train side. But not only the position of the locomotive can be changed. Also, the position of freight wagons within the train can be changed. Therefore, a fine row or reordering is needed. Also there can be wagons added to a train or taken from a train. It is also considered as an extra case if wagons are stabled on a loading track within the station area. For industrial sidings there are also assumed two additional cases. One for picking up freight wagons in an industrial siding and the second for delivering wagons to an industrial siding.

3.2. Current situation

Based on the definitions described above and on the analysis of real cases by professionals in the operation, it was possible to structure a process diagram for each case, identifying the main activities and the personnel involved (Dispatcher, Train driver, Shunting stuff and Wagon inspector) in the different stages.

The driver concentrates on the activities related to the movement of the train and shunting operations with the different groups of wagons, whether with a line locomotive or a shunting locomotive. All the checks emanating from both the Shunter and the Dispatcher are also added before proceeding to move the train. (ÖBB Infrastruktur AG, 2021)

The activities associated with the coupling and uncoupling of wagons are performed by the shunting Staff in-between two wagons, coupling them. The activities include the physical coupling and uncoupling of the UIC screw coupling and main air pipe. Before or after that the opening and/or closing of valves as well as the partial or total testing of the brake system has to be done. Other activities are related to the wagons: Verify the correct information of the transported cargo (freight documents), add or remove the end of train signal if it corresponds to the end wagon, add or remove the drag shoes in case the wagon must be secured or not. Finally, there are the operational support activities: Assisting the driver in pull situations (because the driver cannot see the line ahead), request, check, and steering manual turnouts on the route. (ÖBB Infrastruktur AG, 2021) In bigger

railway stations a Wagon inspector carries out a technical examination of the wagons. In industrial sidings a simplified wagon inspection is made by the shunting staff. (Wagner et al., 2021)

The corresponding components of the fine-series process can be seen in Figure 2, whereby the shunter activities, which will be affected by the DAC are marked yellow:

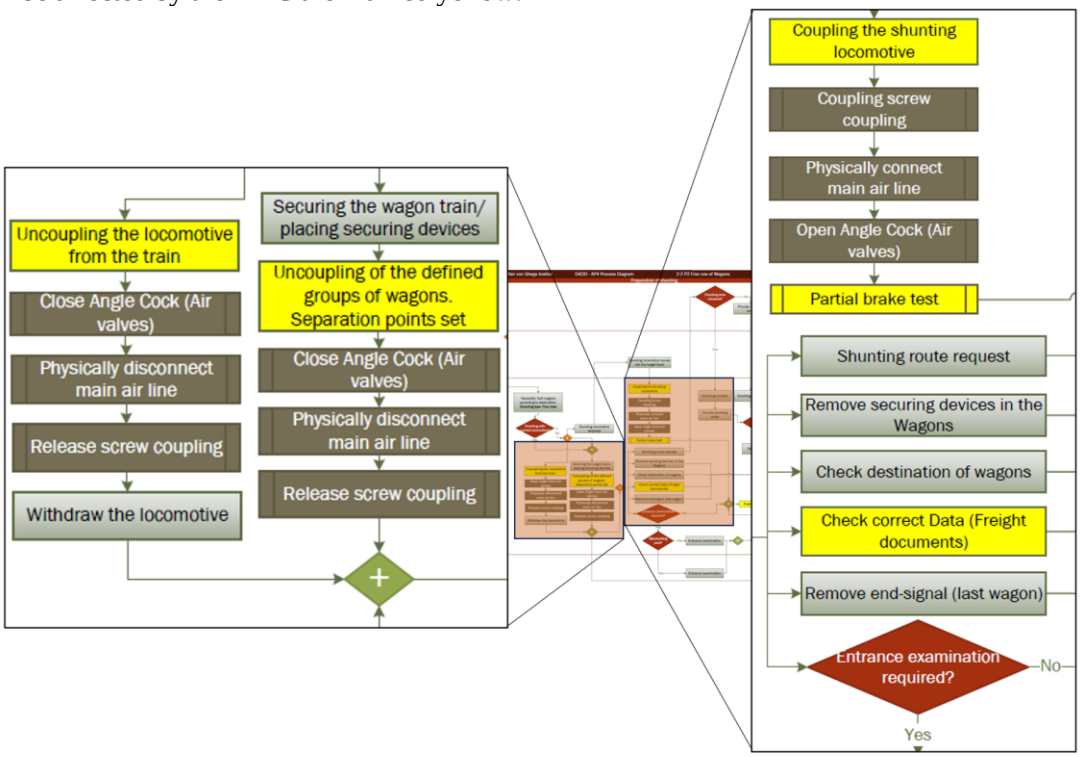


Figure 2: Conventional process of fine row of wagons

3.3. Adapted situation

While the driver's activities are largely unaffected by the implementation, there are improvements in all activities that relate to the checks that emanate from both the Shunter and the dispatcher before proceeding to move the train.

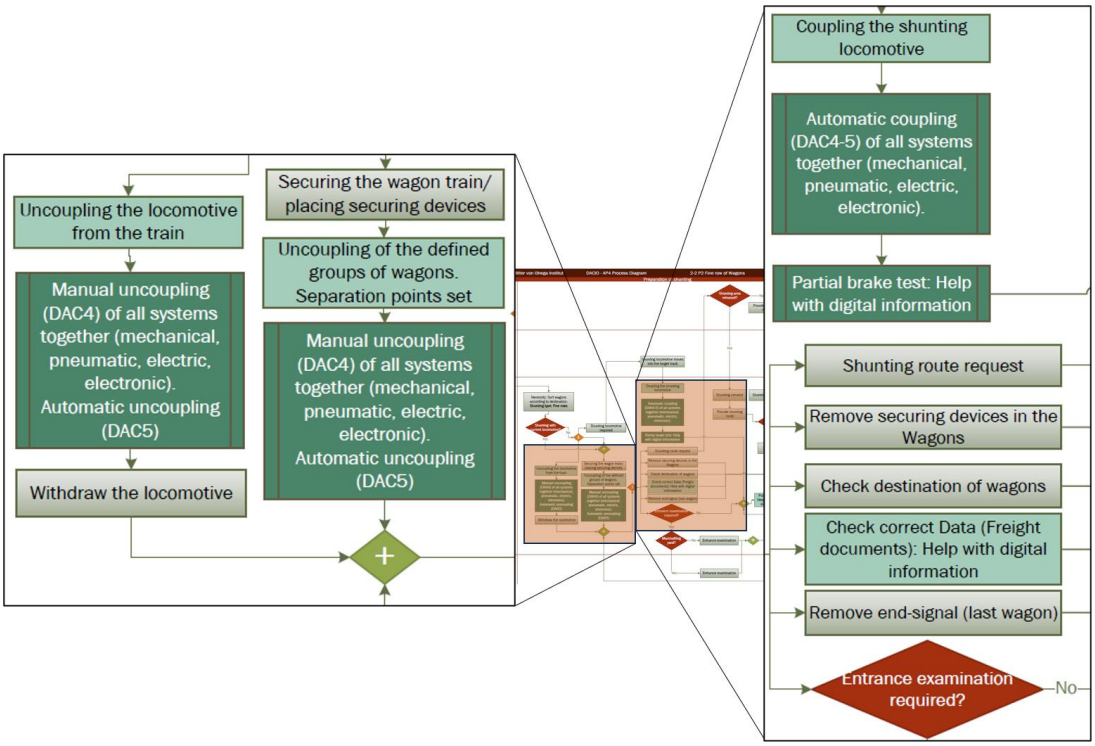


Figure 3: Adapted process of fine row of wagons

In the case of the activities associated with the Shunter, those are associated to the coupling and uncoupling of the wagons are of great relevance. The big change has to do with the fact that the Shunter's workplace, between the wagons. The shunting staff don't has to be in between two freight wagons, and also the time on the track in general can be reduced. It should be noted that for uncoupling of the DAC Level 4, although it requires manual operation, it is possible to operate it from the side of the train. Other activities related to the wagons that have to do with verifying the correct information can be assisted thanks to the digital information flow between the wagons. Finally, operational support activities remain unchanged. Figure The corresponding components of the fine-series process with the DAC Level 4 or Level 5 can be seen in Figure 2. The changed steps are marked green.

3.4. Impact on professional profile

The new modifications due to the DAC in the processes of assembling and disassembling train formations have consequently a rethinking in the definition of the required professional profile, mainly due to the following three aspects. Data Utilization: Possibility of performing remote tasks, in a shorter period and a higher data quality. This accelerates the planning, preparation, document inspection and follow-up processes. Automation: The new designs ensure automation throughout much of the process. In others where it is not possible (decoupling at level 4) there is a substantial improvement in working conditions (less risky). For both cases, partial or permanent supervision by personnel is required in case of failures. Data and control: The project will allow each car to report information related to the systems and even the ability to perform diagnostics and thus detect certain deficiencies. Another possibility that is still under study is to reinforce the control of the braking systems and thus cover the functionality of partially or totally securing the wagons. It is therefore proposed that the changes in the professional profiles will finally focus on the inspection, supervision and troubleshooting. For this purpose, a greater specialization related to the previous aspects is required for the personnel. Especially to the new coupling system functionalities, diagnostics, preventive and corrective activities, risks, etc. Although if the total occupational risk decrease significantly due to reduced exposure, there has to be further investigation, if new occupational risks also arise due to technological change. (Alay et al., 2023)

Therefore, it is possible to address a strategy of reassigning personnel, so that those roles that disappear do not result in the reduction of personnel, but rather cover the new needs and thus the new roles demanded. This requires a strong transition program that allows people to be trained and thus provides more attractive and secure job opportunities with great projection. (Alay et al., 2023)

4. DISCUSSION

The implementation of the DAC is expected to be gradual and with it come dynamic scenarios, which we must consider in all areas when thinking about implementation process. The level of coupling automation (type 4 - type 5) is therefore a significant criteria, which is triggering the activities and functions to be performed by the trained personnel. It leads to a dynamic and prolonged change management. The technological changes will be made gradually. Especially if there is not a transition phase there will situations where trains with the new coupling systems deliver data, but other trains do not deliver data. To this end, it is important to think about the necessary interfaces as well as the requirements and functionalities to be integrated. (Tyrinopoulos & Milioti, 2022)

Finally, one of the most relevant aspects of the DAC project has to do with the overall impact of digitization on the workforce. This is not trivial, but it can be generally identified, that there are opportunities, remaining gaps and barriers and mixed conditions. As a barrier it can be seen, that there has to be a scepsis from the workers. Therefore the staff should be integrated, in adapting their new job roll, because there are fundamental changes from a simple mechanical system to a system with electrical components, which is more complex and offers more functions (supervision and breakdown/maintenance services). There has to be an appropriate training on the new functions. Which leads not only to new function in existing job roles but also to new professions (platform workers, IT). Also, the harmonization of rules and procedures but also the legal framework has to be done. The reduced occupational risk can also improve the possibility to find more workers, especially young people. On the other hand there should be mentioned, that also if new employees are needed, they cannot be found so easily so automation and the change process can attract these jobs. That can be reached by a reduction of manual activities and the redeployment of functions between different positions. But also for the transition phase there should be considerations of the mixed scenarios. (Tyrinopoulos & Milioti, 2022)

5. CONCLUSION

It can be concluded, that the development of the DAC will bring improvements in operational efficiency and safety. On the other hand, digitization also brings in the railroad field new functions to support in the operation, collecting online information and thus improving the management of other stakeholder processes.

Of great importance is the training of the personnel involved and the redefinition of roles and functions in change management, which will not be immediate. Hybrid operating scenarios are to be expected in which high-tech trains and conventional (non-equipped) trains coexist. It is therefore important to prepare personnel not only for the future scenario, but also for the transition scenario.

Finally, automation brings with it new technologies that require greater specialization of operating personnel, a greater effort in personnel training processes and complex change management in processes and protocols, both operational and risk prevention. The presence of more technology also means the opportunity to attract new highly qualified professionals, especially women and young people.

ACKNOLODGEMENT

The described investigation is part of the DACIO project (FFG No. 896432) which receives funding from the Mobility of the Future funding programme of the Republic of Austria, Ministry of Climate Action. The Austrian Research Promotion Agency (FFG) has been authorised for the programme management.

6. REFERENCES

Alay, U., Figueroa-Valle, F., & Geiger, S. (2023). Auswirkung der DAK auf das Berufsbild Verschieber:in (In German: Impacts of the DAC on the job profil shunter).

CER (on behalf of Rail Freight Forward). (2020a). Memorandum of Understanding between European Railways and Rolling Stock Keepers for the European Digital Automatic Coupling (DAC) for rail freight. https://www.railfreightforward.eu/sites/default/files/downloadcenter/dac_mou_cto_council_final.pdf

CER (on behalf of Rail Freight Forward). (2020b). White Paper 30 by 2030. Rail Freight strategy to boost modal shift. https://www.railfreightforward.eu/sites/default/files/usercontent/white_paper-30by2030-150dpi6.pdf

Egger, M., Stadlmann, B., Zellner, C., & Michelberger, F. (2019). Ein automatisiertes Trennen der Schraubenkupplung ist möglich! Proceedings of the 2nd International Railway Symposium Aachen. International Railway Symposium Aachen, Aachen.

FH St. Pölten Forschungs GmbH. (2021). DACIO - Digital Automated Coupling in Infrastructure Operations. https://research.fhstp.ac.at/en/projects/dacio-digital-automated-coupling-in-infrastructure-operations

Hecht, M., Leiste, M., & Discher, S. (2020). Development of a concept for the EU-wide migration to a digital automatic coupling system (DAC) for rail freight transportation. Technical Report: "DAC Technology".

ÖBB Infrastruktur AG. (2021). Dienstvorschrift 30.01. Betriebliche Richtlinien. Betriebsvorschrift V3. (In German: Operation rulebook V3).

Rilo Cañás, A., Rozynek, T., & Sawczuk, W. (2022). Test train with digital automatic couplers DAC in Poland. Rail Vehicles/Pojazdy Szynowe, 3–4, 53–59. https://doi.org/10.53502/RAIL-158487

Tyrinopoulos, Y., & Milioti, C. (2022). D3.1 Report of actions and initiatives related to transport automation and other transitions.

Voith GmbH & Co. KGaA. (2022). Digital Automatic Coupler. https://voith.com/corp-en/scharfenberg-couplers/digital-automatic-coupler.html

Wagner, A., Thomasitz, M., & Michelberger, F. (2021). Functionality of shunting yards in a modern freight transport system - Consideration of automated rolling stock inspection. Proceedings - NH 2021. VII International Symposium NEW HORIZONS 2021, Doboj.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

ENERGETIC COMPARISON OF LOCAL FREIGHT SERVICE WITH DUAL-SOURCE VEHICLES

Martin Chýle

CTU in Prague, Faculty of Transportation Sciences, Horská 3, 121 00 Prague, chylemar@fd.cvut.cz

Abstract: *The article focuses on the options for the operation of regional freight trains with regard to the reduction of local emissions and maximizing the operational efficiency. These trains are often operated on electrified lines with a higher gradient (up to 35 ‰) and with the possibility of exiting onto non-electrified lines and sidings without catenary, which generate significant additional costs for train operation. Increased emissions are also a negative effect. There are many lines and possibilities of use in this kind of operation within the European railway network. In the first part of the article the basic categorization of dual-source locomotives and their suitability for various operating modes is mentioned. The vehicle market situation is also analysed and manufacturers' approaches are defined. In the second part, examples of freight locomotives deployment on selected railway lines in Czechia are used to calculate the energy and cost saving potential of replacing a vehicle with diesel traction with a dual-mode (electric-diesel or electric-battery) locomotive in all sections equipped with overhead catenary. The benefits and negatives of using these possible solutions are described. Significant savings in the use of a traction-dependent vehicle can be achieved for example by using regenerative brake and returning the electricity produced back to the catenary when running downhill. However, cooperation with the infrastructure manager is also needed – he must adapt his railway lines to the operation of such a vehicles. Finally, general recommendations for operational deployment are formulated on the basis of which the replacement of a conventional vehicle by a dual or pure electric vehicle can be considered.*

Key words: *regional freight transport, energy consumption, hybrid locomotive, last mile*

1. INTRODUCTION

When rail transport began in the 19th century, it was standard for all railway traction vehicles to have only one method of propulsion available at the time. The first was the steam engine, later replaced by electric and diesel engines. Their development started thinking about how they could be combined to reduce emissions and energy consumption.

Current situation in energetic industry and rising energy costs led everyone in the transport sector to the idea of saving energy and changing the energy mix used to power trains. These topics are going to be more and more serious in the future, and every new solution could be beneficial in the effort to make transport more efficient, environmentally friendly and effective.

In the first part of the article the basic categorization of dual-source locomotives will be done and a survey of the energy market situation will be carried out. In the second part, a comparison of individual types of dual-source vehicles will be made on practical examples in the transport of regional freight trains. Finally, broad-spectrum principles and suitable examples for operational deployment of dual vehicles are introduced.

2. METHODS

First, it is useful to look at the current situation in European energy industry and present power sources, which are used to power the trains. The energy sources vary widely across European countries.

2.1. Energetic mix and power sources

According to the last reachable data (Eurostat 2021), the energy mix for the European Union in general is very diverse. Countries with more diversified landscape can benefit mostly from hydroelectric power plants, as well as other renewable energy source; countries with flat landscape use more nuclear energy, or petroleum and fossil fuels. In EU in general, 34.5 % of energy comes from total petroleum products, 23.7 % from natural gas, 17.4 % from renewable energy sources, 12.7 % from nuclear energy, and 11.5 % is still produced from solid fossil fuels. These numbers have a huge variability, depending on local conditions and political forces.

Table 1. Countries and shares of their energy sources

Country	Fossil fuels [%]	Nuclear energy [%]	Renewable sources [%]	Petroleum products [%]
Czechia	31.1	17.9	12.9	22.1
Germany	19.3	6.0	15.6	33.4
Austria	9.4	0.0	31.3	34.7
Slovakia	17.2	22.8	13.1	21.0
Poland	42.7	0.0	11.9	28.8

From table above can be seen that Czechia is with the share of solid fossil fuels much higher than European average, which is 18 %. This is the third worst number in the EU (only Poland and Estonia are worse) and quite serious topic to discuss; according to Czech strategic energy plan, this percentage is planned to rapidly decrease in the next few years. On the other hand, the share of nuclear energy is higher than in many European countries (almost 18 %), mainly thanks to two big nuclear power plants in Dukovany and Temelín.

2.2. Comparison of hybrid, electric and diesel locomotive

To calculate the possibility of energy savings, in this chapter the comparison of various locomotive types is to be done.

A dual-source vehicle can generally be considered as a traction vehicle having more than one power sources. Typically, there is one primary and one secondary power source that is used only in listed operating situations and under specific conditions. The reasons for using a secondary energy source are varied, i.e. operational, technical (absence of overhead contact line, third rail, etc.) or economic (lower power and/or lower unit energy cost and therefore lower operating costs).

These vehicles can be built as power symmetrical (they have the same traction power on electrified as well as on non-electrified lines, but use the electric power from the catenary on electrified lines), or as power asymmetrical (on non-electrified lines the power is lower than on electrified lines, the diesel engine or batteries are a supplementary power source). Dual-source vehicle usually cannot be operated on both energy sources simultaneously – it must be clearly timed when the vehicle is powered by the primary or secondary energy source.

Figure 1. Siemens Vectron AC locomotive, which is equipped with last-mile module (small diesel engine), pulling a freight train outside of the electrified track. (Photo by author)

In order to compare a conventional diesel-electric locomotive with an electric locomotive, as well as a hybrid (electric-diesel) and dual (electric-battery) locomotive, in the same operating mode, they are observed with a regional freight train on an electrified line. To properly understand the context and explain the current situation, the following information should be stated.

Usual diesel-electric locomotives are now still deployed on a high number of trains running on electrified lines whole route (or most of it). In 2019, the statistics on the railway network of Czechia were:

- 95.5 % of freight trains were operating on electrified lines,
- 86.8 % of transport capacity of freight railway transport were operated by electric locomotives.

From the numbers can be dedicated, that diesel locomotives are used almost twice often on electrified lines (8.7 %) than on non-electrified lines (4.5 %). (Správa železnic 2021)

After researching these conditions, it is possible to start the comparison of energy consumption and resulting savings when running a train with a two-source locomotive in different variants (with auxiliary diesel engine and batteries). (Transport Measures)

In the examples, the comparison of traction energy consumption and costs for four variants is addressed, where a) and b) are comparative variants:

a) Conventional diesel-electric locomotive with electric power output 800 kW (diesel engine output 880 kW, called class 742)
b) Conventional electric locomotive with power output 800 kW, used when we assume that all tracks have catenary (called class 210)
c) Hybrid locomotive with auxiliary diesel engine (electric power output 800 kW, diesel engine output 300 kW for shunting, called class 218)
d) Dual locomotive with traction battery (electric power output 800 kW, battery output up to 400 kW for shunting, called class 219)

The main objective is to calculate the total energy consumption. For this purpose, a simple model can be used that works with the methodology of physical resistances of the environment.

The most important such components are:

- Specific traction resistivity
- Mean specific curve resistivity
- Mean acceleration resistivity

The sum of all these resistances can be called the mean specific traction resistivity. To determine the values of these resistivities, it's needed to know several physical quantities and values, which depend not only on the specific type and parameters of the vehicle, but also on the parameters of the track and the surrounding environment. All resistivities are considered as dimensionless quantities with the unit N/kN. The detailed calculation is based on a modified model, which comes from the original model of Czech engineer, Mr. Jiří Pohl. (Pohl 2020)

After calculating the mean specific traction resistivity, the traction work can be calculated. This value is the basis for the determination of the work and the resulting specific energy consumption of the transport in question.

The last of the preparatory calculations is the calculation of specific energy consumption. The specific traction work already calculated and the efficiency of the energy source are used to determine it. The latter is defined by constants:

Table 2. Defined efficiency values

Parameter	Mark	Value	Unit
Calorific value of diesel	H	10	kWh/l
Efficiency of primary traction source	η_p	97	%
Efficiency of electric traction in dependent traction	η_e	85	%
Efficiency of electric traction in independent traction (battery)	η_a	74	%

The result is therefore the specific traction energy consumption according to the formula

$$q_D = \frac{w_t}{H} \left[\frac{\text{liter}}{1000\ \text{tkm}}\right] \quad (1)$$

for diesel traction and

$$q_E = \frac{w_t}{\eta} \left[\frac{\text{kWh}}{1000\ \text{tkm}}\right] \quad (2)$$

for electric traction, where w_t is specific traction work, H calorific value of diesel and η efficiency. The specific traction energy value obtained can be used to calculate the total energy consumption at each power modus (diesel, electric etc.).

2.3. Example

A local freight train from Karlovy Vary to Stráž nad Ohří in Northwest Bohemia was chosen as a suitable example to demonstrate the possible use of a two-source locomotive. This train runs along the entire route on a double-track electrified line with a 25 kV/50 Hz AC power supply system; its locomotive runs off the catenary only when servicing sidings and extra tracks at stations. The train is currently hauled by a conventional class 742 800 kW diesel locomotive.

To simplify all calculations, a single freight wagons model was used. All wagons in the train are uniform: the weight of each empty wagon is 25 tonnes, while a loaded wagon is 75 tonnes. The two tables below show us an example of a typical composition of this train in both directions:

Table 3. Train weight in direction Karlovy Vary – Stráž nad Ohří

Track section	Composition of the train (wagons)	Total weight
Karlovy Vary – Ostrov nad Ohří	6 empty	150 tonnes
Ostrov nad Ohří – Stráž nad Ohří	3 empty	75 tonnes

Table 4. Train weight in direction Stráž nad Ohří – Karlovy Vary

Track section	Composition of the train (wagons)	Total weight
Stráž and Ohří – Ostrov nad Ohří	3 loaded	225 tonnes
Ostrov nad Ohří – Karlovy Vary	6 loaded	450 tonnes

Total length of the track is 27 km; there are significant gradients (up to 15 ‰ in some parts) and sharp curves. The locomotives run on electric power in the intermediate sections (diesel locomotive on diesel power), using their primary power supply (742, 210) or a secondary power supply (218 - diesel engine, 219 - battery) to move the wagons in the stations.

The same model was applied also at line Jihlava – Jihlávka, which is located in the central part of Czechia.

Table 5. Train weight in direction Jihlava – Jihlávka

Track section	Composition of the train (wagons)	Total weight
Jihlava – Jihlava město	20 empty + 4 loaded	800 tonnes
Jihlava město – Batelov	18 empty + 2 loaded	600 tonnes
Batelov – Horní Cerekev	16 empty	400 tonnes
Horní Cerekev – Jihlávka	8 empty	200 tonnes

Table 6. Train weight in direction Jihlávka – Jihlava

Track section	Composition of the train (wagons)	Total weight
Jihlávka – Horní Cerekev	3 loaded	225 tonnes
Horní Cerekev – Batelov	1 empty + 5 loaded	400 tonnes
Batelov – Jihlava město	5 empty + 5 loaded	500 tonnes
Jihlava město – Jihlava	7 empty + 7 loaded	700 tonnes

This track is 37 km long and its maximum gradient is 15 ‰ as well. The height difference between the two termini is approximately 160 metres. The assumption of the operating model is the same as in the first example.

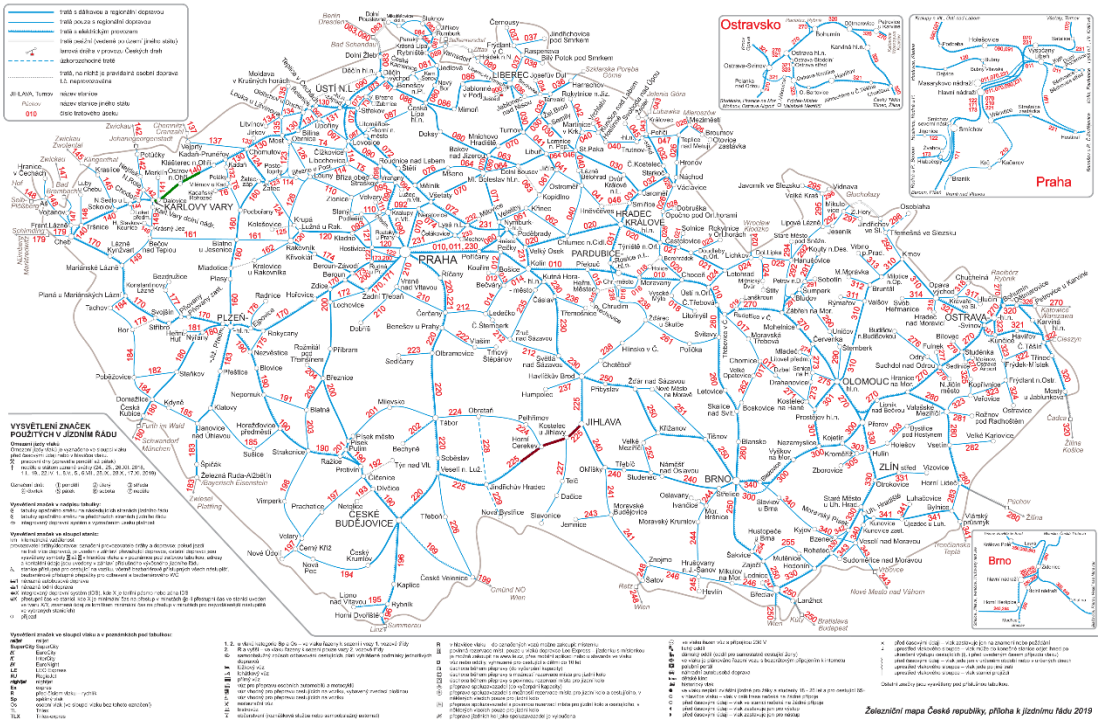


Figure 2. Plan of Czech railway network; line Karlovy Vary – Stráž nad Ohří marked in green, Jihlava – Jihlávka in brown. (Source: Czech Railways passenger timetable)

3. RESULTS

For the equivalent comparison of the energy consumption of all types of locomotives, the weighted sum method was chosen, where the total traction energy consists of:

- for a diesel loco only the diesel consumption, converted by the calorific value of diesel
- for an electric loco only the consumption of electricity
- for a hybrid loco with auxiliary diesel engine the consumption of electricity, added up with a diesel consumption of the auxiliary diesel engine and converted by the calorific value of diesel
- for a dual loco with traction battery the consumption of electricity, added up with a consumption of electricity when running on battery power

Total amount of consumed energy **Q** is based on the following formula

$$Q = q_D + q_E + q_A \ [kWh] \quad (3)$$

where $\mathbf{q_D}$, $\mathbf{q_E}$ and $\mathbf{q_A}$ are specific traction energy consumptions for every traction mode (diesel, electric, battery).

Energy consumptions of the locomotive types are illustrated by the two following tables:

Table 7. Energy consumption of all types of locomotives on the line Karlovy Vary – Stráž nad Ohří

Class	Loco type	Total (day) E [kWh]	Total (year) E [kWh]
742	Diesel	2 617	392 619
210	Electric	978	146 659
218	Hybrid	920	137 981
219	Dual	892	133 772

Table 8. Energy consumption of all types of locomotives on the line Jihlava – Jihlávka

Class	Loco type	Total (day) E [kWh]	Total (year) E [kWh]
742	Diesel	4 969	1 242 132
210	Electric	1 932	483 106
218	Hybrid	1 913	478 352
219	Dual	1 830	457 555

As can be seen from the tables, when using a locomotive with a predominantly electric drive, the savings are up to approximately 75% of the energy consumption. The significant difference is mainly due to the significantly lower energy consumption when in station and also when running without power. Second reason is using the recuperation, allowing the return of kinetic energy in the form of electrical energy back to the overhead catenary line. It should be noted that the method of powering the locomotive during shunting (electric, diesel, battery) has no significant impact on the overall costs of energy. It must be borne in mind that, particularly in terms of acquisition and maintenance costs, there can be significant differences between different types of locomotives. It is essential not to use a diesel engine on electrified lines as most of the energy is consumed when travelling between stations. Importance of these travel times was investigated in detail by Drábek et al. (2016).

4. DISCUSSION

The above comparative examples cannot cover all aspects of the operation of railway traction vehicles. However, it is clearly evident that in freight transport, an electric locomotive or locomotive with second power source can bring significant energy savings with corresponding cost savings.

Dual locomotives can be deployed for wide spectrum of operations in freight transport – for example, electric locomotives with an auxiliary diesel engine are suitable for trains where the origin/destination station is not far from the electrified line and the track conditions (gradient, operation on the line) do not require high off-line power. Such a locomotive can also pull a train from a marshalling yard or similar location, such as car factories, coal mines, etc., instead of a diesel locomotive.

Many operators are also trying to reduce operating costs for shunting. Modern shunting locomotives with sufficient power (i.e. from batteries) can then replace conventional diesel locomotives at shunting yards and local freight trains such as the examples above. One practical example is the Eem 923 class locomotive (manufactured by Stadler), which is already being used successfully for this purpose in Switzerland and its performance is mentioned in factory material by Stadler. The main benefit of using these high-performance dual locomotives is the reduction of running times and also the reduction of emissions. The running time is directly proportional to the power of the vehicle (Eem 923 class: 1,500 kW in electric mode, conventional diesel locomotive: approx. 700–800 kW).

Hybrid and dual locomotives can also be used in passenger transport. However, their potential application is much more specific. It is possible to think about their deployment on lines where part of the train route runs on electrified lines and part on non-electrified lines. A typical example is the EuroCity train from Prague to Munich, where the sections Prague – Plzeň and Schwandorf – Munich are electrified, while the middle section between Plzeň and Schwandorf is not. The current situation means changing the locomotive twice, as well as two changes of the direction, but the dual locomotive (with a driving wagon) allows the train to be pulled along the whole route and reduce the overall travel time. Similar examples can be found for example on some long-distance lines in Poland, as well as all over Europe. Typical example of this line presented Vávra et al. (2020).

5. CONCLUSION

Using practical examples from regional freight trains on electrified lines, it has been shown that a dual-source vehicle can suitably replace a conventional diesel locomotive and its use results in energy savings of up to three-quarters. Particularly with regard to the cost of traction energy, this may be one suitable solution to make the operation of these trains more efficient. The main goal is the replacement of conventional diesel locomotives in all transport spectrums where conditions allow the use of locomotives with lower emissions (mainly electric or battery locomotives). Electric locomotives with diesel engines could also save costs for operators, which are affected by having to use a second (diesel) locomotive to cover short sections of the train route (the so-called "last mile").

A second important issue is to think about the origin of the energy used to power trains. At present, the situation varies considerably between European countries and the differences between countries are significant. A detailed comparison of these approaches and energy sources may be a topic for further research in this area.

6. REFERENCES

Eurostat (2022). Where does our energy come from? Eurostat statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/energy-2023

Statistická ročenka Správy železnic 2020. Správa železnic.

Cargo calculations. Transport measures. https://www.transportmeasures.org/en/wiki/manuals/all-modes/1-2-calculations/

Pohl, J. (2020). Metodika výpočtu energetické a emisní náročnosti dopravních systémů. Siemens Mobility.

Drábek, M., Janoš, V., & Michl, Z. (2016). Quantitative Determination of Bottlenecks in Railway Networks with Periodic Service. Proceedings of 20th International Conference Transport Means 2016, 1, 594-598.

Vávra, R., & Janoš, V. (2020). Long-Distance Railway Passenger Transport in Prague - Dresden/Cheb Relations. Modern Traffic Engineering in the System Approach to the Development of Traffic Networks, 1, 257-274.

Zweikraft-lokomotive Butler. Stadler Rail. https://www.stadlerrail.com/media/pdf/l923sbb0311d.pdf

Janoš, V., & Kříž, M. (2016). Infrastructure Parameters Affecting Capacity of Railways in TEN-T. Acta polytechnica CTU Proceedings, 1, 22-25.

Gašparík, J., & Cempírek, V. (2019). Railway Infrastructure Capacity in the Open Access Condition: Case Studies on SŽDC and ŽSR Networks Infrastructure. Transportation Systems Analysis and Assessment, 1.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

ASSEMENT OF TERMINAL STATIONS OPERATION: AN INTEGRATED METHODOLOGY

Gabriele Malavasi[a], Stefano Ricci[a]

[a] *Sapienza università di Roma, DICEA, Development & Innovation in Transport Systems, Via Eudossiana 18, 00184, Roma, IT, gabriele.malavasi@uniroma1.it , stefano.ricci@uniroma1.it*

Abstract: *The paper explains an integrated methodology for the operational assesment of a terminal station, starting from the complexity of trains and routes management due to the extension of the dwell time required for the reversing manoeuvre. The original research introduces an integrated methodology to assess the operational modes of the stations and their best management. The analysis is based on three methodological steps corresponding to partial subproblems and their sequential merging represents the integration. The application to the important case of study of the Santa Maria Novella station in Florence completes the work.*

Key words: *railway, traffic, capacity, simulation, manoeuvres*

1. INTRODUCTION

The calculation of the capacity of a terminal station is a key issue of the railway operation. The present paper provides a contribution to this subject by explaining original methodologies to be easily applied to various infrastructures lay-out.

The logical scheme includes the subdivision of the general problem into three different, independent steps, respectively focused on:

- Simplification of the station lay-out,
- Reduction of the number of routes,
- Evaluation of the capacity.

The methodological approach is exemplified by a case study application to the Firenze Santa Maria Novella station.

The first model focuses on the existing interaction between lay-out and operation, with the final aim to determine a standard and univocally reproducible criteria for the simplification of complex station lay-out by their decompostion into elementary sub-stations. The following step is the simplification itself of each elementary sub-station by selecting the minimum set of routes to connect lines and station tracks.

In this framework, the stochastic simulation of trains entering and exiting the station is based on asynchronous criteria (Hlupic, Robinson, 1995) (Johansson, Palmqvist, Sipilä H, Warg, Bohlin, 2022): the stepwise calculation is related to selected operational events generated on a random basis. Such a model aims at evaluating the capability of a station to operate with a defined traffic volume (Kianinejadoshah, Ricci, 2022).

The results obtained by the simulation have been successfully validated by their comparison with the results of the application of the consolidated Potthoff methodology (Potthoff, 1970) (Malavasi Molková, Ricci, Rotoli, 2014), Finally, a possible path towards the further development of the research was identified.

2. METHOD

2.1. Simplification of the layout

For the study of the capacity of the large stations, the traditional methods require the ccheck the compatibiliy of routes by means of huge matrices. Therefore, the decomposition, consisting of the subdivision of the layout into specialised sub-stations, may be a useful tool, both for operational and computational reasons.

In a terminal station, these aspects are more emphasised because of the longer dwell time required to allow the reversing manoeuvre. In particular, the dimension and the complexity of the station may be summarised into the following three indicators:

- number of station tracks,
- number of converging and diverging lines,
- number of entering and exiting routes.

Figure 1 represents the dchematic layout of the Firenze Santa Maria Novella station, consisting of 16 tracks, 3 double track lines and 256 routes.

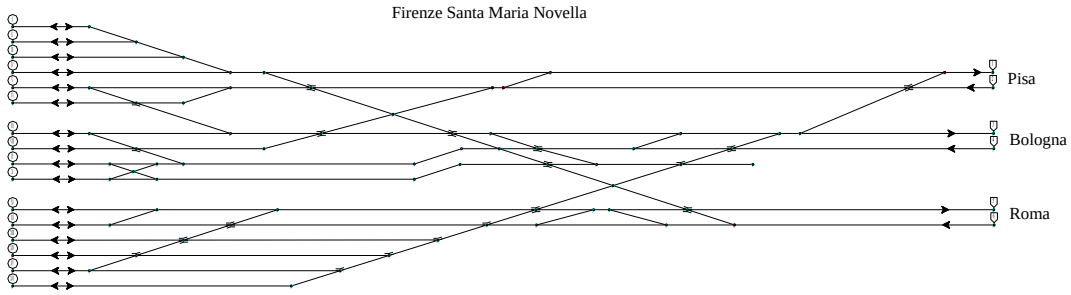


Figure 1: Firenze Santa Maria Novella station schematic layout

The specialisation of the tracks results from the operation, which includes different train typologies: i) regional and interregional trains, mainly with fixed origins and destinations and cyclic timetables, with medium-long dwell time; ii) long distance trains, with shorter dwell time.

The specialisation itself consists of the use of a group of tracks (*elementary substation*) by a single train typology, with independent compatibility submatrices. The functional analysis of the groups of tracks may be carried out by means of the *Müller figure*: a graph with links (train flows) connecting the nodes (lines and groups of tracks in the present case).

In principle the lay-out allows the bi-directional link among all the station tracks (16) and all the lines (3), therefore the total amount of potential routes is at least 16 x 3 x 2 = 96. In the real situation, the variety of routes is higher and total amount of the routes is 256 (2,7 alternative routes per link). In figure 2, it is represented the results of the functional subdivision of Firenze Santa Maria Novella station, in which the green links represent higher flows.

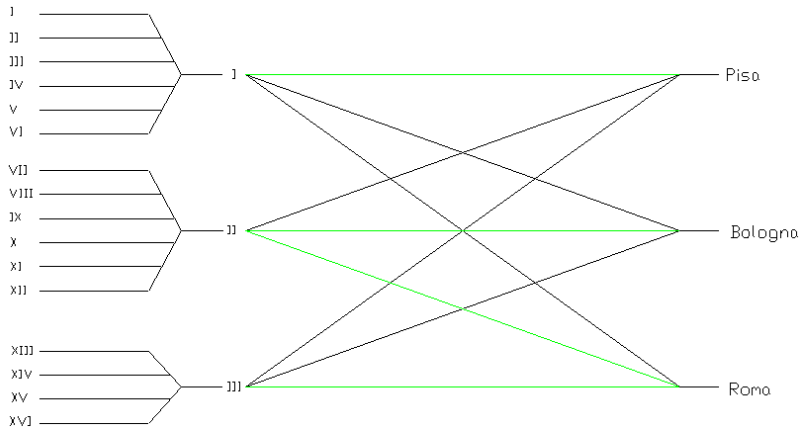


Figure 2: Firenze Santa Maria Novella station subdivided into three groups of tracks (elementary substations)

The submatrices are developed from the complete compatibility matrix, where the routes not included in the operational scheme represented in figure 2 have been eliminated. A further reduction is possible by considering only the most densely used routes (green links in figure 2), that reduces the number of routes to 44 and the simplified schematic layout to be subdivided into two independent functional areas (figure 3).

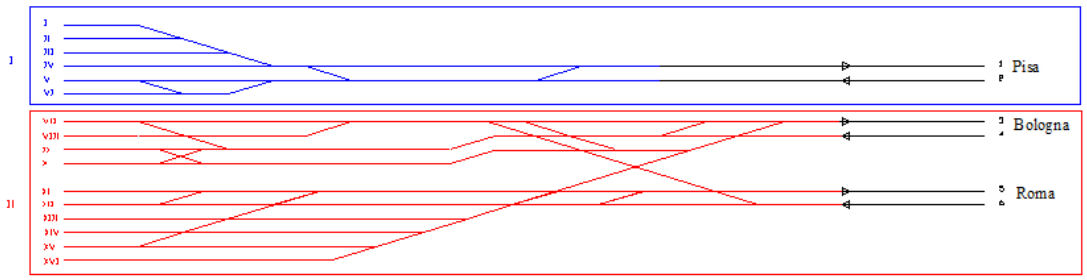


Figure 3: Subdivision of the Firenze Santa Maria Novella station into 2 independent functional areas

To calculate the number of tracks required to fully perform the functions of each area, the model includes the development of a filling curves analysis. In the present application the time required to perform all the terminal station functions includes both the passengers exchange and the reversing manoeuvre with the related operation.

It is possible to check the operational feasibility of the simplification process by the filling curves. In figure 4, it is represented the filling curve of the first group of tracks (the blue one in figure 3), which highlights that, with the present flows and stopping times, 6 tracks are largely capable to satisfy the present traffic demand and dwell times up to 33 minutes are compatible with the morphology of this substation lay-out.

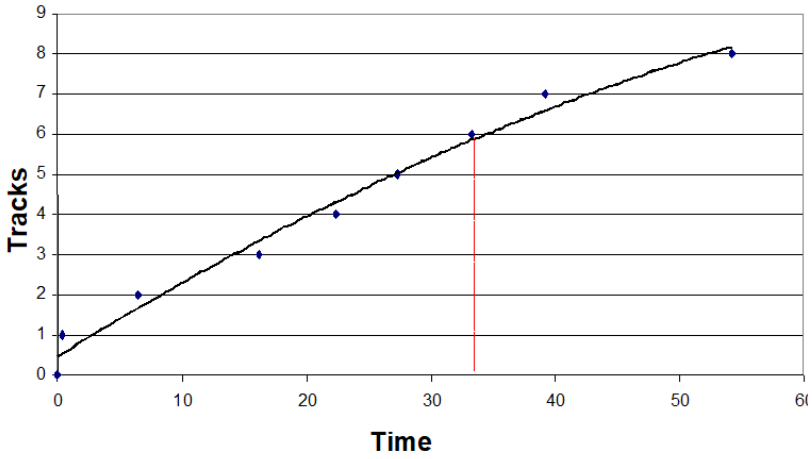


Figure 4: Filling curve for the first (blue) group of tracks

2.2. Reduction of the number of routes

From the previous analysis, it results that very often for a single link between a line and a station track various alternative routes exist. Therefore, a methodology capable to select the most effective of these routes based on both an operational (minimum time) and a topological (minimum number of conflict points) criterion might be very useful.

The operational criterion is based on the locations of switches, imposing a speed reduction when run in reverse positions: the preferred route would include the minimum number of switches to be run in reverse position. Moreover, to allow a progressive variation of the speed, the preference is to delay reverse switches on entering routes and to anticipate reverse switches on exiting routes.

The topological criterion is only based on the analysis of the whole compatibility matrix: by means of a specific algorithm, it is looked for a submatrix with the maximum number of compatibilities (minimum number of potential conflicts, which means maximum global station capacity).

In figure 5, an example of different choices is shown. In the most cases, operational and topological criteria provide similar results. Nevertheless, a deeper analysis shows that higher capacity (lower utilisation rate) is normally reachable with the topological criterion.

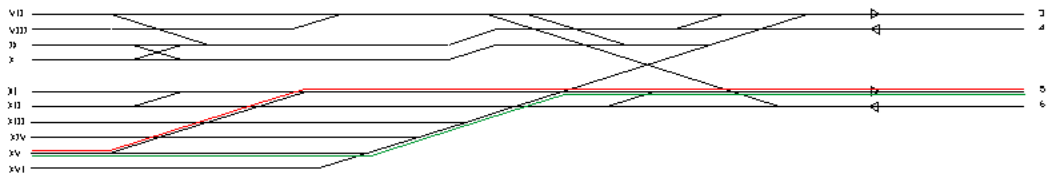


Figure 5: Comparison of alternative routes according to operational (green) and topological (red) criteria

2.3. Evaluation of capacity by means of a simulation process

The simulation has been carried out by means of a mathematical model capable to deal with stochastic events, such as the train arrivals to the station. The model is sequential to the train movements, defined by almost fixed time steps in correspondence to the occupation and the release of various objects (track circuits, switches, station tracks, etc.) composing the routes, summarised by the logic of:

- *a routes matrix* (I), including as many rows as the corresponding time slots and as many columns as the routes themselves: each cell can assume the value 0 (free slot), 1 (occupied slot) or 2 (slot interdicted by the occupation of another route),
- *a station tracks matrix* (B), including as many rows as the corresponding time slots and as many columns as the station tracks themselves: each cell can assume the value 0 (free slot) or N (slot occupied by the train N).

When a train arrives, based on the *first in first out* logic, the following actions are performed:

- search of a free station track,
- check of the freedom for the entire time required to run the corresponding route linking the arrival line with the selected station track,
- check of the freedom of the station track for the entire dwell time,
- check of the freedom for the entire time required to run the corresponding route linking the selected station track with the departure line.

In case of all positive checks, all the corresponding objects are occupied, the B and I matrices are compiled. In case of at least one negative check, the following station track, and time slot (*train delayed*) is checked. The total delay imposed to the trains may be considered an inverse carrying capacity index.

The stochastic aspect is included in the time arrivals of the train to the station, which is selected as a random time interval from the arrival of the preceding train, with the constraints of the minimum line headway, and a desired value.

After an entire simulation cycle, it is possible, by means of the B matrix, to verify the occupation state of each station track (number of trains and track occupation time) and derive the total occupation rate to be compared with the results of the application of synthetic methods, such as *Potthoff* method.

Starting from the occupation diagram (figure 6), it is possible to calculate an *Occupation Index* (OI), as the rate between the track occupation time and total simulation time (T_{sim}).

Let be T_{free} the time corresponding to the green segments' summation, therefore it is:

$$OI = \frac{Tsim - Tfree}{Tsim} \quad (1)$$

corresponding to:

$$OI = 1 - \frac{Tfree}{Tsim} \quad (2)$$

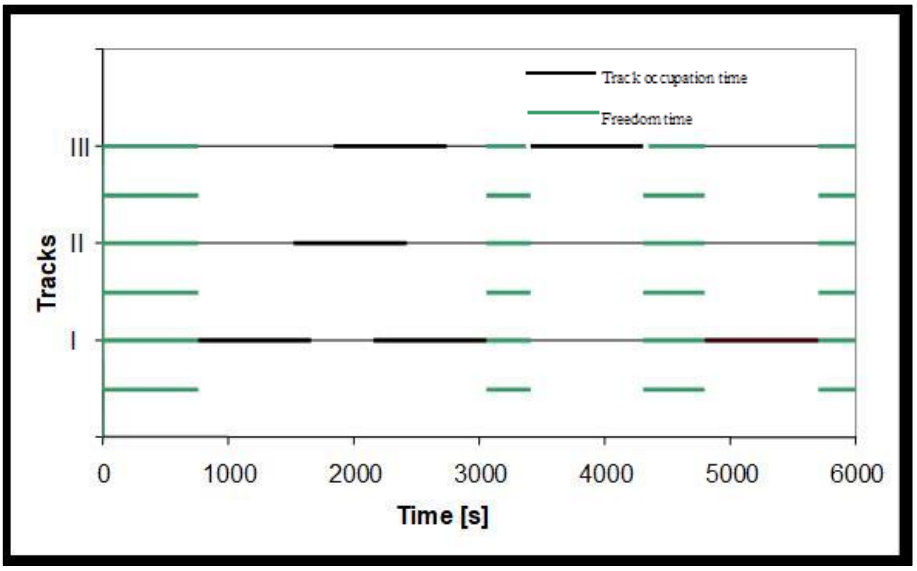


Figure 6: Occupation diagram for 3 station tracks

Where T_{sim} - T_{free} may be considered the occupation time.

Another typical parameter is the total waiting time for each train: the delay *R*.

Based on the total delay for all trains and the total number of trains (*N*) it is possible to calculate the mean delay (R_{med}) generated by the simulation:

$$Rmed = \frac{\sum_i Ri}{N} \tag{3}$$

with the summation extended to the delayed trains only.

Concerning the simulation results, it may be noted that:

- the *OI* variation is small within the same class because dwell times and *N* are considered constant,
- on the opposite, a stronger variability through the iterations is characteristic of R_{med}; therefore, a confidence analysis, based on a fixed punctuality level, is due.

The result of the confidence analysis is the minimum number of iterations to grant reliable simulation results. Therefore, the following actions should be performed:

- calculation of the first *n* iterations producing a first series of values $\{y_1, y_2, \ldots, y_n\}$ of the performance variable,
- calculation of mean and variance values of these values:

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} \tag{4}$$

$$S^2{}_n = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y})^2}{(n-1)}, n \geq 2 \tag{5}$$

They are estimations, based on the available results, of the true unknown mean and variance values. Based on the fixed confidence interval *d* (maximum error tolerated for the mean value) and the confidence level *a* (probability to have an error smaller than *d*) it is possible to determine the parameter Z_a and decide if the number of iterations is enough by the key equation:

$$S^2{}_n \leq \frac{n * d^2}{Z_a{}^2} \tag{6}$$

Should the iterations be not enough, an additional amount of *k* iterations is required, where is:

$$k = \left(\frac{Z^2{}_\alpha * S^2{}_n}{d^2}\right) - n \tag{7}$$

The new verification of equation (6) with $n+k$ instead of *n* and S_{n+k} instead of S_n, may show the need of further iterations. Figure 7 shows the number of iterations required to ensure that the mean value is, with a 95% probability within the $\pm d$ confidence interval (number of iterations where the blue curves are included in the red ones).

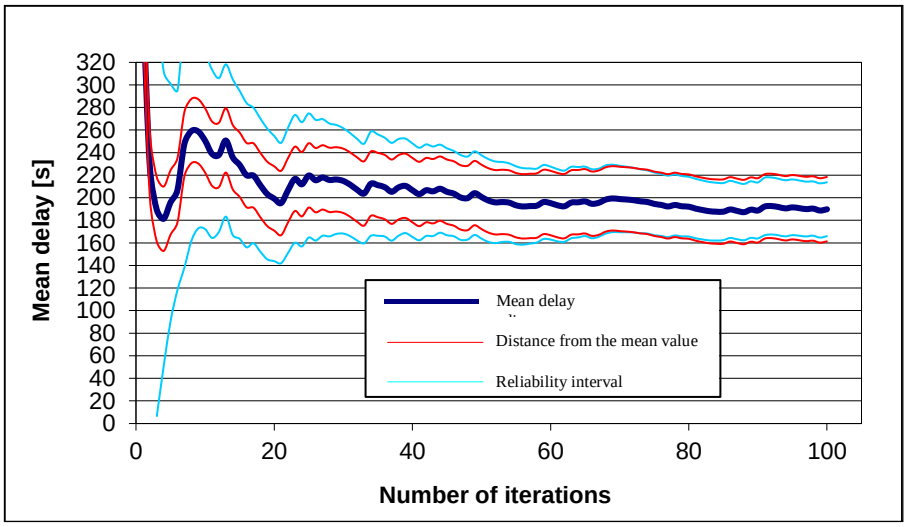


Figure 7: typical trend of convergence of mean delay

3. DISCUSSION OF RESULTS: SIMULATION AND SYNTHETIC METHODS

To validate the simulation approach, as well as to investigate the most appropriate application field of various methodological approaches, a comparison between the results obtained by means of the simulation and by means of synthetic models has been performed.

The methodological comparison has been developed for the specific application of the terminal stations and with reference to the case study of Firenze Santa Maria Novella. For the comparison, it has been applied the well known and widely experimented Potthoff model (Potthoff, 1970).

In figure 8 the results of the comparison are shown with reference to the total matured delay; the main resulting highlights are the following:

- a good correspondence of results exists for low traffic levels (up to 10-15 trains in the case study) and for high traffic levels (about 35 trains in the case study),
- a dramatic trend towards the saturation of the station is highlighted by the simulation method over a defined traffic limit (about 35 trains in the case study),
- the synthetic model shows a more regular increase of the delays up to higher traffic levels (about 45 trains in the case study).

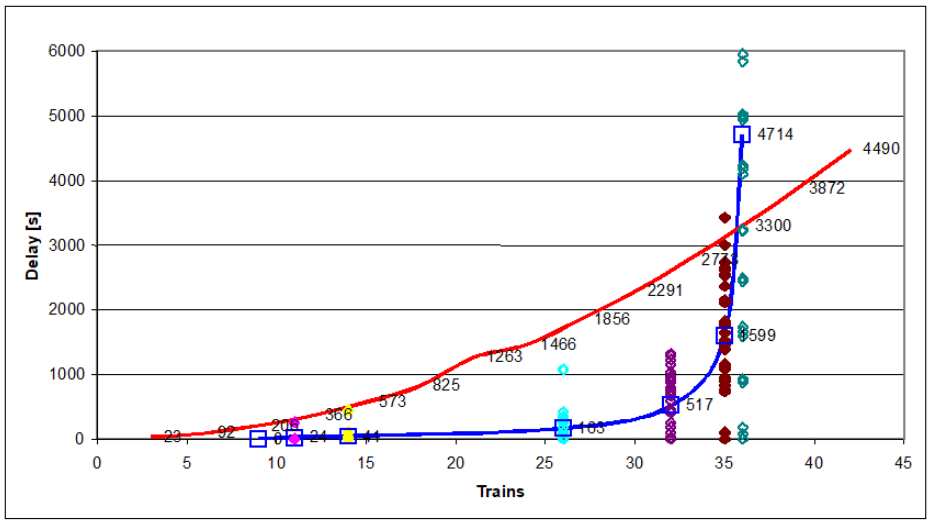


Figure 8: comparison of delays: simulation (blue) vs. Potthoff methods (red)

4. CONCLUSIONS AND RESEARCH DEVELOPMENTS

The study focused to build up a largely applicable analysis methodology, potentially useful for any station (layout independent) and any traffic condition. The methodology may be summarised by the following operational steps:

- Simplification of the station lay-out,
- Reduction of the number of routes,
- Evaluation of the capacity.

The methodology has been successfully tested on a complex terminal station layout, which normally includes operational and computational complexity; therefore, no problems may be envisaged for its application to the simpler cases of the transit stations. The results of the validation on a very complex station lay-out have been largely positive, nevertheless, to better define the application field of the methodology, a wider set of tests will be necessary.

Moreover, further developments of the research will focus on the progressive automation of the first steps of the procedure aimed to the reduction of the problem complexity level (simplification of the station layout and reduction of the number of routes); therefore, a set of weighting criteria, such as number of trains on various routes, for the fragmentation of the compatibility matrix in independent sub-matrices, will be identified and compared.

5. REFERENCES

Hlupic V., Robinson S. (1995) - Successful simulation: A practical approach to simulation projects. Journal of Operational Resources, 46.

Johansson I., Palmqvist C.W., Sipilä H., Warg, J., Bohlin M. (2022) - Microscopic and macroscopic simulation of early freight train departures - Journal of Rail Transport Planning and Management. 21.

Kianinejadoshah A., Ricci S., 2022 - Capacity Assessment in Freight-Passengers Complex Railway Nodes: Trieste Case Study. Infrastructures 7.

Malavasi G., Molková T., Ricci S., Rotoli F. (2014) - A synthetic approach to the evaluation of the carrying capacity of complex railway nodes - Journal of Rail Transport Planning and Management, 4, 28-42.

Potthoff G. (1970) - Verkehrsströmungslehre. Band 1. Die Zugfolge auf Strecken und in Bahnhöfen - Transpress VEB

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

RAIL FACTOR AND ITS PERCEPTION IN SMALLER REGIONS – LOVOSICE CASE STUDY

Stanislav Metelka[a], Vít Janoš[a]

[a] *CTU in Prague, Faculty of Transportation Sciences, Department of Logistics and Management of Transport, Horská 3, Praha 2, 128 03, Czechia, metelsta@fd.cvut.cz, janos@fd.cvut.cz*

Abstract: Objectives. *The paper aims to observe the passengers´ attitude towards modal choice regarding the rail factor, a possible preference of the rail-based public transport modes in otherwise similar transport supply conditions. The existence of the rail factor is surveyed regarding the tolerance of the passengers towards the expected longer station approach times or travel times with the regional railway line to be reintroduced in comparison to the existing regional bus lines.* ***Approach****. Before the reintroduction of the railway line no. 113 Most - Lovosice, an online survey with the passengers along the line was conducted. The respondents were asked about modal choices regarding their requirements on the operation frequency and conditions of a possible change in favor of rail-based modes.* ***Results****. The respondents found the train more comfortable, and it is likely to be chosen for the unspecified general journey. However, the regional train should not be considerably slower than the competing bus should the passengers switch in favor of the train.* ***Contribution.*** *The collected SP data combined with the RP data (transport survey) form the basis for a determination of the rail factor role in regional transport as shown with the case study of the reintroduced line no. 113.*

Key words: *regional railway line, modal choice, modal attractivity, travel time*

1. INTRODUCTION

When perceiving means of public transport with similar service and performance characteristics, the passengers´ approach to them is different (Cain et al., 2009) and rail-based means are supposed to be superior. The phenomenon of rail factor or rail bonus (rail bias) has been described as an inherent, intangible, and even emotional-based passenger preference (Scherer, 2012) for rail-based public transport systems (railway, trams, trolleybuses) over road-based ones. It is often experienced that the new rail-based mode can attract more passengers than the initial bus lines with similar characteristics in terms of tangible modal choice variables such as travel time, travel costs, number of transfers or accessibility. This tendency is also to be seen with cities of comparable size where one city has an electric-powered public transport mode and this city reports a higher modal share of public transport. A similar effect is expected to be present with regional transport, although the accordingly comparable services in the scarcely populated regions are hardly to be found.

According to previously presented research, opinions on the relevance and even presence of the rail factor are mixed and may even be dependent on the geographical and socio-demographic conditions. In general, more studies concerning urban systems seem to be conducted. Axhausen et al. (2001) presented a before-after study of the reverse change from tram to bus service with the conclusion of a small but existing influence of the rail factor in favor of the tram. An influence of the positive rail factor towards the tram by different passenger types explained by intangible variables such as vehicle atmosphere, travel information and subjective comfort was presented by Bunschotten et al. (2013) who also estimated a positive influence on the ridership as 12 %. Contrary to that, Ben Akiva and Morikawa (2002) argue the factors are not specific to rail and there is no rail bonus provided the high-quality BRT system is to be considered. Among the studies focusing on regional rail, both Megel (2002) and Barth et al. (2020) stated the positive rail factor influence differs with age groups and passenger modal captivity.

Despite the attitudes commonly accepted by practitioners, the impact of the rail factor has never been truly researched as there were not any before-after data sets for the Czech conditions. This situation changed with the reopening of the disused regional railway line no. 113 between Lovosice and Most in the Ústí Region which

meets the worldwide phenomenon of regional railway modernization (Veit et al., 2018). Together with consequent transport surveys in the relevant regional bus and railway lines (Metelka and Janoš, 2022), a sociologic survey was organized to determine the passengers´ attitudes towards the new concept and potential modal changes.

2. METHODS

The survey was conducted at the beginning of December 2019 shortly before the reintroduction of the regular train service on the upgraded railway line no. 113 Lovosice – Most after 12 years without train service compensated by regional bus lines. Because of the time consent, the online form was chosen as the best means to attract a higher number of participants, especially those who reside along the railway line. Because the questions were mainly focused on line no. 113 and its surroundings, the passengers that do not reside in the Ústí Region or do not commute to it were omitted from the results.

The total number of participants was 164 and their characteristics influencing the results are demonstrated in the following sections.

2.1. Demographic structure

Considering the age stratification of the respondents a realistic representation of the population in the Ústí Region was achieved as there were over 70 % of the people who belonged to major age groups 27–40 years and 41–65 years (see Table 1). The group of school children and students as typical public transport users in two age groups 0–15 and 16–26 years nearly 25 % of the respondents. The former age group was less frequent than with the normal population (less than 2 %) due to the distribution channel of the survey (local websites of the villages and the Region etc.) and related unwillingness to fill in the online form. A similar problem was encountered with the people older than 65 years where the shares were despite the short amount of time over 4 %.

Table 1. Demographic structure of the participants (N=164)

Age of the participants	0–15	16–26	26–40	40–35	66+
Share	1.2 %	23.8 %	34.8 %	36.0 %	4.3 %

The classification according to economic activity shows that over 70 % of the passengers are standard taxpayers and 16.5 % represent high school or college students. The reasons for lower shares of retired people (6 %) and the absence of elementary school students were mentioned above.

2.2. Relationship to public transport

Most of the respondents (over 63 %) use public transport for regular journeys whereas about 28 % are occasional users. Many of them may use annual or seasonal passes (Kříž and Janoš, 2019) and thus form some kind of captive riders as the transport supply is less variable in the small region and the ownership of the passes reflects the frequency of use. In these groups of public transport riders, over 60 % use the regional bus service between Most and Lovosice. The rest of the respondents claim that despite not using public transport now they are not strictly against it. This fact confirms that no captive drivers participated in the survey as there is hardly any reason for them to fill in the form. The most frequent reasons for not using public transport are car ownership long travel times reached by public transport and long distances to public transport access points.

3. RESULTS

In this chapter, the perception aspects of the regional railway line are presented.

3.1. Comfort

As only the stated preferences were collected an objective methodology of the qualitative assessment could not be applied. Therefore, the presented data are focused on the subjective perception of the participants.

When comparing regional buses and regional railways in general without further localization the train is strictly preferred (see Table 2). For a non-specific regional journey, almost 80 % of the respondents choose a train and a similar number of participants perceive the train as more comfortable than the bus. The data indicate that if there are similar key performance characteristics e.g. travel time with the bus and the train, the train may carry more

passengers than the bus with the same parameters. Such a result was expected in terms of the rail factor influence.

Table 2. General modal preferences of the respondents (N=164)

Aspect	Train	Bus	No difference
Preference for general regional journey	79.3 %	20.7 %	–
Perceived as more pleasant and comfortable	79.3 %	8.5 %	12.2%

3.2. Frequency

The respondents who stated they did not know the planned operational concept for the reopened railway line no. 113 were asked about the operation frequency of the new line on workdays. The desired operation frequencies that alone may convince the respondents to take the train are shown in Figure 1.

Some 70 % of the respondents answered in favor of the new operation concept (train every 60 min during peak hours with the period fluctuation (Drábek and Pospíšil, 2018) to 120 min during off-peak hours) with the 60 min headway being strongly preferred. The results fully correspond to the authors´ expectations and support the claim that an attractive regional public transport supply may be reached if there is at least a 60-minute headway on offer in the core network during peak hours.

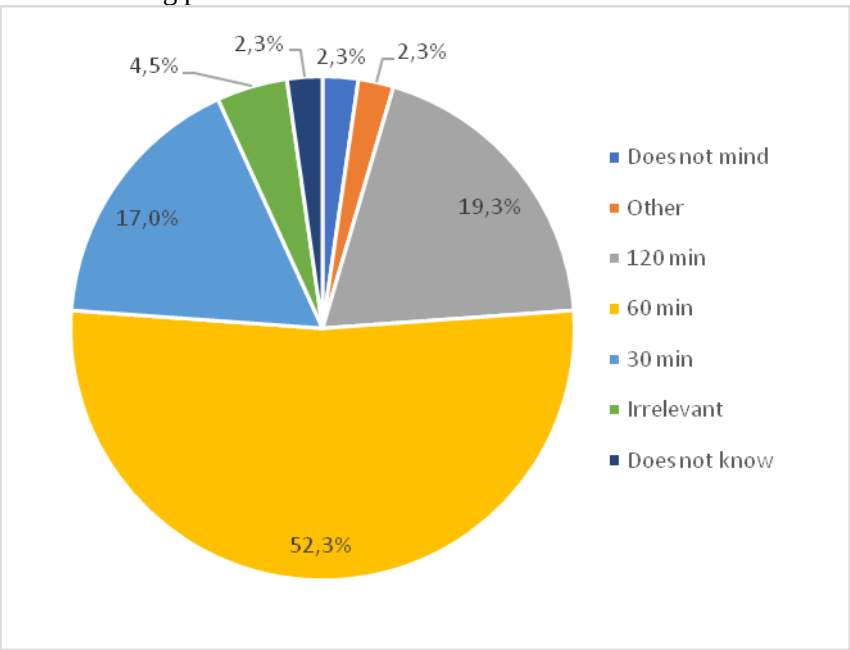


Figure 1. What is the minimum headway during the weekdays for you to start using the train? (N=88)

3.3. Travel time

The same group of respondents was asked about their door-to-door travel time perception regarding different modal choice possibilities. The original door-to-door travel time reached by a regional bus was set to 30 min and the reaction to possible travel time extension when switching to the regional railway was a subject of the survey. The respondents were introduced to a realistic span of travel times usually reached by short or medium regional public transport journeys between 20 and 60 min.

The results are shown in Figure 2. Approximately one-third of the respondents were unwilling to any door-to-door travel time extension and even wanted to shorten the door-to-door travel time reached by train whereas more than 20 % even wanted to shorten the travel time by one-third. This phenomenon may be caused by a public image of the train as a fast means of transport and travel time reductions may fit in. However, another third accepts the original travel time, and the last third could cope with a travel time extension.

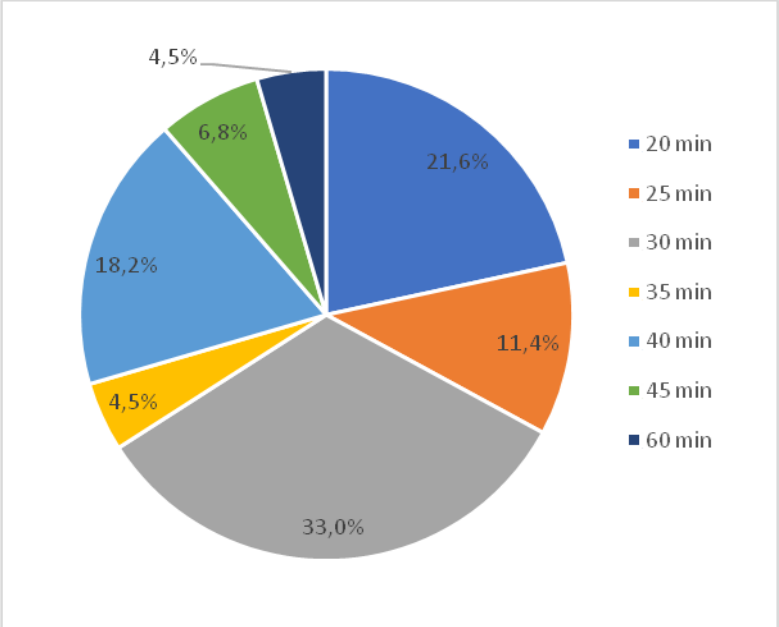


Figure 2. If your door-to-door travel time by bus is 30 min, what travel time would you accept by train with the same journey? (N=88)

The original hypothesis with prevailing preservation of the original travel time and slight preference in favor of mild travel time extension could therefore not be confirmed. It also shows that the passengers are quite sensitive to door-to-door travel time value and if there is room for its change or a tolerance of its extension, minor changes such as 5 min are less important. However, the influence of the rail factor may be contained in the fact that even with the train being less accessible (usually longer distances to its stops in comparison with bus stops), the overall travel time seems to remain the same which indicates the willingness of the respondents to approach the more distant train station and to compensate for this discomfort by faster and more comfortable train ride.

3.4. Potential modal shift

Despite the reintroduction of the disused regional railway line no. 113 with 60- or 120-minute headways since December 2019, the Ústí Region decided against reducing any of the bus lines between Most and Lovosice so the new train line is a significant extension of the regional public transport supply. After some evaluation of the new concept, related partial bus line reductions and the modifications of the transport supply in favor of the new railway line are to be expected since not only operation concept changes but also the inevitable infrastructure means for travel time reduction were introduced. Only the combination of these factors in contrast to the mere reintroduction of the railway operation may contribute to relevant modal split changes.

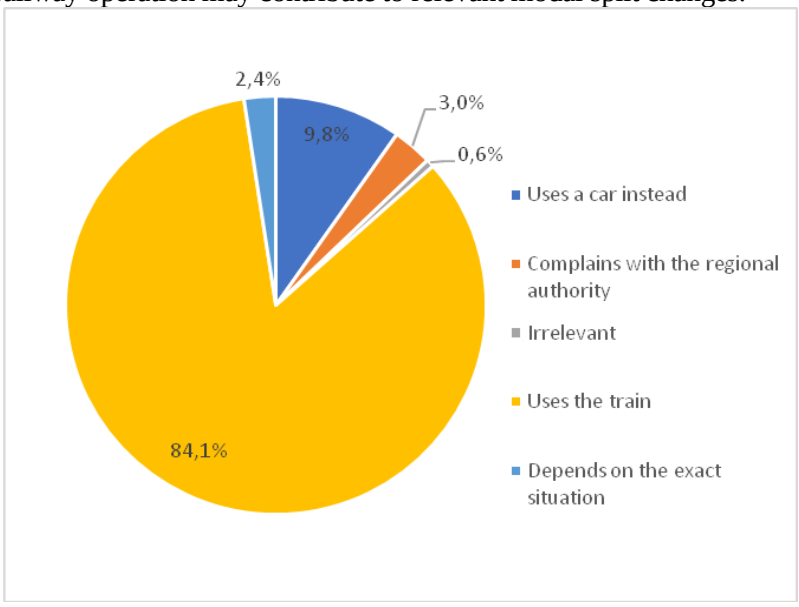


Figure 3. What would you do if there was a significant reduction of the current bus lines in favor of the train with a similar timetable? (N=164)

All respondents were asked if they were going to use the train as a potential substitution for the bus with similar timetable features. The results presented in Figure 3 show that the train is an acceptable alternative for more than 80 % of the respondents. Only 10 % of people would switch to individual transport and for 3 % such change would be the subject of an official complaint. These results may also mean that the new operational concept was designed to successfully meet the needs of its customers and that the rail-based mode with similar timetable features may compensate for the minor discomfort its distant access points may cause.

4. DISCUSSION

According to the data obtained from the SP-survey, if the passengers must choose between a train and a bus the train is preferred because of its comfort, speed, ability to carry bicycles or the on-board restroom. These qualitative aspects are similar to the intangible values identified by Bunschotten et al. (2013). Therefore, a better perception of the regional railway in comparison to the regional bus is present.

However, if the train cannot achieve at least similar values as the bus in terms of door-to-door travel time, the advantages mentioned above become neglected as the passengers are unwilling to accept longer journey times only because they can travel by train. This statement confirms the results given in the discussed foreign studies as tangible values must correspond to each other for the intangible rail factor to be estimated (Axhausen et al., 2001).

Despite the best efforts of the researchers, the collected data and the related claims are somehow limited by the data collection method. The online form used for the survey was not able to fully represent all the relevant age groups, especially the typical public transport customers. It does not include the proportional shares of the youngest schoolchildren that form an essential part of the public transport customers as captive riders in the regional bus lines. The online form may have been an obstacle for the elderly or retired passengers, too, resulting in potential changes in preferences (Megel, 2002).

In addition, the qualitative attitude of the participants may be influenced by the fact that the people with a natural interest in the railway mode are more likely to fill in the form. This fact was also confirmed by the absence of captive drivers with higher preferences for individual transport in suburban and rural areas (Braun Kohlová, 2009) in the survey. However, only the answers from the participants of the Ústí Region were considered to prevent undesirable preferences towards the popular railway mode based on pure fandom.

5. CONCLUSION

The study was conducted in separate stages using the opportunity to obtain before-after data sets collected with the reopening of the disused railway line upgraded to meet the standards of the substitute bus lines. The sociological survey confirmed the importance of the tangible variables used in macroscopic transport models (i.e. travel time), it, however, implied that should those be comparable, the rail-based public transport system is more likely to be chosen.

The Stated Preferences given by the passengers are to be further verified using the Revealed Preferences collected in a transport survey that was conducted after the pandemic in 2021 (Metelka et al., 2022) and is required to incorporate statistical measures to reflect the persisting influence of the reduced mobility with the passengers. The survey may help to determine if the passengers´ preferences and their transport behavior as stated preference correspond to their willingness to use the train rather than the regional bus lines as revealed preference. The comparison of the passenger numbers collected before the railway line reintroduction and after it may support the existence of perceived higher attractiveness of the rail-based transport modes called rail factor and further contribute to its research in the conditions of the Czech Republic.

6. REFERENCES

Axhausen, K. W., Haupt, T., Fell, B., & Heidl, U. (2001). Searching for the rail bonus: Results from a panel SP/RP study. European Journal of Transport and Infrastructure Research, 1(4), 353-369.

Barth, T., Katoshevski, R., & Shiftan, Y (2020). The Rail Bonus in the Israeli Periphery-the Emek Rail Line Case Study. https://transpor.epfl.ch/heart/2020/abstracts/HEART_2020_paper_112.pdf, 26. 8. 2023.

Ben-Akiva, M., & Morikawa, T. (2002). Comparing ridership attraction of rail and bus. Transport Policy, 9(2), 107-116.

Braun Kohlová, M. (2009). Everyday travel mode choice and its determinants: trip attributes versus lifestyle. European Summer School, Economics, Transport and Environment, Venice.

Bunschoten, T., Molin, E., & van Nes, R. (2013). Tram or bus; does the tram bonus exist? European transport conference, 1-18.

Cain, A., Flynn, J., McCourt, M., & Reyes, T. (2009). Quantifying the importance of image and perception to Bus Rapid Transit (No. FTA-FL-26-7109.2009. 3). United States. Dept. of Transportation.

Drábek, M., & Pospíšil, J. (2018). Fluctuations in passenger railway service period. Young Transportation Engineers Conference, 1-8. ISBN 978-80-01-06464-1.

Kříž, M. & Janoš, V. (2019). Factors Influencing Season Ticket Ownership: An Example from the Czech Republic. Transport Means 2019 - Proceedings of the 23rd International Scientific Conference, 398-402. ISSN 1822-296X

Megel, K. (2002). Bus oder Bahn? Präferenzen älterer Menschen im Regionalverkehr. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, 230.

Metelka, S., & Janoš, V. (2022). Post-Pandemical Regional Transport Demand Variations. Scientific And Technical Conference Transport Systems Theory And Practice, 3-14. Cham: Springer International Publishing.

Scherer, M. (2012). Bus or rail: an approach to explain the psychological rail factor. Journal of Public Transportation, 15(1), 75-93.

Veit, P., Fellendorf, M., Smoliner, M., & Hofer, K. (2018). Verkehrskonzept Steirische Ostbahn: Untersuchung zu den langfristigen Potenzialen, verkehrlichen und infrastrukturellen Entwicklungsmöglichkeiten der Steirischen Ostbahn.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR RAILROAD NOISE BARRIER

Hirut Grossberger[a], Lukas Stock[a], Frank Michelberger[a], Andrea Jandl – Rieger[b]

[a] *Carl Ritter von Ghega Institute for Integrated Mobility Research, University of Applied Sciences St. Poelten, 3100 Austria, hirut.grossberger@fhstp.ac.at*

[b] *Institute of History of Art, Building Archaeology and Restoration, Technical University of Vienna, A-1040, Austria*

Abstract: *Noise barriers are structures that inhibit the direct transmission of airborne noise emitted by traffic. They play an important role along railroad lines to protect residential areas from high noise pollution. Noise barriers are currently made of very energy-intensive materials such as concrete, glass, aluminum, impregnated wood, etc. In addition to the high costs and large amount of energy input during construction, a recycling process is rarely possible when the noise barriers should be replaced or demolished. Therefore, it is necessary to develop inexpensive and sustainable alternatives. With its low primary energy requirement, regional availability and complete recyclability, loam can be a best suitable alternative. Loam is produced in large quantities as excavated material during railroad and road construction. Hence, rather than disposing excavated material expensively, the direct utilization of it should be found out. In addition, loam offers an optimum sound insulation because of its mass and porous surface. The study identified and compared possible noise barriers techniques using loam. This contribution gives insight into (i) the building techniques could be suitable for noise barriers; (ii) the standards and regulatory frameworks as well as (iii) lifecycle costing and advantage of loam noise barrier as compared to the conventional ones.*

Key words: *railway infrastructure, loam, circular economy, excavated soil*

1. INTRODUCTION

Traffic noise is one of the major environmental nuisances. It increases drastically with increasing mobility. In Austria, there are numerous regulations governing noise abatement measures. In the case of active noise reduction, infrastructure operators primarily rely on structural measures at the noise source. In this regard, the Austrian Federal Railway, ÖBB Infrastruktur AG, for example, has built 950 kilometers of noise barriers along railroad lines. Over the past ten years, ÖBB has invested more than 20 million euros per year in noise protection measures (ÖBB INFRA, 2023). There are 1,393 km long (4.66 square kilometers) noise barriers along Austrian motorways and expressways (ASFINAG, 2020).

Noise barriers are mostly made of aluminum, concrete, wood, glass, gabions or a combination of those. In general, the construction sector requires enormous amounts of resources that accounts for about 50% of all excavation material. The sector is responsible for over 35% of total waste generation, 40% of energy consumption and 36% of greenhouse gas emissions in the EU (EC, 2022, EURACTIV, 2019). Life cycle assessment and ecoprofile comparison of noise barriers (4 m x 3 m) made of lava concrete and wood (Werner, 2019) shows that the cumulative primary energy consumption over the whole life cycle for concrete is 12726.7 MJ, for wood 10616.0 MJ as well as in terms of greenhouse gas emissions 895.7 kg CO2-eq and 176.4 kg CO2-eq respectively. The hot-spot analysis in the study shows that for wood, copper cover makes a total contribution of 60% of the environmental impact points, with the subcategories of "heavy metal emissions" and "air emissions" and "land occupancy" being the main contributors. For concrete, the highest contributions are caused by the subcategories "global warming potential," various "emissions to air and water" from energy production, and "use of fossil energy resources." cement is the most significant contributor. The construction industry is urgently seeking ways to achieve sustainability and is pinning its hopes on new construction using recycled or renewable building materials.

One of the most promising materials for a sustainable construction is clay. Clay is one of the oldest building materials and has been used for thousands of years. Clay is available in almost all parts of the world. Clay is also

produced as a waste product in road and rail construction that is deposited. However, instead of disposing of the excavated material at high cost, it could be used as a building material in a completely climate-neutral way. Clay can be 100 percent recycled and reused and is suitable for circular economy. This would have a positive effect on overall construction costs. Furthermore, clay is considered a particularly suitable nesting material for various insect species, which can contribute to the preservation of species and biodiversity. Clay is non-flammable, anti-allergenic and mold-inhibiting due to its pH value. Due to its permeable (porous and open to diffusion) structure, it also has a good acoustic behavior (Knapp, 2022). Although the use of clay to build houses or to seal foundations and walls is one of the oldest and most natural processes in construction, clay has not yet become a suitable alternative as a building material for noise barrier construction. The objectives of this contribution are to show to which extent clay can be used as an alternative sustainable building material for noise barrier construction. During the explatory study, the following research questions could be investigated: (i) which clay technologies can be considered and built as prototypes, (ii) which technical requirements and framework conditions in noise control construction in the railway system are to be considered, (iii) how the technical and economic efficieny of the clay noise barrier differes from the conventional ones.

2. METHODS

To answer the above research questions: an intensive literature review was conducted. That was strengthend by discussion with experts both from the field of railways (from Austrain and German Federal Railways – ÖBB and DB) as well as from clay construction fileld. This was implemented by organizing two expert's workshops. Moreover, statistical and acoustic calculations were performed followed by prototype development and simulations.

First general legal requirements (national and international (EU)) for specific construction measures were assessed. Furthermore, it is analyzed how far the legal basis can be adapted to noise protection construction made of clay. In the case of technical requirements, specific characteristics of clay construction as a noise barrier and its application in railroads are considered. Through an intensive exchange with stakeholders from the field, the framework conditions and possible synergies for the implementation of clay as a noise barrier in railroads are identified.

The project furthermore analysed clay construction techniques and their suitability for the puropose as noise barriers. The construction techniques such as tamped clay, cob walling, clay bricks, as well as composite clay are considered. The calculation of load carrying capacity as well as serviceability of the noise barriers in relation to the exerted mechanical loads such as wind load, aerodynamic loads due to train speed were calculated in rference to EUROCODE.

Those construction techniques are analysed and compared based the parameters such as stability (height-to-width ratio, maximum height, risk of tipping over, foundation, etc.); load-carrying capacity in Load-bearing capacity in relation to the pressure and impact of passing trains as well as weather resistance. Furthermore, a simplified life cycle cost (LCC) analysis is performed to compare the economic viability of clay noise barriers to the conventional noise barriers.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Railroad noise barrier technical requirements

Noise barriers used in rail traffic have different requirements than those used on highways. Dynamic loads from pressure-suction effects, their fatigue effectiveness and resonance effects, design specifications, standards and guidelines on acoustic properties and stability are different from those for highways.

The operational and technical specifications specific to railroads are regulated by various national and international standards. In Austria, the following standards apply: (i) clearance gauge regulated by EisbBBV, (ii) danger space, safety space, lateral safety distance regulated by EisbAV, (iii) approval procedure regulated by EisbG among others. In addition, the Austrian Federal Railways - ÖBB Infrstruktur AG has special specifications for clearance gauges based on EN 15273-4. There are different railway track cross-sections depending on such as the type of the railway line, the clearance gauge used, the maximum permissible speed. Figure 1 shows an example of a standard ballast cross-section for a double-track railroad line. This comprises the entire superstructure, including overhead contact lines, control and safety technology and noise barriers.

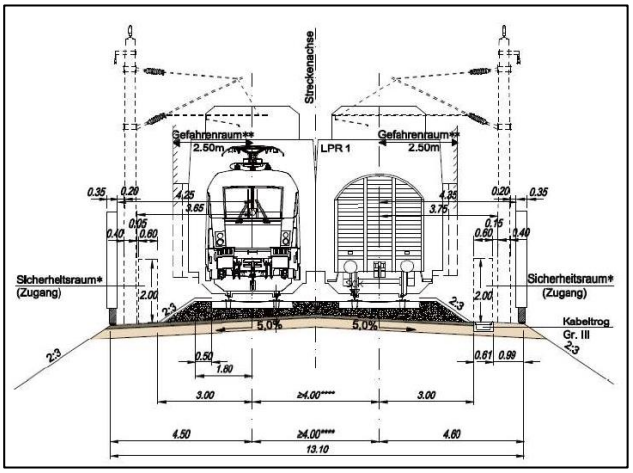


Figure 1. Standard railway double track crosssection of the ÖBB Infrastruktur AG

Noise barrier systems in the rail network are subjected to cyclic pressure/suction alternating stresses due to aero-dynamic excitations from passing trains. These stresses depend on the train speed and the distance of the noise barrier from the track axis among others. The design of the noise barriers for mechanical loads is carried out according to EN1990 and EN 1991.

3.2. Dimensioning and structural design

In this study four types of noise barrier types are analysed. The purpose is to estimate the dimensions of a noise barrier made of clay, the load carrying capacity and serviceability. Hence, the loads to be considered are divided into permanent, variable and extraordinary loads as described below.

Static stability

Regarding to the use of clay walls as noise barriers, the wall is required, not to tilt due to trains passing by or wind blows. For that, it is important to experience the dead weight of the compacted clay material, the required height of the building itself and the mechanical load acting on the building.

Height

Relating to the construction height, the size of the noise barrier in figure 1 is taken as a practical example to illustrate different noise barrier heights in relation to the distance to track axis as shown in figure 2 below. Considering the shielded area of the noise barrier; the minimum necessary height in reference to the distance to the track axis can be calculated by equation 1.

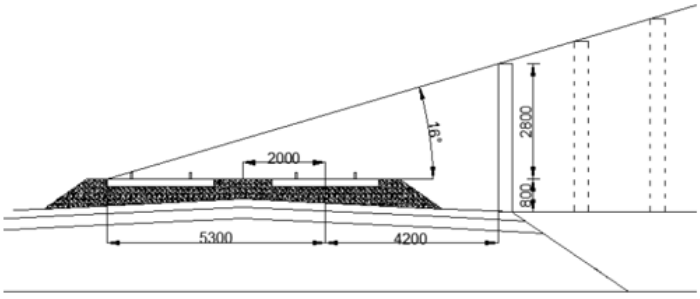


Figure 2. The relation of track distance and noise barrier height

$$h(a_g) = (a_g + 5.3) * \tan(16°) + 0.8\ [\text{m}] \quad (1)$$

Mechanical load

Forces and loads are taken from official standardisations as mentioned below. Those values are always multiplied by the prescribed safety factor 1.5.

Wind load

Using the EN 1991-1-4, the maximum value of wind load (q_w) is calculated for Vienna Simmering as an example for a windy place in Austria.

$$q_w = 0.982 \frac{kN}{m^2} \tag{2}$$

Mechanical load of passing trains

Due to the pressure-suction wave generated by trains at higher speed, noise barriers are stressed by another aerodynamic quantity. Likewise, EUROCODE is used to calculate those loads. The following graph (figure 3) shows the values of pressure-suction load at different speeds and distances to the track axis, taken from EN 1991.2:2003. In this study, a maximum speed of 250 km/h was assumed, referring to the highest velocity on train lines in Austria.

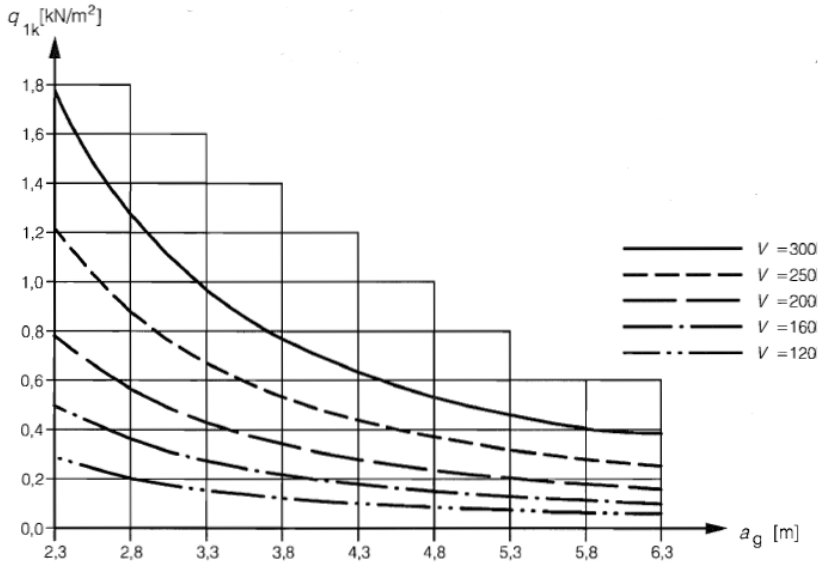


Figure 3. Pressure-suction-load, taken from EN 1991.2:2003

Mechanical calculation

To calculate the dimension and stability of a clay wall, following static system is used.

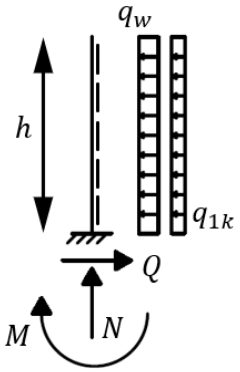


Figure 4. The static system applied for a noise barrier (N= Normal force; Q = shear force; M= Moment; h = height of noise barrier; qw= wind force; q1k = compression and suction force)

Noticeably, those loads (figure 4) cause bending stress on the clay wall. So, to finally prove its static stability the following conditions must be fulfilled.

$$\sigma_{erf} < \sigma_{zul} \tag{3}$$

$$\sigma_{erf} = \frac{M}{W} \tag{4}$$

σ_{erf} = resulting maximum stress (tension or pressure) [N/mm2]

σ_{zul} = maximum possible stress (tension or pressure) [N/mm2]

M = maximum torque [m]

The value of σ_{zul} of clay material regarding tension is practically 0. Therefore, dead weight is used to compensate all tension stress in the building. Following figure 5 illustrates the idea. ($\sigma_{Druck} = pressure\ stress$)

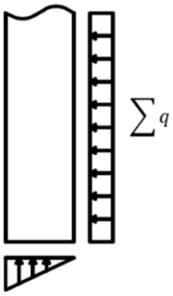


Figure 5. Elastostatic principle for a stable wall

To conclude, dimension and static stability are achieved by compensation of tension stress in the clay wall. This can be done by higher density of the material or wider structure.

3.3. Clay noise barrier prototypes

Rammed clay

This clay technology is built by using concrete formwork. The material is brought into the formwork and gets stamped. After demoulding, the compacted clay material stays in form by itself and can be used as a wall. The dead weight is $2050\frac{kg}{m^3}$. The necessary width of structure (b) depending on the distance to the track axis (ag) is shown in the following figure.

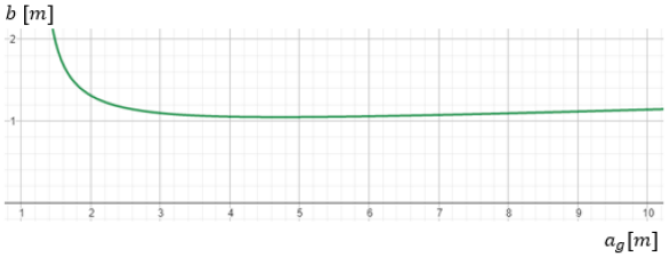


Figure 6: Width of the wall in dependence to track axis distance (rammed clay)

Cob clay

Different to rammed clay, cob clay does not require any formwork. The material is backfilled and gets brought in form by a spade. The dead weight is $1550\frac{kg}{m^3}$. The calculated necessary width of the wall (b) in dependence to the track axis distance (ag) is shown next.

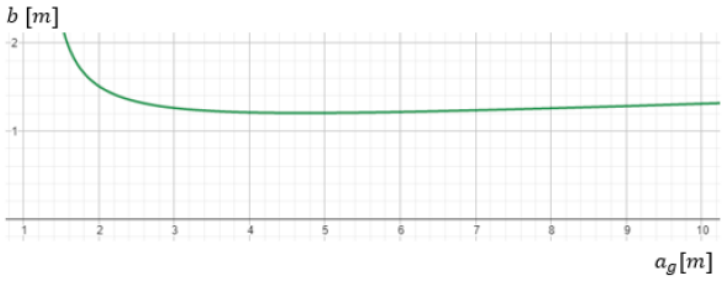


Figure 7: Width of the wall in dependence to track axis distance (cob)

Clay bricks

Clay bricks are blocks of clay, pressed in advance, and used as common bricks. The dead weight is $1305 \frac{kg}{m^3}$. Following figure shows the required width (b) in dependence to the track axis distance (ag).

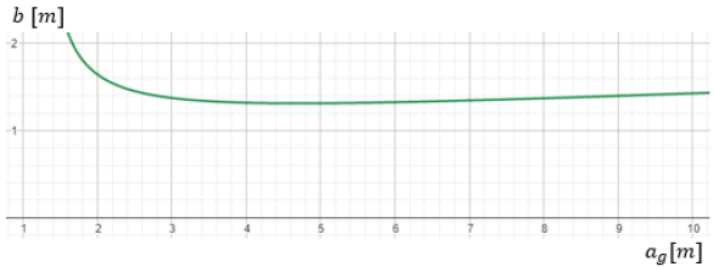


Figure 8: Width of the wall in dependence to track axis distance (clay bricks)

Clay fill

As a fourth technology, clay fill was investigated as a method that does not need any foundation. As the previous wall building methods always require a foundation out of concrete due to water sensitifity of clay, clay fills can be placed anywhere, no matter if the ground is wet or not. To achieve a smaller width, clay fills get supported by a gabion basket, shown in figure 9 below.

Figure 9: Possible gabion concept used as a noise barrier (Rau.de)

Clay walls can definitively be used as noise barriers and find their place in railway crosssections as shown in the figure below. However, it must be considered, that pure clay buildings must not be built without a water insensitive foundation. To leave out an environmentally harmful concrete foundation, gabions can be used to support clay fills.

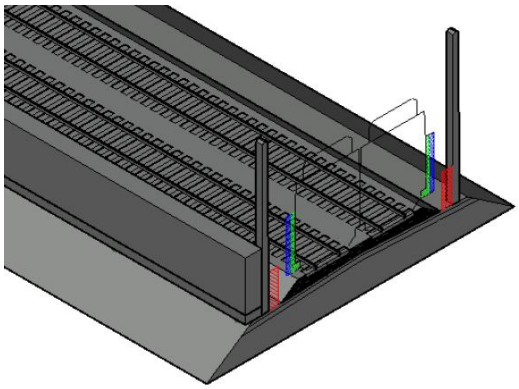


Figure 10: 3D model of a clay wall in a track crosssection

3.4. Applicable structural dimensions

According to a static calculation, the different types of clay construction techniques result in varied construction widths and heights. The corresponding values are: Rammed clay: width: 0.97 m, height: 3.51 m; Weller clay: width: 1.12 m, height: 3.51 m; Clay blocks: Width: 1.22 m, Height: 3.51 m; Supported clay fill: Bottom width: 1.3 m, Height: 3.51 m.

In regard to the placement of the noise barriers along the track line; positioning the clay noise barriers at the location where the conventional noise barriers usually be placed, i. e directly adjacent to the mast alley appears to be the most suitable from the economic point of view. That also fullfills the legal and technical railroad engineering requirements.

3.5. Lifecycle costing

The life cycle cost (LCC) analysis is used to compare the economic viability of clay noise barriers and the conventional noise barriers. The LCC analysis covers (i) investment costs (tendering, design and commissioning, and fabrication and erection), (ii) service life phase over life, (iii) end of life costs (demolition, deconstruction and disposal). The result of the comparison schows that a clear difference of € 6.34 per running meter annualy in favor of the noise protection wall made of clay.

4. CONCLUSION

Static calculations show that all types of clay building technologies and systurcutral design considered fullfill the mechanical requirements and can be used as noise barriers on railway lines. The above results show the necessary building dimensions and the placement of the noise barrier directly on the mast alley taking different design types of clay barriers in to consideration. Placement at a greater distance from the track axis does not make sense from an economic perspective, since the volume of the structure increases with increasing distance from the placement closest to the track on the mast alley. Hence the closest distance was considered in the calculation of the requeíred volumes of the clay mass.

The calculation of the LCC didn't take major uncertainties, including the removal of the material and the actual installation and removal situation into account. Those factors must therefore be checked individually with much more precise input values.

For the implementation of such a structure in a pilot project, only railroad lines with maximum line speeds of more than 160 km/h are recommended due to the aforementioned need for empirical investigations of the dynamic behavior.

Acknowledgment

This research was funded by FFG under the Mobility of the Future, MdZ - 18th call (2021) PM, System Rail

5. REFERENCES

ASFINAG (2020). https://www.nachhaltigkeit-asfinag.at/handlungsfelder-und-kennzahlen/umwelt/aktionsplan-gegen-den-laerm/#:~:text=Ende%202020%20waren%20L%C3%A4rmschutzma%C3%9Fnahmen%20mit,im%20Fruchtgenussrecht%20der%20immateriellen%20Verm%C3%B6genswerte., 02.08.2023

EC (2023). https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/buildings-and-construction_en., 02.08.2023

EisbG (1957). Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen (Eisenbahngesetz 1957 - EisbG) StF: BGBl. Nr. 60/1957(NR: GP VIII RV 103 AB 189 S. 25. BR: S. 123.)

EisbBBV (2008). Verordnung über den Bau und Betrieb von Eisenbahnen (Eisenbahnbau- und -betriebsverordnung). StF: BGBl. II Nr. 398/2008.

EisbAV (1999). Verordnung des Bundesministers für Wissenschaft und Verkehr über den Schutz von ArbeitnehmerInnen im Bereich von Gleisen (Eisenbahn-ArbeitnehmerInnenschutzverordnung) StF: BGBl. II Nr. 384/1999.

EN 1990 (2002): Eurocode - Basis of structural design [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]

EN 1991 (2002): Eurocode 1- Action on structures. [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]

EN 15273-4 (2019). Railway Applications - Gauges - Part 4: Catalogue of gauges and associated rules.

EURACTIV (2019). https://www.euractiv.com/section/climate-environment/video/decarbonising-the-construction-industry-can-europe-lead-in-low-carbon-buildings-and-infrastructure/, 02.08.2023

Knapp R. (2022). http://strohundlehm.at, 02.08.2023

ÖBB INFRA (2023). https://infrastruktur.oebb.at/de/unternehmen/umwelt-und-klimaschutz/umwelt/schallschutz, 02.08.2023

Rau.de 2023. https://rau.de/de/flughafen-berlin-schoenefeld/, 07.08.2023

Werner F. (2019). Ökobilanz von Ausfachungselementen für Lärmschutzwände. Arbeitsbericht. Umwelt & Entwicklung. Zürich.https://www.lignum.ch/files/images/Downloads_deutsch/Oekobilanz_Laermschutzwaende_aus_Holz_Lignum_ASTRA.pdf., 02.08.2023

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

BUILDING A COMMUNITY OF RAILWAY SCIENTIFIC RESEARCHERS AND ACADEMIA

Peter Márton[a], Armando Carrillo Zanuy[b]

[a] *University of Žilina, Univerzitná 8215/1, Žilina, 01026, Slovakia, peter.marton@uniza.sk*

[b] *EURNEX e.V. Eurnex Rail Research Network of Excellence, Hardenbergstrasse 12, Berlin, 10623, Germany, acarrillo@eurnex.eu*

Abstract: *EU-Rail (Europe's Rail Joint Undertaking) is the new European partnership on rail research and innovation established under the Horizon Europe (HEU) programme. EU-Rail is the Shift2Rail joint undertaking successior. EU-Rail goals are defined in the Multi-Annual Work Programme (MAWP). There are plenty of innovation activities covered by the MAWP. Last but not least EU-Rail's expected activity is to promote exploratory research and paradigm shifts activities in railway research. Cooperation of railway scientific researchers and academia is included in activities related to the development of PhDs programmes. This paper provides initial information about the Academics4Rail project that started in September 2023.*

Key words: *Horizon Europe, railway research, doctoral study programme*

1. INTRODUCTION

Rail transport is fundamental for achieving sustainable low-carbon mobility in Europe. The European Union (EU) supports research and innovation (R&I) in rail transport constantly. There are three main funding mechanisms to support railway research in the EU (European Commission, n.d. a):

- Horizon Europe – the EU's key funding programme for R&I. It tackles climate change, helps to achieve the UN's SDG 2030 and boosts the EU's competitiveness and growth. It facilitates collaboration and strengthens the impact of R&I.
- COST actions – interdisciplinary research networks that bring researchers and innovators together to investigate a topic of their choice. They are typically made up of researchers from academia, small and medium-sized enterprises (SMEs), public institutions and other relevant organisations or interested parties.
- CEF Transport – the funding instrument to realise European transport infrastructure policy. It aims at supporting investments in building new transport infrastructure in Europe or rehabilitating and upgrading the existing one.

The European Partnerships are a key implementation tool of Horizon Europe that enables addressing some of Europe's most pressing challenges through concerted R&I initiatives realised in cooperation of the European Commission (EC) and private and/or public partners together (European Commission, 2021a), (European Commission, n.d. b), (Regulation 2021/2028). On the basis of the HEU Regulation, it should be possible for the European partnerships to be set up using three different forms, namely 'co-funded', 'co-programmed' and 'institutionalised'. Institutionalised partnerships are R&I partnerships between the EU, EU member states and/or industry (ERA Portal Austria, n.d.). They are based on a long-term dimension and on a need for high integration. They are only implemented where other parts of HEU programme would not achieve the objectives or expected impacts. There is an institutionalised European partnership addressing challenges of railway transport – Europe's Rail Joint Undertaking (EU-Rail, ERJU).

2. EUROPE'S RAIL JOINT UNDERTAKING

Europe's Rail Joint Undertaking (EU-Rail) is established by Council Regulation (EU) 2021/2085 of 19 November 2021. It is the new European partnership on rail research and innovation established under the

Horizon Europe programme (2020-2027) and the universal successor of the Shift2Rail Joint Undertaking (Europe's Rail Joint Undertaking, n.d. a).

The vision of EU-Rail is to deliver, via an integrated system approach, a high capacity, flexible, multi-modal and reliable integrated European railway network. The important goal of EU-Rail is to eliminate barriers to interoperability and provide solutions for full integration for passenger and freight railway transport in Europe. This partnership aims to accelerate research and development in innovative technologies and operational solutions. This will support the fulfilment of European Union policies and objectives relevant for the railway sector and the competitiveness of the rail sector and the European rail supply industry. In this way, EU-Rail will accelerate the penetration of integrated, interoperable and standardised technological innovations necessary to support the Single European Railway Area (SERA).

Expected impacts of EU-Rail:

- Technological and operational solutions to lead the transformation of the rail sector, working towards the twin green and digital transition of Europe.
- Much more flexible approaches to planning and traffic management of rail services. Through the development of cutting-edge technologies designed to be implemented across the whole EU rail network, EU-Rail will help increase capacity and support smart and cost-efficient rail connectivity, key to future sustainable mobility systems.
- Improvement of the rail system efficiency and reduction of overall lifecycle costs, including on less used lines. This will be achieved while contributing to a more sustainable transport and mobility system.
- Capacity enhancing of European rail supply industry capacity to retain its global leadership.
- Supporting the rail sector in coordinating on a common evolution of the system, and a greater harmonisation to support the delivery of the SERA.

ERJU is entrusted to manage and deliver one integrated rail R&I Programme, built around two main pillars interdependent to each other. The System Pillar contributes defining the concept of Operations for Rail, through a System of Systems service-oriented approach, providing the overall framework for delivery of R&I, considering interfaces within different rail segments and other modes. These activities should ensure a common approach and efficient use of resources; EU-Rail is the platform for and provide the coordination and resources to enable sector convergence on common solutions at European level. EU-Rail shall therefore in particular coordinate and consolidate all relevant sector initiatives, noting the importance of unified requirements from the Railways. This is complementing and underpinning the focus on research and innovation towards impact-oriented solutions. Indeed, the work to define and then maintain the operational concept and functional system architecture will be the framework within which the R&I work progresses with logical interactions. The R&I activities to deliver the Concept of Operations, addressing the specific segments' interfaces, are structured within the Innovation Pillar and established around the full lifecycle of research and innovation, from exploratory research, via applied research to large scale demonstrations (Europe's Rail Joint Undertaking, 2022a).

There are several projects supported by the ERJU since it was founded in November 2021 (Europe's Rail Joint Undertaking, 2023a). Two calls for proposals have been launched in 2022. The first one was in March and the second one in September. The first call for proposals, phase 1 of ERJU, covered key aspects of the railway system in an integrated and coordinated approach, delivering European interoperable solutions as from 2026. There are six Flagship Projects related to the Innovation Pillar of the R&I activities (financed by HORIZON-ER-JU-2022-01 call) (Europe's Rail Joint Undertaking, 2023b). The second call for proposals covered the explaratory research activities for railways to explore new areas of rail R&I or perform studies and any other relevant activities that would contribute to the achievement of the Programme (Europe's Rail Joint Undertaking, 2022b).

ERJU has put in place a multi-annual work programme in March 2022 (Europe's Rail Joint Undertaking, 2022c, 2022d). It foresees several technical and cooperative activities in the frame of the System Pillar and the Innovation Pilar. The specific activity to enable the participation of the research performers (universities and research centers) in the European railway research in cooperation with the European rail supply industry was created in the frame of the Innovation Pilar activities – Exploatory Research and other activities. One of these activities is addressing programmes for PhDs on EU-Rail related activities.

3. CALL FOR EXPLOATORY RESEARCH – ACADEMIA TEAMING WITH INDUSTRY

The European Commision decided to support programmes for PhDs on EU-Rail related activities. The specific call for exploratory research and paradigm shifts activities was published in September 2022 – HORIZON-ER-JU-2022-EXPLR-04: Building a community of scientific research and enabling a network of PhD (academia teaming with industry). This call aim was to support a research and innovation action and intended building a rail research innovation "community" of scientific research entieties (Europe's Rail Joint Undertaking, 2022e). The expected outcomes of the call are:

- To strengthen, expand and optimise railway's research and innovation capabilities through the sharing of world-class national facilities in Europe to contribute to the EU-Rail Programme or other funded multi-national programmes.
- To team up with industry for a specific number of PhD positions.

To apply under this call topic, the related entities were requested to establish a consortia with the aim to promote fruitful collaboration and share of knowledge on any topics in the area of works related to the EU-Rail Programme or relevant in the context of other European rail research and innovation activities.

In the call, it was expected that the PhD programmes stemming from this topic will have the possibility to interact with the Funding Members of the ERJU. The important condition of this call is that the PhD researchers will regularly liaise with the Europe's Rail JU and to present their research findings to the ERJU events and submit scientific papers to relevant conferences. The ERJU have expected to finance successful proposals from universities or similar high-level institutes covering each at least one PhD student in the specific areas or additional areas proposed by academia, always in relation to the EU-Rail Programme. This is the research areas mentioned in the call for proposals:

- Topic 1 – Aerodynamics and aeroacoustics
- Topic 2 - Electromagnetic compatibility (EMC)
- Topic 3 – Material science
- Topic 4 – Power electronics
- Topic 5 – Social media strategies for Railways
- Topic 6 – Scouting and connecting national – regional – European rail R&I projects

Research results of PhDs are expected to contribute to the EU-Rail Programme and explore new possibilities and ideas. At the same time, the PhDs who will be part of the ERJU activities, are expected to become European ambassadors of the possible bright and innovative future that the rail sector has in the years to come.

4. ACADEMICS4RAIL PROJECT

4.1. The project coordinator – EURNEX e.V.

The project idea to create a European alliance of railway research institutions (universities and instituts) in the frame of the ERJU call was coordinated by the EURNEX (the European Rail Research Network of Excellence) (Eurnex, n.d.). The EURNEX was set up under the 6th Framework Programme for Research, Technology and Development of the European Union. It integrates leading rail researchers from scientific institutions and universities all over Europe. The association represents European institutional scientific knowledge, research and education. It comprises more than 30 scientific institutes in the area of rail transport and mobility all over Europe, Marocco and China. This association was successful in creating proposals, participating in and coordinating railway-oriented research projects in the frame of the HORIZON 2020 programme – TER4RAIL, ASSETS4RAIL, BEOPEN, OptiYard, Skillful, etc.

4.2. The project consortium

The project launched in September 2023 (Academics4Rail, 2023). Its consortium is created by 25 partners – three of them as the third parties linked to the EURNEX. There are 19 higher education institutions and six research institutes. The partners are from 15 countries, all regions of Europe, including countries out of EU – Croatia, Czech Republic, France, Germany, Greece, Italy, Lithuania, Poland, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom.

The consortium is linked to key and necessary infrastructure, facilities and data provided by the cooperating companies/entities, namely: ADIF, FFE, ERCI, MetroBilbao, Trafikverket, UIC, CAF, ALSTOM, DLR and Railenium. In addition, extended contacts and cooperation endeavours with ERJU companies are guaranteed by the regular cooperation pathways of the research entities of Academics4Rail with European industry. The members of the consortium of Academics4Rail also possess a renowned scientific excellence track with a large number of publications in impact journals and experience in scientific projects. In that sense they develop synergistic cooperating structures for the PhDs development (co-supervision, visiting scholars and industry lateral career development).

4.3. The project structure

The project consists of 10 work packages:

- WP1 - Rail excellence scientific community for ERJU
- WP2 - Scientific optimisation of rail innovation capabilities in ERJU
- WP3 - Evaluating Scientific Delivery of ERJU in the Context of the European Green Deal
- WP4 - PhD1 Scientific study of the aerodynamics of high-speed freight trains
- WP5 - PhD2 Model for EMC effects calculation on different alternating current electrification system
- WP6 - PhD3 Additive Manufacturing (AM) to reprofiling railway wheels worn by use
- WP7 - PhD4 Digital communications for virtual coupling
- WP8 - PhD5 Prognostics and health management approach for railway asset maintenance
- WP9 - PhD6 Driving Assistance
- WP10 - Dissemination and Management

The first three WPs are dedicated to the scientific community (creation, observation, optimisation).

The WP1 - Rail excellence scientific community for ERJU – is devoted to the continuous process for the construction of a European rail excellence scientific community. The WP will define the composition, governance, and activities of this community as well as its interaction with ERJU. It will also provide an overview of the main rail research themes in Europe including national and multinational programmes. The WP leader is the EURNEX. This WP consists of two tasks:

- Task 1.1. Continuous process for the construction of a European rail excellence scientific community
- Task 1.2. Mapping European (incl. national) rail research themes and funds

The WP2 - Scientific optimisation of rail innovation capabilities in ERJU - is focused to setup an observatory of past, ongoing and planned research activities in Shift2Rail and EU-Rail as a common basis for the identification of critical knowledge gaps not covered by the present MAWP. The detection of these gaps will be the basis for the identification of future academic research topics. The project includes the definition of a more systematic framework together with ERRAC and the EU-Rail JU to include the academic community into the process of translating the high-level MAWP of the EU-Rail JU into relevant research activity proposals and to define research needs possibly not covered by the MAWP today. The WP leader is Universita degli studi di Roma – La Sapienza (Italy). This WP consists of three tasks:

- Task 2.1. Scientific observatory for the ERJU actions
- Task 2.2. Optimization of research gap detection
- Task 2.3. Catalogue of PhD topics relevant for funding

The WP3 - Evaluating Scientific Delivery of ERJU in the Context of the European Green Deal – has three objectives: 1) Develop an overarching assessment framework that will support an evidence-based assessment methodology – based on a multilevel set of KPIs - of how ERJU activities are delivering against its aims and objectives. 2) Through interaction with ERJU during the course of the project, provide evidence on how these KPIs and the overarching framework can be incorporated into the funding calls and the overall research programme (Systems and Innovation Pillars and exploratory research) to track progress of ongoing EU projects and to help steer the research towards delivery of ERJU objectives. 3) Better understand barriers to and enablers of deployment of rail technical innovations. This objective is important because implementation is the ultimate aim of ERJU research and because it can help selection of the correct KPIs. The WP leader is the University of Leeds (United Kingdom). This WP consists of two tasks:

- Task 3.1. Development of an overarching assessment framework
- Task 3.2. Interaction with ERJU

The WP10 - Dissemination and Management - contains all the necessary activities for the correct functioning of the project. These entail impact boosting and coordination activities. The work package's specific objectives are to:

- Attain effective communication and dissemination of the project's results.
- Attain an effective exploitation of the project's results; and
- Set the necessary standards and procedures for an appropriate project management.

4.4. Work packages related to the PhD study

There are six WPs that cover specific PhD topics (WP4 – WP9). The leaders of these WPs are Politecnico di Milano (Italy), Univesidad politecnica de Madrid (Spain), Universidad del pais Vasco - Euskal herriko unibertsitatea (Spain), Universite Gustave Eiffel (France), Lulea tekniska univesitet (Sweden), Universite Polytechnique Hauts-de-France (France). Each of these WPs consists of two subtasks. The 2nd task structure is the same for each of PhD oriented WPs. For example, the subtasks of task 4.2. PhD1 Management:

- Subtask 4.2.1. Co-supervision
- Subtask 4.2.2. Collaboration with industry
- Subtask 4.2.3. Visiting scholars

The objective of the WP4 - PhD1 Scientific study of the aerodynamics of high-speed freight trains - is to perform an extensive scientific study of the aerodynamics of high-speed freight trains. Compared to the aerodynamics of passenger trains. This WP aims at achieving an improved understanding of the aerodynamic effects, considering the specificities of freight trains, and to synthesize the knowledge gained in this research into recommendations for extending and improving existing standards for train aerodynamics, proposing freight train-specific criteria. A final stage of the research will be devoted to synthesizing recommendations for existing standards regarding rail vehicle aerodynamics, to consider the specificities associated to freight vehicles. There 1st task of this WP has the following structure:

- Subtask 4.1.1. Database of freight wagon geometries
- Subtask 4.1.2. Definition and validation of CFD models
- Subtask 4.1.3. Analysis of aerodynamic effects on freight trains and recommendations for standards

The objective of the WP5 - PhD2 Model for EMC effects calculation on different alternating current electrification system - is to develop a PhD to study:

- Affections of EM field over other systems
- Analysis on the EM affections and effects on the tractor chain
- EM affection on human body
- Emissions due to ionizing spectrum over radio and communication systems

The 1st task of this WP has the following structure:

- Subtask 5.1.1. State of the art
- Subtask 5.1.2. Affections of EMC on the railway system
- Subtask 5.1.3. Analysis on traction chain
- Subtask 5.1.4. Affections on Human body
- Subtask 5.1.5. EMC due to ionizing spectrum

The objective of the WP6 - PhD3 Additive Manufacturing (AM) to reprofiling railway wheels worn by use – is study of metallic additive manufacturing technology as an alternative to be used in the reprofiling of railway wheels. The 1st task of this WP has the following structure:

- Subtask 6.1.1. State of the Art.
- Subtask 6.1.2. Set the critical parameters of new material to analyze in order to assess its viability.
- Subtask 6.1.3. Dynamic simulations. Wheel-rail contact parameters calculation and wear estimation.
- Subtask 6.1.4. Economic analysis of wheel maintenance costs. Reprofiling frequencies optimization. Comparison of
- maintenance methods.
- Subtask 6.1.5. Manufacture of preliminary cylindrical specimens to be analyzed.
- Subtask 6.1.6. Specimens' tests. Study of mechanical behavior of new material.

There are two objective of the WP7 - PhD4 Digital communications for virtual coupling:

- Evaluation with simulation and experimentation of key performance indicators of several wireless communication links in the context of virtual coupling
- Development of a preliminary dependability analysis of the wireless long for the virtual coupling use case based on Coloured Petri Nets.

The 1st tast of this WP is not divided to the subtasks.

The main objective of the WP8 – PhD4 Prognostics and health management approach for railway asset maintenance - is to develop a decision support framework using prognostics and health management approach for railway asset maintenance. These objectives can be divided into the following sub-objectives:

- Identification of specifications and requirements of use case.
- Performing of data mining, cleaning, pre-processing, etc., for exploiting the data.
- Development of anomaly detection models using machine learning.
- Development of hybrid models for prediction of asset health.
- Implementation and development of an integrated framework for maintenance decision support for Prognostics and Health Management (PHM) concepts.
- Promoting of the transfer of knowledge between the project's participants and to disseminate, fully communicate and exploit the research outputs.

The 1st task of this WP has the following structure:

- Subtask 8.1.1. Requirements for data generation.
- Subtask 8.1.2. Monitoring and inspection of assets
- Subtask 8.1.3. Diagnostic modelling
- Subtask 8.1.4. Prognostic modelling
- Subtask 8.1.5. Decision Support System

The WP9 – PhD5 Driving Assistance – aims to define a new way to design and validate AI-based driving assistance by respecting constraints like energy consumption, fatigue or driver attention. It will study three scientific topics:

- Grade of Automation (GoA1 to GoA3)
- Information and Communication Technology and
- Human-In-The-Loop (HITL) concept.

HITL includes the monitoring of human factors whatever the Grade of Automation (GoA1 to GoA3) and the monitoring of the train by drivers. Driving assistance and disruptive ICT will be selected and implemented for GoA in case of normal and abnormal control situations. New concepts for designing future train cabins will then be defined and validated.

This 1st task of this WP is divided into four complementary steps:

- Step 1: State-of-the-art about WP9 key concepts.
- Step 2: Implementation of configurations of GoA integrating driving assistance and ICT.
- Step 3: Proposal for new ways to design and validate AI-based driving assistance.
- Step 4: Validation of the proposal.

5. CONCLUSION

Academics4Rail is a stable and durable scientific community that in an organized way can share and exchange scientific knowledge with ERJU and ERRAC.

This knowledge is shared at different levels (strategic to concrete technical areas) and for different purposes. When it comes to the strategic level the scientific community intends to share knowledge with ERRAC and ERJU with the purpose of optimise the program for railway research providing insights of fund use, existing themes for research and scientific necessities for the future of European railways. It also supports the methodology of program assessment using KPIs and impact estimation towards the objectives set out in the ERJU masterplan. Finally, the scientific community shares its knowledge about necessities of future PhD funding with a relevant European and scientific weight.

The ambition of the Academics4Rail project embraces two differentiated concepts, first the ambition of the scientific community, which deals with exchanging knowledge at scientific-strategic level, and second the ambitions of each of the PhDs, which refer mainly to advancement in technical subjects.

The Academics4Rail project would like to open an organised path for exchanging large scale scientific knowledge with ERJU to strengthen, expand and optimise railway's research and innovation capabilities through the coordinated sharing of knowledge of top rail research entities in Europe. Based on the existing scientific community of EURNEX, an expanded community is proposed to focus on the specific needs of ERJU in respect to scientific matters. The project consortium is to be able to have a European perception of the railway scientific themes and fund necessities.

The activities carried out within the activated PhD programmes will be oriented to push ahead the barriers of know-how in specific fields but also to keep the rudder in the direction of the advancement of the railway system as a whole thanks to specific common multilateral knowledge exchange actions.

There is a new call for the further extend of the rail research and innovation "community" with the expected outcome of realisation of 6-10 PhD positions and teaming up with industry (Europe's Rail Joint Undertaking, 2023c, 2023d). There are five research areas mentioned in the call for proposals:

- Topic 1 - Measures and mechanisms to support implementation of rail technical innovations supporting the decarbonisation of transport.
- Topic 2 - Change Making for Gender Equality in Rail.
- Topic 3 - Education and training in rail.
- Topic 4 - Rail enabled urban logistics.
- Topic 5 - Fast Night Train Operations.

Other and different PhD subjects can be proposed by the applicants.

6. REFERENCES

Academics4Rail (2023). Facts & Figures. Retrieved September 28, 2023, from https://www.academics4rail.eu/

ERA Portal Austria (n.d.). Institutionalised partnership. Federal Ministry Republic of Austria. Retrieved September 21, 2023, from https://era.gv.at/horizon-europe/partnerships/institutionalised-partnerships/

Eurnex (n.d.). Eurnex, the European Rail Research Network of Excellence. Retrieved September 22, 2023, from https://www.eurnex.org/

European Commission (n.d. a). Rail transport Research Funding Opportunities. Retrieved September 18, 2023, from https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/transport/rail_en

European Commission (n.d. b). European Partnerships in Horizon Europe. Retrieved September 18, 2023, from https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/european-partnerships-horizon-europe_en

European Commission (2021a). Commission and industry invest €22 billion in new European Partnerships to deliver solutions to major societal challenges. Retrieved September 18, 2023, from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_2943

Europe's Rail Joint Undertaking. (n.d. a). About Europe's Rail. Retrieved September 17, 2023, from https://rail-research.europa.eu/about-europes-rail/

Europe's Rail Joint Undertaking. (2022a, March 1). Europe's Rail Joint Undertaking Multi-Annual Work Programme, Version 2.0. https://rail-research.europa.eu/wp-content/uploads/2022/03/EURAIL_MAWP_final.pdf

Europe's Rail Joint Undertaking. (2022b). Europe's Rail published its Call for Proposals 2022-1. Retrieved September 20, 2023, from https://rail-research.europa.eu/wp-content/uploads/2022/03/Press-release_EU_Rail-Call-2022-Launched.pdf

Europe's Rail Joint Undertaking. (2022c). Work Programme 2022-2024. Retrieved September 17, 2023, from https://rail-research.europa.eu/wp-content/uploads/2022/03/AWP_2022_2024_Final_Published.pdf

Europe's Rail Joint Undertaking. (2022d). Europe's Rail Info Day. Retrieved September 17, 2023, from https://rail-research.europa.eu/wp-content/uploads/2022/03/Europes-Rail-JU-Info-Day-2022-2.pdf

Europe's Rail Joint Undertaking. (2022e). Work Programme 2022-2024 Draft Amendment n°2. Retrieved September 17, 2023, from https://rail-research.europa.eu/wp-content/uploads/2022/09/AWP_2022_AMEMDMENT_final_20220909.pdf

Europe's Rail Joint Undertaking (2023a). EU-Rail Projects. Retrieved September 25, 2023, from https://rail-research.europa.eu/eu-rail-projects/

Europe's Rail Joint Undertaking. (2023b). Get to know Europe's Rail Flagship Projects. Retrieved September 17, 2023, from https://rail-research.europa.eu/news/get-to-know-europes-rail-flagship-projects/

Europe's Rail Joint Undertaking. (2023c). Work Programme 2023-2024 Amendment n°1. Retrieved October 5, 2023, https://rail-research.europa.eu/wp-content/uploads/2023/09/WP23_24_Amendment-no.1_FINAL_clerical-mistake-correction.pdf

Europe's Rail Joint Undertaking. (2023d). Europe's Rail Call for Proposals 2023 is open for submissions. Retrieved October 5, 2023, from https://rail-research.europa.eu/participate/call-for-proposals/europes-rail-call-for-proposals-2023-is-open-for-submissions/

Regulation 2021/2085. Council Regulation (EU) 2021/2085 of 19 November 2021 establishing the Joint Undertakings under Horizon Europe. Official Journal of the European Union L 427/17. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2085&qid=1697531601640

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

FUZZY-FMEA APPROACH FOR RISK ANALYSIS OF SWITCH ELEMENTS

FUZZY-FMEA PRISTUP ZA ANALIZU RIZIKA ELEMENATA SKRETNICE

Milivoje Ilić[a], Norbert Pavlović[a], Ivan Belošević[a]

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

Abstract: *Switches are key elements of railway infrastructure. Its moving parts change position depending on whether the upcoming running should be done in straight or in diverging. With a larger number of trains, their load increases, which affects the increased wear of parts, as well as the need for more frequent maintenance. In practice, derailments often occur at switch areas, therefore it is so important from the safety aspect. In this paper, the elements of the switch were considered as technical systems that can fail and lead to an incident situation. The approach of risk analysis of technical systems was applied to determine the scenario of switch failure. First, the switch was decomposed into basic elements that were evaluated by experts with linguistic fuzzy estimates depending on the risk factors. For this purpose, the FMEA method was used, which defines the risk factors: the severity of the defect occurrence, the probability of the defect occurrence, and the ease of failure detection. These factors are considered as criteria in the next step of the process of multi-criteria decision-making using the TOPSIS method. The aim of the work is to find out which are the critical elements based on the TOPSIS method and to rank them. The results of the work show that the risk analysis approach can be successfully applied in the detection and ranking of switch elements, as well as in the search for new design solutions in the strategy of their maintenance and construction.*

Key words: *switch, multicriteria decision making, risk analysis, FMEA, TOPSIS*

Apstrakt*: Skretnice predstavljaju ključni elementi železničke infrastrukture. Njeni pokretni delovi menjaju položaj u zavisnosti od toga da li predstojeća vožnja treba da se izvrši u pravac ili u skretanje. Sa većim brojem vozova njihovo opterećenje raste, pojačava se trošenje delova, i javlja se potreba frekventnijeg održavanja. U praksi se često dešavaju iskliznuća na skretničkim područjima, zbog čega sa apekta bezbednosti zauzimaju značajno mesto. U ovom radu posmatrani su elementi skretnice kao tehnički sistemi koji mogu da otkažu i dovedu do incidentne situacije. Primenjen je pristup analize rizika tehničkih sistema za utvrđivanje scenarija otkaza skretnice. Posmatrani su osnovni elementi skretnice koje su eksperti ocenili lingvističkim fazi ocenama u zavisnosti od faktora rizika. U tu svrhu korišćena je FMEA metoda koja definiše faktore rizika i to: ozbiljnost pojave defekta, verovatnoću pojave defekta i način detektovanja defekta. Ovi faktori su posmatrani kao kriterijumi u nastavku u procesu višekriterijumskog odlučivanja primenom TOPSIS metode. Cilj rada je da se na osnovu TOPSIS metode dobije koji su to kritični elementi i da se izvrši njihovo rangiranje. Rezultati rada pokazuju da se pristup analize rizika može uspešno primeniti kod detekcije i rangiranja elemenata skretnice, kao i za traženja novih rešenja u strategiji njihovog održavanja i konstrukcije.*

Ključne riječi: *skretnica, višekriterijumsko odlučivanje, analiza rizika, FMEA, TOPSIS*

1. UVOD

Železnički sistem je jedan od najvažnijih transportnih sistema u svetu. Još od nastanka prve parne lokomotive, kroz dizel vuču i kasniju elektrifikaciju, ljudi su videli potencijal železnice u masovnom transportu ljudi i robe. Pored karakteristika kao što su: veliki transportni kapacitet, velike tehničke brzine, visok nivo bezbednosti, komfor i udobnost putnika, niska cena prevoza, povoljan uticaj na životnu sredinu; potpuno je jasno zašto je železnica jedan od najdominantnijih oblika transporta u svetu.

Pored mnogih elemenata koji čine železničku infrastrukturu, posebno su značajne skretnice. Skretnica je specijalizovano postrojenje veoma složene konstrukcije koje omogućava prelaz pojedinačnih železničkih vozila ili celih vozova sa jednog koloseka na drugi bez prekida kretanja (Ivić, 2005). Skretnica uglavnom ima dva koloseka, osnovni i odvojni kolosek. Osnovni kolosek je kolosek od koga se odvaja jedan ili više koloseka koje vode u skretanje. Izdvajanje odvojnih koloseka vrši se pod uglom koji se naziva skretnički ugao. Osnovni kriterijum za klasifikaciju skretnica je njihova konstrukcija. Shodno tome, skretnice su podeljene u četiri osnovne grupe: jednostruke skretnice, dvostruke skretnice, ukrsne skretnice i kombinovane skretnice. Jednostruke skretnice su one kod kojih se izdvaja samo jedan kolosek, dok su dvostruke skretnice one gde se dva odvojna koloseka odvajaju od osnovnog koloseka. Ukrsne skretnice su one koje uspostavljaju vezu između dva koloseka koji se ukrštaju (seku pod skretničkim uglom). Kombinovane skretnice su one koje omogućavaju prelazak vozila sa dva koloseka različitih širina na jedan kolosek kombinovane širine.

Iskliznuće vozova iz šina predstavlja jedan od najčešćih tipova železničkih nesreća i nezgoda. Pored izazivanja značajne materijalne štete i čestog ometanja saobraćaja, posledice iskliznuća mogu biti i povrede ili smrt ljudi u slučaju iskliznuća putničkog voza ili ugrožavanje životne sredine (npr. u slučaju izlivanja opasnih materija) izazvane iskliznućem. S obzirom na to da do iskliznuća može doći i na otvorenoj pruzi i u stanicama, posebno u zonama skretnica; potrebno je eliminisati ili smanjiti faktore koji dovode do iskliznuća iz šina i ugrožavanja bezbednosti saobraćaja. Neki od radova iz ove oblasti su radovi autora (Dindar i Kaevunruen, 2017; Dindar et al., 2017) koji su se bavili faktorima koji dovode do iskliznuća iz šina, kao i odnosima između težine posledice i učestalosti iskliznuća iz šina. U prvom radu autori su razmatrali koji faktori i pod kojim uslovima dovode do iskliznuća iz šina. Studija je pokazala da je nedovoljno održavanje skretnica najznačajniji faktor koji dovodi do iskliznuća iz šina. U drugom radu autori koriste FTA (analaza stabla otkaza) pomoću kojih mogu izračunati verovatnoće uticaja poddogađaja na učešće glavnog događaja, odnosno iskliznuća iz šina.

Brojni su radovi iz različitih naučnih oblasti koji sadrže neki oblik FMEA metode. Grupa autora na čelu sa (Oiang et al., 2022) razmatrala je model višestrukih perspektiva faktora analize rizika u FMEA metodi. Oni su predložili novu metodu klasifikacije kombinovanjem faktora rizika u parovima (S&O (ozbiljnost i pojava), S&D (ozbiljnost i detekcija), O&D (pojava i detekcija)). Autori su kombinovali FMEA i metod analize funkcionalne rezonance (FRAM) na primeru ledolomca na nuklearni pogon (Fu et al., 2022). U radu (Ebrahimi et al., 2022) Delphi-FMEA model je primenjen za određivanje prioriteta rizika u saobraćajnim nesrećama.

2. METODOLOGIJA KORIŠĆENA U RADU

U ovom poglavlju biće obrađeni osnovni koncepti metoda koje su korišćene u ovom radu. U pitanju su FMEA metoda, fuzzy pristup i fuzzy skupovi, kao i metoda višekriterijumskog odlučivanja TOPSIS.

2.1. FMEA

FMEA (Failure Modes and Effects Analisis) pripada grupi inženjerskih metoda i tehnika za poboljšanje kvaliteta. FMEA je metoda koja se koristi za procenu načina i efekata potencijalnih kvarova podsistema, sklopova, komponenti ili funkcija u sistemu. FMEA je induktivna, timska metoda koja zahteva vreme i dobro poznavanje sistema koji se analizira. Cilj metode je da se identifikuju smetnje i kvarovi koji mogu negativno uticati na pouzdanost celog sistema. FMEA se najčešće koristi u početnim fazama razvoja kako bi se osiguralo da se svi potencijalni kvarovi otkriju i eliminišu na vreme.

FMEA je veoma važna tehnika koja se koristi za identifikaciju i eliminisanje poznatih i potencijalnih grešaka sistema/podsistema. Cilj ove metode je povećanje pouzdanosti i sigurnosti sistema i veoma je važan u smislu analize rizika. Osnovni termini koji se koriste u FMEA su:

- Kvar – odstupanje od planirane funkcije ili ponašanja; nesposobnost sistema, podsistema ili komponente da izvrši traženu funkciju.
- Režim kvara - način na koji se element pokvari; oblik ili stanje elementa u kome se element nalazi nakon otkaza.
- Uzrok kvara – proces ili mehanizam odgovoran za nastanak kvara. Procesi koji mogu izazvati kvar komponenti su npr. fizički kvar, defekt modela, proizvodni nedostatak, uticaj na životnu sredinu itd.
- Efekat kvara – posledica kvara na funkcionisanje ili status elementa i sistema.

Osnovni koncept FMEA metode podrazumeva dekompoziciju sistema na njegove sastavne elemente, do nivoa koji je ocenjen kao značajan za analizu. Prvi korak je identifikovanje mogućih otkaza sistema, nakon čega se vrši

analiza kritičnog otkaza, uzimajući u obzir faktore rizika: pojavu otkaza (O-Occurrence), ozbiljnost otkaza (S-Severity) i detekciju otkaza (D-Detection). Prioritetni rizici se određuju preko broja prioriteta rizika (RPN-Risk Priority Number), koji je predstavlja proizvod faktora rizika O, S i D. To je:

$$\mathrm{RPN} = \mathrm{O} * \mathrm{S} * \mathrm{D} \tag{1}$$

gde je O verovatnoća kvara (otakza), S je ozbiljnost kvara (otkaza), a D je verovatnoća da se kvar (otkaz) otkrije. Ova tri faktora rizika mogu se vrednovati i ocenjivati na osnovu skala. Skale mogu biti univerzalne (npr. od 1 do 10) ili se mogu formulisati za specifični sistem koji se analizira. Na osnovu RPN-a, rangiranjem se jasno dobijaju kritični elementi, koji se mogu sortirati prema najvećem ili najmanjem broju, odnosno najvećem ili najmanjem riziku od otkaza.

2.2. Fuzzy pristup i lingvističke promenljive

Teoriju fuzzy skupova razvio je (Zadeh, 1965) kao konceptualni okvir za tretiranje neizvesnih i nepreciznih situacija koje postoje u stvarnom životu. Uključujući teoriju fuzzy skupova u metodologiju višekriterijumskog odlučivanja, (Bellman i Zadeh, 1970) uvode matematički precizan način tretiranja nejasnoće i subjektivnosti u dodeljivanju težine kriterijuma i ocene učinka svake alternative u pogledu kriterijuma evaluacije. Do sada su različite metode višekriterijumskog odlučivanja proširene u fuzzy okruženju i primenjene u različitim oblastima inženjeringa ili menadžmenta (Mardani et al., (2015), Shafabakhsh et al. (2014)). U ovom radu je uključena primena fuzzy logike i TOPSIS metode sa ciljem rangiranja kritičnih elemenata skretnice.

Radi jednostavnosti, koristimo trouglaste fuzzy brojeve da predstavimo lingvističke varijable u ovom radu. U literaturi (Cheng i Lin, 2002), trouglasti fuzzy broj A = (a1, a2, a3) je određen tako da je a1 < a2 < a3 (videti sliku 1). Vrednost funkcije μ Ã (x) označava stepen pripadnosti x u Ã, tako da veći μ Ã (x) znači veći stepen pripadnosti za x u Ã.

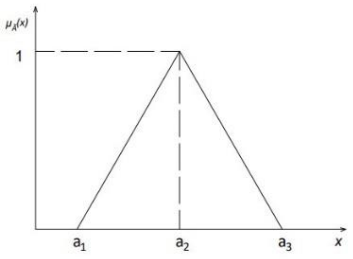
$$\mu\tilde{A}(x) = \begin{cases} 0, & x < a1 \\ \dfrac{x - a1}{a2 - a1}, & a1 < x < a2 \\ \dfrac{a3 - x}{a3 - a2}, & a2 < x < a3 \\ 0, & x > a3 \end{cases} \tag{2}$$

Prema (Chen, 2000), rastojanje između dva trouglasta fuzzy broja A = (a1, a2, a3) i N = (n1, n2, n3) može se izvesti korišćenjem Verteks metode (3). Iako se jasna vrednost trouglastog fuzzy broja može prikazati korišćenjem različitih metoda defazifikacije, u ovom radu primenjujemo metodu Centroida (4).

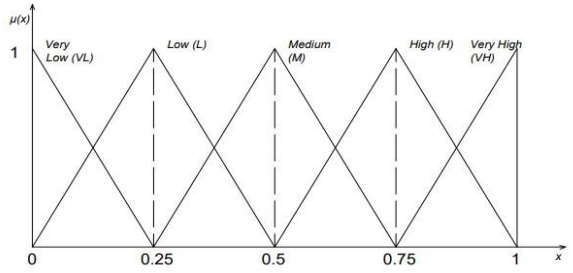
$$d(\tilde{A}, \tilde{N}) = \sqrt{\frac{[(a1 - n1)^2 + (a2 - n2)^2 + (a3 - n3)^2]}{3}} \tag{3}$$

$$x_0(\tilde{A}) = \frac{a1 + a2 + a3}{3} \tag{4}$$

U okviru procesa donošenja odluka, stručnjaci često imaju tendenciju da koriste lingvističke varijable da bi se prilagodili nejasnoći sadržanoj u njihovim odlukama. Sledeći skupovi lingvističkih termina sa njihovim odgovarajućim trouglastim fuzzy brojevima (videti sliku 2) su usvojeni da izraze vrednosti lingvističkih varijabli kako bi se ponderisali faktori rizika i procenile ocene rizika od otkaza u odnosu na ove faktore.



Slika 2. Trouglasti fuzzy broj



Slika 2. Lingvističke promenljive

2.3. TOPSIS metoda

Metoda TOPSIS (**T**echniques for **O**rder **P**reference by **S**imilarity to **I**deal **S**olution) definiše rešenje iz krajnje grupe elemenata na osnovu mere udaljenosti od idealnog rešenja. Primena ovog principa mere udaljenosti od idealnog rešenja u TOPSIS-u eliminiše mogućnost subjektivnog odlučivanja (Olson, 2004). Rangiranje alternativa se zasniva na meri relativne bliskosti idealnom rešenju i meri relativne udaljenosti od anti-idealnog rešenja. Idealno rešenje predstavlja kombinaciju najboljih alternativnih vrednosti za svaki kriterijum, dok anti-idealno rešenje predstavlja kombinaciju najgorih alternativnih vrednosti za svaki kriterijum. Idealna i anti-idealna rešenja se definišu za svaki kriterijum posebno uzimajući u obzir da li je kriterijum minimizacionog ili maksimizacionog tipa. Algoritam TOPSIS metode sastoji se od sledećih koraka:

Korak 1: Formiranje matrice odlučivanja za alternative (A1, A2, ...Am) prema usvojenim kriterijumima (C1, C2, ...Cn), i kriterijumske funkcije (f1, f2, ...fn). Element matrice predstavlja vrednosti j funkcije kriterijuma za i-tu alternativu.

Korak 2: Normalizacija vrednosti matrice odlučivanja vrši se sa ciljem svođenja vrednosti na bezdimenzionalnu vrednost prema relaciji ispod (5).

$$x_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} f_{ij}^2}} \tag{5}$$

Korak 3: Određivanje vrednosti težinskih koeficijenata (w1, w2, ...wn) i formiranje otežane normalizovane matrice. Element matrice vij predstavlja proizvod vrednosti težinskog koeficijenta wij i normalizovane vrednosti alternative xij.

Korak 4: Određivanje idealnog rešenja (A*) i anti-idealnog rešenja (A-) kao kombinacije najbolje (vj*) i najgore (vj) vrednosti alternativa po svim kriterijumima (6).

$$A^* = \left\{ v_1^*, v_2^*, ..., v_m^* \right\} \ , \ \ A^- = \left\{ v_1^-, v_2^-, ..., v_m^- \right\} \tag{6}$$

Korak 5: Određivanje relativnih mera udaljenosti alternativa od idealnih rešenja (7).

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^* \right)^2} \ , \ \ S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^- \right)^2} \ , \ i = 1,...,m \tag{7}$$

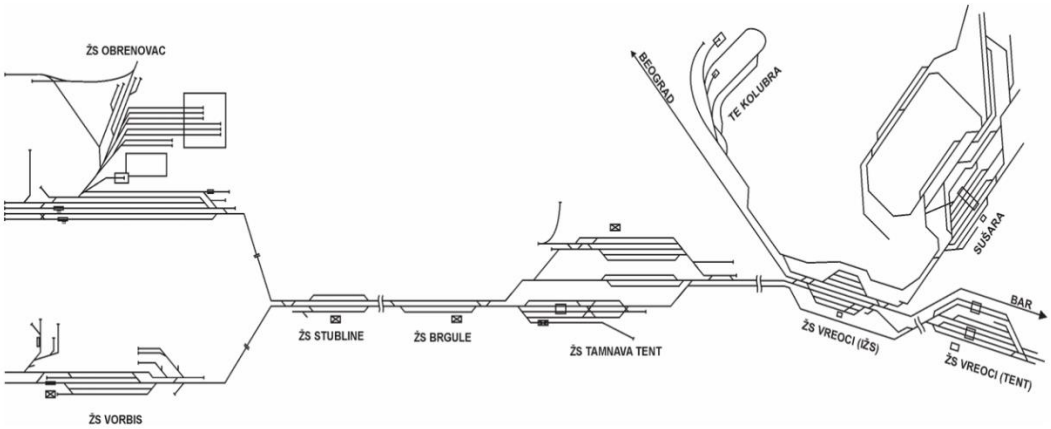
Korak 6: Određivanje relativne bliskosti idealnom rešenju (8).

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \ , \ \ i = 1,...,m \tag{8}$$

Korak 7: Rangiranje alternativa prema relativnoj bliskosti idealnom rešenju.

3. ILUSTRATIVNI PRIMER

U ovom radu kao ilustrativan primer korišćena je mreža pruga industrijske železnice rudarskog basena „Kolubara" (videti sliku 3), odnosno skretnica kao sistem i njeni elementi kao podsistem u stanici Sušara. Osnovna delatnost Rudarskog basena „Kolubara" je proizvodnja uglja za proizvodnju električne energije. Rudarski basen „Kolubara" je vodeći proizvođač uglja u Srbiji, na čijim površinskim kopovima se godišnje proizvede oko 30 miliona tona lignita. Taj iznos je oko 70 odsto ukupne proizvodnje uglja u okviru „Elektroprivrede Srbije". Oko 52 odsto električne energije u Srbiji proizvodi se iz kolubarskog lignita.



Slika 3. Šematski prikaz mreže industrijske železnice ,,Kolubara"

S obzirom da je skretnica jedan od najvažnijih i najranjivijih delova železničke infrastrukture, potrebno je analizirati elemente skretnice i utvrditi koji od njih je najkritičniji, odnosno koji je izložen najvećem riziku od kvara. FMEA pristup je korišćen za analizu 13 komponenti jedne skretnice. Eksperti iz saobraćajnog inženjerstva (donosilac odluke 1 - DM1) i građevinarstva (donosilac odluke 2 - DM2) dali su svoje lingvističke ocene za faktore rizika: ozbiljnost (S), pojavu (O) i detekciju (D), koje su prikazane u tabeli. 4. Ovi faktori rizika se smatraju kriterijumima u modelu, dok se 13 komponenti skretnice razmatraju kao alternative.

Tabela 1. Elementi skretnice i lingvističke fuzzy ocene prema faktorima rizika

	Elementi skretnice	DM_1			DM_2		
		S	O	D	S	O	D
1	Glavne šine	H	VL	H	H	L	H
2	Jezičci	VH	M	H	VH	H	H
3	Klizno jastuče	M	VH	L	M	VH	M
4	Spojna motka	M	M	L	H	M	L
5	Potezna motka	M	H	L	H	H	M
6	Postavljač	L	M	VL	M	M	VL
7	Vrh srca	VH	H	H	VH	H	H
8	Krilne šine	M	L	M	H	H	M
9	Šina vođica	VH	M	H	VH	H	H
10	Podložna ploča	L	L	H	M	M	H
11	Korenska podložna ploča	H	L	H	VH	M	VH
12	Prag	M	L	H	H	L	H
13	Tucanički zastor	H	M	L	H	M	H

Tabela 2. Značaj kriterijuma prema mišljenju eksperata

	K_1 (S)	K_2 (O)	K_3 (D)
DM_1	VH	L	M
DM_2	VH	L	H

Svaki donosilac odluka koristi lingvističke promenljive prikazane na slici 2 da bi dodelio ocene rizika elemenata skretnice (alternativa) u odnosu na specifični faktor rizika. Lingvističke ocene koje donosioci odluka daju ocenama alternativa i značaju kriterijuma prikazane su u tabeli 1 i tabeli 2. Lingvističke ocene prikazane u tabelama 1 i 2 su transformisane u trouglaste fuzzy brojeve. Fuzzy brojevi su agregirani na osnovu kojih se izvode subjektivne fuzzy težine kriterijuma i fuzzy ocene alternativa koje se odnose na svaki kriterijum kao u što je prikazano u tabeli 3. Nakon toga, vrednosti iz matrice se defazifikuju korišćenjem jednačine (4).

Tabela 3. Agregirane fuzzy ocene alternativa i subjektivni težinski koeficijenti kriterijuma

	K_1 (S)	K_2 (O)	K_3 (D)
w_j^s	(0.75, 1, 1)	(0, 0.25, 0.5)	(0.25, 0.63, 1)
A_1	(0.5, 0.75, 1)	(0, 0.13, 0.5)	(0.5, 0.75, 1)
A_2	(0.75, 1, 1)	(0.25, 0.63, 1)	(0.5, 0.75, 1)
A_3	(0.25, 0.5, 0.75)	(0.75, 1, 1)	(0, 0.38, 0.75)
A_4	(0.25, 0.63, 1)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0, 0.25, 0.5)
A_5	(0.25, 0.63, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0, 0.38, 0.75)
A_6	(0, 0.38, 0.75)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0, 0, 0.25)
A_7	(0.75, 1, 1)	(0.5, 0.75, 1)	(0.5, 0.75, 1)
A_8	(0.25, 0.63, 1)	(0, 0.5, 1)	(0.25, 0.5, 0.75)
A_9	(0.75, 1, 1)	(0.25, 0.63, 1)	(0.5, 0.75, 1)
A_{10}	(0, 0.38, 0.75)	(0, 0.38, 0.75)	(0.5, 0.75, 1)
A_{11}	(0.5, 0.88, 1)	(0, 0.38, 0.75)	(0.5, 0.88, 1)
A_{12}	(0.25, 0.63, 1)	(0, 0.25, 0.5)	(0.5, 0.75, 1)
A_{13}	(0.5, 0.75, 1)	(0.25, 0.5, 0.75)	(0, 0.5, 1)

Tabela 4. Defazifikovane vrednosti

	K_1 (S)	**K_2 (O)**	**K_3 (D)**
$\mathbf{w_j^s}$	0.92	0.25	0.63
$\mathbf{A_1}$	0.75	0.21	0.75
$\mathbf{A_2}$	0.92	0.63	0.75
$\mathbf{A_3}$	0.50	0.92	0.38
$\mathbf{A_4}$	0.63	0.50	0.25
$\mathbf{A_5}$	0.63	0.75	0.38
$\mathbf{A_6}$	0.38	0.50	0.08
$\mathbf{A_7}$	0.92	0.75	0.75
$\mathbf{A_8}$	0.63	0.50	0.50
$\mathbf{A_9}$	0.92	0.63	0.75
$\mathbf{A_{10}}$	0.38	0.38	0.75
$\mathbf{A_{11}}$	0.79	0.38	0.79
$\mathbf{A_{12}}$	0.63	0.25	0.75
$\mathbf{A_{13}}$	0.75	0.50	0.50

Tabela 6. Normalizovane vrednosti

	K_1 (S)	**K_2 (O)**	**K_3 (D)**
$\mathbf{w_j^s}$	0.51	0.14	0.35
$\mathbf{A_1}$	0.297	0.102	0.340
$\mathbf{A_2}$	0.363	0.307	0.340
$\mathbf{A_3}$	0.198	0.451	0.170
$\mathbf{A_4}$	0.248	0.246	0.113
$\mathbf{A_5}$	0.248	0.369	0.170
$\mathbf{A_6}$	0.149	0.246	0.038
$\mathbf{A_7}$	0.363	0.369	0.340
$\mathbf{A_8}$	0.248	0.246	0.227
$\mathbf{A_9}$	0.363	0.307	0.340
$\mathbf{A_{10}}$	0.149	0.184	0.340
$\mathbf{A_{11}}$	0.314	0.184	0.359
$\mathbf{A_{12}}$	0.248	0.123	0.340
$\mathbf{A_{13}}$	0.297	0.246	0.227

Tabela 5. Subjektivni težinski koeficijenti

	K_1 (S)	**K_2 (O)**	**K_3 (D)**
$\mathbf{w_j^s}$	0.51	0.14	0.35

U tabeli 4 je prikazana defazifikovana matrica, gde je od tri vrednosti iz tabele 3 prikazana jedna srednja vrednost, koja reprezentuje njih. Tabela 5 prikazuje subjektivne težinske koeficijente, koji su dobijeni tako da predstavljaju količnik određene vrednosti i ukupnog zbira tih vrednosti (npr. 0.92:(0.92+0.25+0.63) =0.51). U narednoj tabeli 6 prikazane su normalizovane vrednosti za sve alternative dobijene kao količnik određene vrednosti i kvadratnog korena zbira kvadrata svih tih vrednosti po određenom kriterijumu (npr. $0.75:(0.75^2+0.92^2+\ldots+0.75^2)^{1/2}=0.297$). Ova tabela zapravo i predstavlja prvi korak i ulaz u TOPSIS metodu. Naredni korak predstavlja ponderisanje matrice, odnosno množenje svih vrednosti sa odgovarajućim težinskim koeficijentima što je prikazano u tabeli 7. Nakon toga prelazi se na određivanje idealnog i anti-idealnog rešenja (tabela 8), a zatim se određuje relativna mera udaljenosti alternativa od idealnih rešenja koristeći formule (7). Nakon toga određuje se relativna bliskost idealnom rešenju pomoću formule (8), videti tabelu 9. Na samom kraju je prikazan rang alternativa, odnosno kritični elementi skretnice.

Tabela 7. Ponderisana matrica

	K_1 (S)	K_2 (O)	K_3 (D)
A_1	0.152	0.014	0.119
A_2	0.186	0.043	0.119
A_3	0.101	0.063	0.059
A_4	0.127	0.034	0.040
A_5	0.127	0.051	0.059
A_6	0.076	0.034	0.013
A_7	0.186	0.051	0.119
A_8	0.127	0.034	0.079
A_9	0.186	0.043	0.119
A_{10}	0.076	0.026	0.119
A_{11}	0.161	0.026	0.125
A_{12}	0.127	0.017	0.119
A_{13}	0.152	0.034	0.079

Tabela 8. Idealno i anti-idealno rešenje

	S	O	D
A*	0.076	0.014	0.013
A-	0.186	0.063	0.125

Tabela 9. Relativna bliskost idealnom rešenju i konačni rang

	Si*	Si-	C	Rang
A_1	0.1301	0.0596	0.314	**5**
A_2	0.1550	0.0211	0.120	**2**
A_3	0.0717	0.1072	0.599	**11**
A_4	0.0606	0.1080	0.641	**12**
A_5	0.0780	0.0893	0.534	**10**
A_6	0.0200	0.1596	0.889	**13**
A_7	0.1568	0.0132	0.078	**1**
A_8	0.0856	0.0803	0.484	**8**
A_9	0.1550	0.0211	0.120	**2**
A_{10}	0.1062	0.1161	0.522	**9**
A_{11}	0.1409	0.0450	0.242	**4**
A_{12}	0.1171	0.0751	0.391	**7**
A_{13}	0.1026	0.0640	0.384	**6**

Slika 4. Prikaz najkritičnijih elemenata skretnice

4. DISKUSIJA REZULUTATA I ZAKLJUČAK

U ovom radu posmatrana je skretnica, kao jedan od osnovnih i neophodnih elemenata za funkcionisanje železničkog saobraćaja. Skretnica je sistem od nekoliko elemenata. Svi sastavni elementi su veoma bitni i neophodno je da budu ispravni za normalno funkcionisanje skretnice. Metodom FMEA detaljno je posmatrano 13 elemenata. Stručnjaci iz oblasti saobraćaja i građevinarstva dali su svoje stručne lingvističke ocene za 3 ključna faktora rizika, a to su ozbiljnost (S), pojava (O) i detekcija (D), zbog čega je u ovom modelu primenjen fuzzy pristup. Nakon toga, TOPSIS metodom višekriterijumskog odlučivanja, određeni su elementi skretnice sa najvećom mogućnošću otkaza, sve do onih elemenata sa najmanjom mogućnošću otkaza. Kriterijumi su bili faktori rizika, dok su alternative elementi skretnice, njih 13.

Rezultati su pokazali da su najkritičniji elementi vrh srca (7), jezičci (2) i šine vođice (9). Ovi rezultati pokazuju da su elementi koji predstavljaju ključne elemente skretnice upravo najugroženiji, s obzirom na to da trpe velika opterećenja od vozova. Potrebno ih je redovno kontrolisati i održavati. Elementi korenska podložna ploča (11), glavne šine (1) i tucanički zastor (13) su nešto manje izloženi riziku od najkritičnijih, ali ne treba zanemariti ni njihovo održavanje, jer njihov defekt ugrožava bezbednost saobraćaja i prekida saobraćaj. Elementi 3, 4, 5, 10 i 12 pripadaju grupi srednje rizičnih elemenata. Element sa najmanjim rizikom od kvara je postavljač (6).

Uz pomoć ovog modela mogu se na vrlo jasan i detaljan način odrediti potencijalno kritični elementi sistema, a kasnije i razmotriti koraci koje treba preduzeti u cilju smanjenja rizika.

5. LITERATURA

Bellman, RE., Zadeh, LA., 1970. "Decision-making in a fuzzy environment", Manag Sci, vol. 17, no. 4, pp. 141–164.

Chen, CT., 2000. "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment", Fuzzy Sets Syst, vol. 114, no. 1, pp. 1–9.

Cheng, C-H., Lin, Y., 2002. "Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation", Eur J Oper Res, vol. 142, no. 1, pp. 174– 186.

Dindar, S., Kaewunruen, S., 2018. "Assessment of Turnout-Related Derailments by Various Causes". In: Pombo J., Jing G. (eds) Recent Developments in Railway Track and Transportation Engineering. GeoMEast 2017. Sustainable Civil Infrastructures. Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-319-61627-8_2.

Dindar, S., Kaewunruean, S., An, M., Gigante-Barrera, A., 2017. "Derailment-based Fault Tree Analysis on Risk Management of Railway Turnout Systems", IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, vol. 245, 042020 doi:10.1088/1757-899X/245/4/042020

Ebrahimi, S., Vachal, K., Szmerekovsky, J., 2022. "A Delphi-FMEA model to assess county-level speeding crash risk in North Dakota", Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, vol. 16, no. 1, pp. 1-11.

Fu, S., Yu, Y., Chen, J., Han, B., Wu, Z., 2022. "Towards a probabilistic approach for risk analysis of nuclear-powered icebreakers using FMEA and FRAM", Ocean Engineering, https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112041

Ivić, M., 2005. Železničke pruge i stanice – postrojenja za vezu koloseka, Saobraćajni fakultet, Beograd.

Mardani, A., Jusoh, A., Zavadskas, EK., 2015. "Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications – two decades review from 1994 to 2014", Expert Syst Appl, vol. 42, no. 8, pp. 4126–4148.

Olson, D.L.: Comparison of Weights in TOPSIS Models, Mathematical and Computer Modelling 40(2004)7–8, 721-727.

Ouyang, L., Che, Y., Yan, L., Park, C., 2022. "Multiple perspectives on analyzing risk factors in FMEA", Computers in Industry, vol. 141, pp 1-13.

Shafabakhsh, G., Hadjihoseinlou, M., Taghizadeh, SA., 2014. "Selecting the appropriate public transportation system to access the Sari International airport by fuzzy decision making", Eur Transp Res Rev, vol. 6, no. 3, pp. 277–285.

Zadeh, LA., 1965. "Fuzzy sets", Inf Control, vol. 8, no. 3, pp. 338–353.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

MODEL OF REGULATION OF THE RAILWAY TRANSPORT MARKET IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

MODELIRANJE REGULACIJE ŽELJEZNIČKOG TRANSPORTNOG TRŽIŠTA U BOSNI I HERCEGOVINI

Ratko Đuričić[a], Nermin Čabrić[b], Danijela Despotović[c], Vladimir Malčić[a]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, ratko.djuricic@sf.ues.rs.ba, vladimir.malcic@sf.ues.rs.ba*

[b] *University of Sarajevo, Faculty of Traffic and Communications Sarajevo, Zmaja od Bosne 8, Sarajevo 71000, Bosnia and Herzegovina, nermin.cabric@fsk.unsa.ba*

[c] *University of Business Academy, Geri Karolja 1, 21000, Novi Sad, Serbia, danijela.despotovic@pravni-fakultet.info*

Abstract: *Bosnia and Herzegovina's determination to develop a open railway service market creates an obligation on the part of the state to establish a legislative framework that ensures equal realization of entrepreneurial rights among all participants. The process of liberalization railway transport market in Bosnia and Herzegovina began back in 2005 with the Act on Railways, which for the first time regulates the issue of opening the railway services market through the establishment of the Regulatory Board. Since the adoption of the Act in 2005, secondary legal regulations of the European Union have changed significantly, which implied the amendments of the Act on Railways, but it has never been done. This paper presents regulatory bodies and offers way of regulation of the open railway transport market with the aim of upgrading the Act on Railways, i.e. the Regulatory Board, all for the purpose of liberalizing the railway market in Bosnia and Herzegovina.*

Key words: *Acquis communautaire, regulatory body, liberalization, railway mark*

Apstrakt*: Opredjeljenje Bosne i Hercegovine za razvoj otvorenog željezničkog tržišta usluga stvara obvezu na strani države da uspostavi zakonodavni okvir koji osigurava ostvarenje preduzetničkih prava na jednakim i ravnopravnim osnovama među svim učesnicima na tom tržištu. Proces liberalizacije željezničkog transportnog tržišta u Bosni i Hercegovini započeo je davne 2005. godine donošenjem Zakona o željeznici, kojim se po prvi put uređuje, pored ostalog i pitanje otvaranja tržišta željezničkih usluga kroz osnivanje Regulatornog odbora. Od donošenja Zakona 2005. godine sekundarni pravni propisi Evropske unije u međuvremenu su značajno mijenjali što je podrazumjevalo nadgradnju donesenog Zakona o željeznicama, a ta nadgradnja nikada više nije rađena. U radu su prikazana regulatorna tjela i ponuđen način regulacije otvorenog željezničkog transportnog tžišta sa ciljem nadgradnje Zakona o željeznicama, odnosno Regulatornog odbora, a sve u svrhu liberizacije željezničkog tržišta u Bosni i Hercegovini.*

Ključne riječi: *Acquis communautaire, regulatorno tijelo, liberizacija, željezničko tržište*

1. UVOD

U većem dijelu Evrope preovladava mišljenje da bi svi tržišni segmenti kao što su dobra, usluge, rad i ostali faktori trebali biti regulisani da bi se poboljšala organizacija tržišta te da bi se osigurala konkurentnost svih tržišnih učesnika. Kako tržište čine pravna i fizička lica, neophodno je osigurati zakonsku regulativu koja će regulisati sva statusna pitanja i osigurati nesmetan rada tržišta i obezbijediti ravnopravan položaj svih učesnika na tržištu. Prioritet Evropske unije je ostvarenje SERA-e (eng. Single European Reailway Area) kao načina dugoročnog osiguranja konkurentnosti željezničkog transporata. Krajnji cilj je maksimalno pojednostavljenje postupka pružanja željezničkih prevoznih usluga uz što veći stepen povećanja kvaliteta tih istih usluga. Opredjeljenje Bosne i Hercegovine za razvoj otvorenog željezničkog tržišta usluga stvara obvezu na strani

države da uspostavi zakonodavni okvir koji osigurava ostvarenje preduzetničkih prava na jednakim i ravnopravnim osnovama među svim učesnicima na tom tržištu.

S obzirom na složenost Bosne i Hercegovine, gdje su nadležnosti podijeljene između državnog, entitetskog, kantonalnog i nivoa Brčko distrikta Bosne i Hercegovine, postavlja se pitanje ko treba da reguliše otvoreno transportno tržište? Dosadašnjim iskustvom funkcionisanja otvorenog tržišta u razvijenim državama, država je pokazala na neke nedostatke u procesu regulisanja ukupne privrede, ali ipak preovladava mišljenje da je privreda, pa samim time i saobraćaj kao grana privrede, stabilniji uz državnu intervenciju nego da je prepušten na milost i nemilost "prirodnih zakona". Država bi na neki način morala biti prisutna na otvorenom transportnom tržištu, tako da se procesi mogu sigurno i neometano odvijati i da postoje jednaki uslovi za sve učesnike transportnog tržišta.

2. LIBERALIZACIJA ŽELJEZNIČKOG TRŽIŠTA

Proces liberalizacije željezničkog tržišta u Bosni i Hercegovini započeo je davne 2005. godine donošenjem Zakona o željeznici, kojim se po prvi put uređuje, pored ostalog i pitanje otvaranja tržišta željezničkih usluga kroz osnivanje Regulatornog odbora. Stavara se okvir za omogućavanje ostvarenja funkcija nezavisnog regulatornog tijela u području željezničkih usluga sa svrhom da se omogući nediskriminacija i jednak pristup svim učesnicima na tržištu željezničkih usluga pod jednakim uslovima.

Donošenjem tog zakona, te ustrojavanjem Regulatornog odbora, krenulo se u proces harmonizacije domaćeg zakonodavstva sa zakonodavstvom Evropske unije kroz prihvatanje i implementaciju sekundarnih pravnih propisa koji regulišu ova pitanja, prije svega Direktive 2001/14/EZ o dodjeli kapaciteta željezničke infrastrukture i određivanju naknada za upotrebu željezničke infrastrukture te potvrdu o bezbjednosti. Od donošenja Zakona 2005. godine sekundarni pravni propisi Evropske unije u međuvremenu su značajno mijenjali što je podrazumjevalo nadgradnju donesenog Zakona o željeznicama, a ta nadgradnja nikada više nije rađena. To ukazuje na stagnaciju harmonizacije domaćeg zakonodavstva u odnosu na evropske procese reforme željezničkog sektora. Veoma važna Direktiva Europskog parlamenta i Vijeća 2012/34/EU iz 2012. godine o osnivanju jedinstvenog evropskog željezničkog prostora, a kojom se na jedinstven način uređuje prostor željezničkog saobraćaja Evropske unije, te područje regulacije tržišta željezničkih usluga, usmjerava na odredbe koje uređuju područje regulacije tržišta željezničkih usluga, koja daje smjernice za za cjelovito uređenje područja regulacije tržišta željezničkih usluga, nikada nije ugrađena u Zakon o željeznicama Bosne i Hercegovine („Službeni glasnik BiH", br. 52/05).

3. ULOGA REGULATORNIH TIJELA

Zašto su, uopšteno, nastala regulatorna tijela? Istorijsko iskustvo govori da ne postoji ravnoteža na otvorenom tržištu zbog djelovanja različitih uticaja od strane monopolista, malog broja davaoca usluge, privatnog sektora, države, itd. Drugim riječima, ako država ne preduzima određene mjere onda raste uticaj monopolista ili oligopola u datom sektoru što na kraju uvijek ugrožava interese krajnjeg potrošača. Zbog toga je nužno formirati tijelo koje će regulisati aktivnosti na tržištu.

Tabela 1. Tipovi regulatornih tijela u EU, podaci za 2017. godinu (Bošković, B. 2020)

	Nezavisno željezničko regulatorno tijelo	Željezničko regulatorno tijelo integrisano u	
		intermodalno transportno regulatorno tijelo	intersektorsko tijelo nadležno za sve sektore mrežne privrede
Države članice EU	Austrija, Bugarska, Grčka, Danska, Letonija, Poljska, Rumunija, Slovačka	Belgija, Velika Britanija, Irska, Italija, Mađarska, Portugal, Finska, Francuska, Češka	Estonija, Litvanija, Luksemburg, Njemačka, Slovenija, Holandija, Hrvatska, Španija
Prednost	Zaposleni imaju stručnost i iskustvo potrebno za regulisanje željezničkog sektora; Zadatak regulatornog tijela je razvoj samo željezničkog tržišta	Problemi narušavanja konkurencije i diskriminacije se sada posmatraju u širem kontekstu od željezničkog sektora; Olakšana razmjena iskustva liberalizacije i regulisanja različitih vidova transporta.	Omogućena je razmjena iskustva i najbolje prakse između više sektora privrede
Nedostaci	Širi transportni problemi se mogu izgubiti iz vida	Rizik od skretanja fokusa od čisto željezničkih problema na šire transportne probleme	Rizik od nepoštovanja stavova direktive 2012/34/EU u pogledu upravljanja i strukture regulatornog tijela; Rizik od angažovanja zaposlenih bez stručnosti i iskustva potrebnih za regulisanje željezničkog sektora.

Za pojam regulatornog tijela direktno je vezan i pojam nezavisnosti u njihovom radu. Naime, samostalna regulatorna tijela nastala su kao rezultat potrebe da se regulatorne aktivnosti države obavljaju nezavisno od centralne vlade i bez njene direktne političke kontrole. Radi se o potrebi za nezavisnom regulacijom, tj. upravljanjem nekim područjem koje je nezavisno od kratkoročnih političkih namjera oličenih u vladi i ministarstvima. Regulacija u tom kontekstu obuhvata djelatnost javnog željezničkog prevoza, a provodi se putem nadležnog regulatornog tijela sa osnovnom ulogom osiguravanja otvorenog i nediskriminirajućeg ponašanja između Upravitelja infrastrukture i Željezničkih preduzeća na tržištu željezničkih usluga. Prema (Bošković B., 2020) postoje tri načina organizacije željezničkih regulatornih tijela u Evropi s obzirom na njegovu poziciju u odnosu na druga regulatorna tijela.

Sa otvaranjem željezničkog tržišta i njegovom sve većom liberalizacijom, EU zakonodavstvo u području željeznica propisuje da države članice trebaju da osnuju nekoliko vrsta regulatornih tijela. To su:

1) Tijelo za bezbjednost;
2) Tijelo za regulisanje tržišnih odnosa na željezničkoj infrastrukturi;
3) Tijelo za istragu željezničkih nesreća;
4) Licencno tijelo;
5) Tijelo koje provodi prijavljivanje.

1) Tijelo za bezbjednost (eng. Safety Authority) je nezavisno državno tijelo, odnosno nacionalno tijelo nadležno za pitanja bezbjednosti željeznice u skladu sa Direktivom (EU) 2016/798. Svaka država članica EU osniva nacionalno tijelo nadležno za bezbjednost. Države članice EU osiguravaju da nacionalno tijelo nadležno za bezbjednost ima potrebne unutarnje i vanjske organizacione kapacitete u smislu ljudskih i materijalnih resursa (Đuričić R. i dr., 2017.). U pogledu organizacije, pravne strukture i odlučivanja to tijelo neovisno je od svih željezničkih preduzeća (operatora), upravitelja infrastrukture, i od svih subjektata koji dodjeljuje ugovore o javnim uslugama. Odgovornost za bezbjedno funkcionisanje željezničkog sistema i kontrolu rizika je na upraviteljima infrastrukture i željezničkim preduzećima (Čabrić i Đuričić, 2016), (Gojković B. i dr., 2021). Proces analize bezbjednosti željezničkog sistema može se podjeliti na fazu analize rizika i fazu kontrole opasnosti (Čabrić i Đuričić, 2017).

Nadležnosti tijela za bezbjednost u skladu sa Direktivom (EU) 2016/797 (direktiva o interoperabilnosti): odobravanje i puštanje u upotrebu pružnih saobraćajno-upravljačkih i signalno-sigurnosnih podsistema, elektroenergetskih i građevinskih podsistema koji čine željeznički sistem EU (član 18); izdavanje, obnavljanje, izmjena i ukidanje odobrenja za stavljanje vozila na tržište (član 21); pružanje podrške Agenciji - ERA pri izdavanju, obnavljanju, izmjeni i ukidanju odobrenja za stavljanje vozila na tržište (član 21); odobrenja tipa vozila (član 24); nadziranje, na svom državnom području, usklađenosti sastavnih dijelova interoperabilnosti s osnovnim zahtjevima kako je propisano u članu; osiguravanje da je željezničkom vozilu dodijeljen broj (član 46).

Nadležnosti tijela za bezbjednost u skladu sa Direktivom (EU) 2016/798 (direktiva o bezbjednosti): pružanje podrške Agenciji - ERA pri izdavanju, obnavljanju, izmjeni i ukidanju jedinstvenih potvrda o bezbjednosti dodijeljenih u skladu s članom 10 direktive; izdavanje, obnavljanje, izmjena i ukidanje jedinstvenih potvrda o bezbjednosti željezničkim preduzećima (operatorima); izdavanje, obnavljanje, izmjena i ukidanje uvjerenja o bezbjednosti za upravitelja infrastrukture dodijeljenih u skladu s članom 12 direktive o bezbjednosti; nadgledanje, promovisanje i, prema potrebi, izvršavanje i ažuriranje regulatornog okvira u području bezbjednosti uključujući sistem nacionalnih pravila; nadziranje željezničkih prevoznika i upravitelja infrastrukture (član 17).

Ako je to primjenjivo te u skladu s nacionalnim pravom, nacionalno tijelo za bezbjednost izdaje, obnavlja, vrši izmjene i ukida dozvola za mašinovođe u skladu s Direktivom 2007/59/EZ. Takođe ako je to primjenjivo te u skladu s nacionalnim pravom, izdaje, obnavlja, mijenje i ukida ovlaštenja izdanih subjektima nadležnima za održavanje te vrši kontrolu i nadzor registra mobilnih kapaciteta, registra infrastrukture i registra mašinovođa.

Nezavisnost tijela za bezbjednost mora biti u odnosu na: željezničke prevoznike - ŽP, upravitelja infrastrukture - UI, tijela za istragu nesreća, imaoca mobilnih kapaciteta, proizvođače dijelova i opreme za mobilna sredstva i za željezničku infrastrukturu, tijela za prijavljivanje, tijela za dodjelu kapaciteta, tijela uključena u pitanja bezbjednosti, tijela koja zaključuju ugovor sa nabavljačima i potpisuju ugovore o prevozu putnika iz obaveze pružanja usluga javnog servisa član 16 Direktive (EU) 2016/797.

2) Regulatorno tijelo (eng. Regulatory Body) je tijelo za regulisanje tržišta željezničkih usluga. Prema direktivi 2012/34/EU regulatorno tijelo (u daljem tekstu RT) je javna institucija (vladina ili parlamentarna agencija) odgovorna za samostalno regulisanje željezničkog tržišta. RT prvenstveno odlučuje po prigovorima željezničkog preduzeća/prevoznika u vezi dodjele trase voza i naknade za korišćenje infrastrukture, imajući u vidu

nepravedno postupanje ili diskriminaciju od strane upravitelja infrastrukture. To je samostalno tijelo koje je u organizacionom, funkcionalnom, hijerarhijskom i u pogledu odlučivanja, pravno zasebno i nezavisno od bilo kojeg drugog javnog ili privatnog entiteta (tzv. institucionalna nezavisnost). Institucionalna odvojenost RT (Bošković, B. 2020) je nezavisnost u smislu da direktor nije odgovoran nadležnom ministarstvu za transport odnosno da ima „svoju glavu“ (having an own head) i da RT ima svoj poseban budžet. RT za željezničko tržište može biti organizaciono povezano sa tijelom za bezbjednost ili/i tijelom za dodjelu licenci. Regulatorno tijelo ima tri vrste nadležnosti: kontrola, apelacija i nadzor kompetencija (Đuričić R. i dr., 2017.).

Regulatorno tijelo nadležno je za: izjavu o mreži i kriterije koje ona treba da sadrži (npr. kriterij za prioritete u dodjeli kapaciteta), proces dodjele kapaciteta i rezultate istih kao i kontrola prava pristupa, sistem za naplaćivanje naknada, struktura i stepen naknada za korištenje infrastrukture, kontrola pravila za naplaćivanje naknada, nadzor prigovora između željezničkog prevoznika i upravitelja infrastrukture i kontrolu konkurencije. Član 55 i 56 Direktive (EU) 2012/34. ***Regulatorno tijelo treba da ima zaposlene i upravu koja garantuje njegovu nezavisnost od***: upravitelja infrastrukture, željezničkog prevoznika, tijela za dodjelu kapaciteta, tijela koji utvrđuje naknade za korištenje infrastrukture, tijela koje odobrava izjavu o mreži ali Regulatorno tijelo mora da kontroliše da se izjava o mreži, dodjela kapaciteta ili utvrđivanje naknade vrši na nediskriminirajući način i tijela za istragu nesreća Član 55 i 56 Direktive (EU) 2012/34.

3) Tijelo za istragu željzničkih nesreća treba da sprovodi stalno tijelo koje je nezavisno od akterâ pri čemu su ovdje akteri ne samo direktni učesnici u nesreći - upravitelja infrastrukture i željeznička preduzeća, već i ostali učesnici u željezničkom sektoru poput predlagača i donosilaca propisa, inspekcijski organi, nacionalno tijelo za bezbjednost sa svim svojim nadležnostima, nadležno ministarstvo i vlada sa investicionom politikom i politikom subvencijâ itd. Zbog toga pozicija tijela za istrage treba da bude takva da se izbjegne bilo kakav sukob interesa i moguća umješanost u uzroke događaja koji su predmet istrage. Samo tako se može obezbijediti istraga na što otvoreniji način i omogućiti dolazak do početnih, a ne krajnjih uzroka nesreća.

Tijelo za istragu željzničkih nesreća nadležno je da: sprovodi istrage ozbiljnih nesreća, može istražiti i one nesreće i incidente koji su pod neznatno drukčijim uslovima mogli dovesti do ozbiljnih nesreća, uključujući tehničke kvarove strukturnih podsistema ili sastavnih dijelova interoperabilnosti željezničkog sistema, može odlučiti treba li ili ne treba provesti istragu u vezi s takvom nesrećom ili incidentom. Pri donošenju odluke ono uzima u obzir: težinu nesreće ili incidenta, je li ona jedna u nizu nesreća ili incidenata koji su značajni za sistem u cjelini, uticaj na bezbjednost željeznica, kao i zahtjeve upravitelja infrastrukture, željezničkih prevoznika, nacionalnog tijela nadležnog za bezbjednost Član 22 Direktive (EU) 2016/798. ***Tijela za istragu željezničkih nesreća organizaciono, pravno i u smislu odlučivanja nezavisno od***: upravitelja infrastrukture, željezničkog prevoznika, tijela za naplatu naknada infrastrukturi, tijela za dodjelu kapaciteta i tijela za ocjenu usklađenosti. Osim toga, ono je funkcionalno nezavisno od: nacionalnog tijela nadležnog za bezbjednost, Agencije-ERA i svakog regulatornog tijela za željeznice Član 22 Direktive (EU) 2016/798.

4) Tijelo odgovorno za dodjelu Licenci - Licencno tijelo (eng. Licensing Body) je tijelo nadležno za izdavanje licenci željezničkim preduzećima (prevoznik/operator). Jedini uslov nezavisnosti kod licencnog tijela je da bude nezavisno od onih koji pružaju usluge željezničkog transporta, tj. od željezničkih preduzeća. U opštem slučaju pojam licence se odnosi na neku dozvolu kao i na dokument na koji se ta dozvola odnosi. Kada su u pitanju željeznička preduzeća pojam licence označava dozvolu (saglasnost, potvrdu, ili drugi akt propisan kao uslov) za rad i obavljanje djelatnosti transporta robe i putnika (Đuričić R i dr., 2017.). Da bi dobilo licencu željezničko preduzeće mora da ispuni uslove koji se odnose na dobru reputaciju, finansijsku stabilnost, stručne kompetencije zaposlenih i pokriće za građansku odgovornost. Svaka država članica EU imenuje tijelo koje će biti nadležno za izdavanje željezničkim prevoznicima Licence za obavljanje prijevoza. Međutim, takva Licenca, sama po sebi, ne daje nositelju pravo pristupa željezničkoj infrastrukturi. Tijelo koje izdaje Licencu ne smije pružati željezničke usluge i nezavisno je od preduzeća i pravnih osoba koje pružaju takve usluge Član 16 Direktive (EU) 2012/34.

5) Tijelo koje provodi prijavljivanje – (eng. Notifying authorities) odgovorno je za prijavljivanje i nadgledanje tijela koja su odgovorna za utvrđivanje i provođenje postupaka za ocjenjivanje usklađenosti sa Tehničkim specifikacijama interoperabilnosti - TSI. Prijavljeno tijelo ili notifikovano tijelo (NOBO – Notified Body) je ovlašteno tijelo za ocjenu usaglašenosti i pogodnosti za upotrebu činilaca interoperabilnosti i za postupak verifikacije podsistema. Notifikovano tijelo je odgovorno za: ocjenu usklađenosti ili prikladnosti za primjenu interoperabilnih sastavnih dijelova (elemenata), postupak verifikacije podsistema, uključivanje u procesu "autorizacije stavljanja u upotrebu" strukturnih podsistema, stavljanje na tržište interoperabilnih komponenti (činioca interoperabilnosti), njihovih skupina ili uređaja koji su ugrađeni ili su namijenjeni ugrađivanju u podsistem od kojeg, direktno ili indirektno, zavisi interoperabilnost željezničkog sistema (Đuričić R i dr., 2017.). Nadležnost i nezavisnost tijela koje provodi prijavljivanje željezničkog sektora je da provode prijavljivanje tijela koja su odgovorna za utvrđivanje i provođenje postupaka za ocjenjivanje usklađenosti sa Tehničkim

specifikacijama interoperabilnosti – TSI i nadgledanje i kontrola tijela za ocjenjivanje usklađenosti sa TSI Član 27 Direktive (EU) 2016/797. Zahtjevi organizacije, funkcionalnosti i neovisnosti koje mora ispunjavati tijelo koje provodi prijavljivanje definisani su članom 28 Direktive (EU) 2016/797. Tijelo koje provodi prijavljivanje i nadgledanje tijela za provjeru usklađenosti mora biti nezavisno od: Nacionalnog tijela za bezbjednost, Tijela za izdavanje licenci i tijela za istragu nesreća.

4. REGULATORNI OKVIR BOSNE I HERCEGOVINE

Složenost države Bosne i Hercegovine prenosi se i na željeznički sektor koji se sastoji od Željeznica Republike Srpske (ŽRS), Željeznica Federacije Bosne i Hercegovine (ŽFBiH) i Bosansko Hercegovačke Željezničke Javne Korporacije (BHŽJK). Na nivou izvršne vlasti Bosne i Hercegovine egzistiraju tri ministarstva: Ministarstvo komunikacija i transporta Bosne i Hercegovine, Ministarstvo prometa i komunikacija Federacije Bosne i Hercegovine i Ministarstvo saobraćaja i veza Republike Srpske. Ministarstva obavljaju upravne i stručne poslove koji se često preklapaju pa samim time otežavaju funkciju i ulogu željeznice u Bosni i Hercegovini. Ingerencije Ministarstva za komunikacije i prometa BiH ogledaju se kroz: politiku i regulisanje zajedničkih i međunarodnih komunikacionih uređaja, međunarodni međuentitetski saobraćaj i infrastrukturu, pripremanje ugovora, sporazuma i drugih akata iz oblasti međunarodnih komunikacija i prometa, pripremu i izradu stratečkih i planskih dokumenta iz oblasti saobraćaja i infrastrukture i poslovi kontrole neometanog transporta u međunarodnom transportu. Ministarstvo saobraćaja i veza Republike Srpske vrši upravne i druge stručne poslove koji se odnose na željeznički saobraćaj i bezbjednost željezničkog saobraćaja u Republici Srpskoj. Federalno minisarstvo prometa i komunikacija vrši upravne, stručne i druge poslove utvrađene zakonom koji se odnosi na ostvarivanje nadležnosti Federacije u oblasti željezničkog saobraćaja i transporta. Željeznička Transportne korporacije osnovana je odmah poslije ratnih dešavanja u Bosni i Hercegovini sa ciljem rješavanja problema od obostranog interesa za oba entiteta, posebno kada je u pitanju međuentitetski saobraćaj: zajednički signalni sistem, kordinacija u dodjeljivanju kapaciteta željezničke infrastrukture, kordinacija u naplati naknada za infrastrukturu, sigurnosna pravila, pravila koja se moraju poštovati u održavanju infrastrukture. Zakon o željeznicama iz 2005. godine nije jasno definisao ulogu entitetskih Ministarstava za resor saobraćaja, niti uloga Željezničke javne korporacije. Činjenica je da Zakon o željeznicama na nivou Bosne i Hercegovine daje mogućnost prenosa određenih nadležnosti na entitetska ministarstva što u principu stvara preduslov integracije postojećeg stanja u željezničkom sektoru sa novim konceptom otvorenog transportnog tržišta.

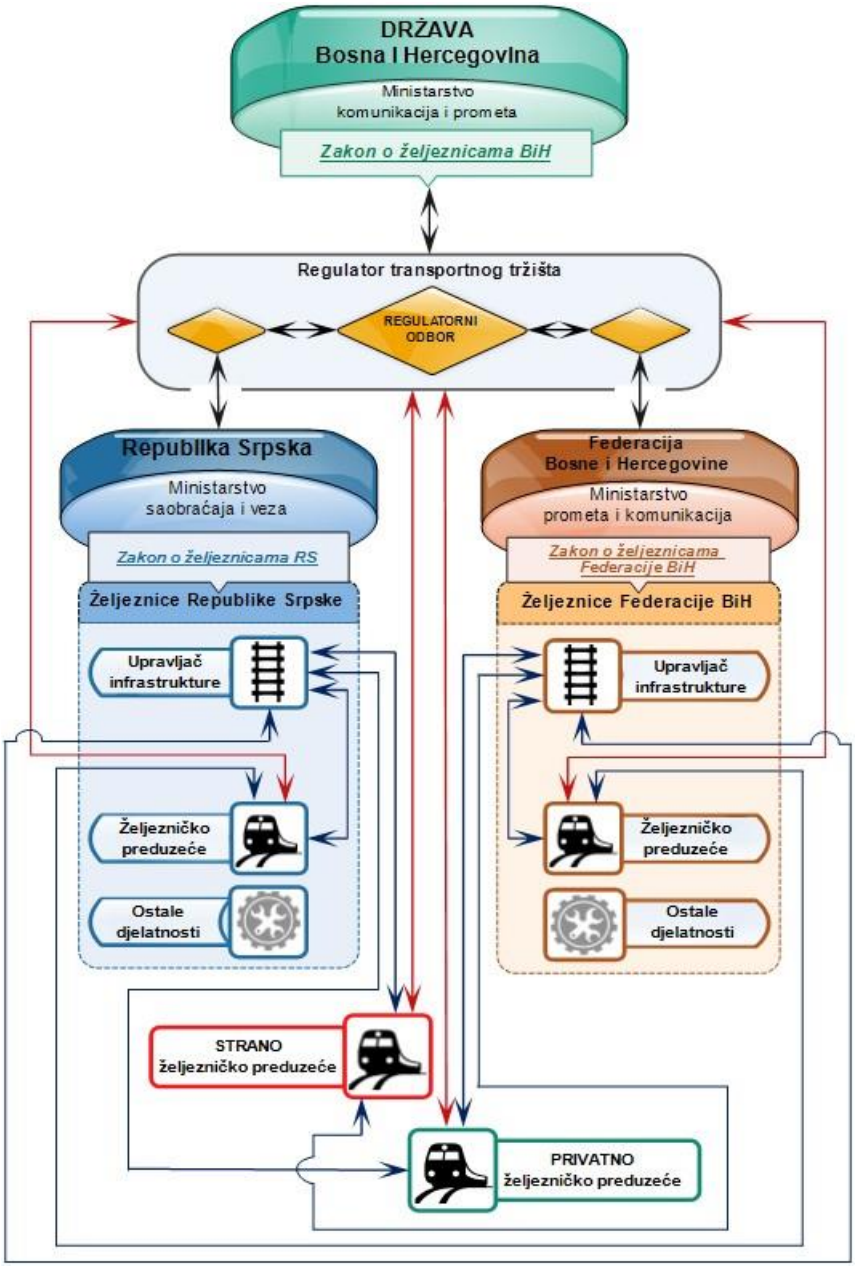
5. SMJERNICE ZA IZRADU MODELA REGULACIJE TRANSPORTNOG TRŽIŠTA U BOSNI I HERCEGOVINI

U skladu sa Zakonom o željeznicama iz 2005. godine BiH Regulatorni odbor je odgovoran za izdavanje, praćenje i oduzimanje licence i potvrda o bezbjednosti. Regulatorni odbor donosi uputstva i propisuje način za izdavanje licenci i potvrda o bezbjednosti. **Ključno je da Regulatorni odbor mora biti organizovan tako da može odgovoriti ovim zadacima jer ova ovlaštenja ne mogu se prenositi na druga tijela.** Sva ostala ovlaštenja poput: donošenja instrukcija za bezbjednost i interoperabilnost željezničkog sistema, nadziranja poštivanja tih instrukcija i odobravanja željezničke opreme potrebne za bezbjednost i interoperabilnost, kontrolu i izvještavanje o inspekcijskim kontrolama, obavljanje istraga o nezgodama i izvještavanje o njima i vođenje i objavljuje statistiku o nezgodama mogu se prenijeti na entitetska ministarstava jer ona i onako obavljaju ove poslove kroz postojuću organizaciju željezničkog sektora u BiH. Ovo su ovlaštenja koja se odnose na **Tijelo za bezbjednost**.

Tijelo za istrage željeznički nesreća mora biti potpuno i organizaciono nezavisno od upravitelja željezničke infrastrukture, željezničkih preduzeća (prevoznika), a funkcionalno nezavisno od drugih državnih organa nadležnih za željeznicu (nacionalno tijelo za bezbjednost željeznice, nadležno ministarstvo transporta, regulatorno tijelo i drugi) po bilo kojem pitanju. Pod funkcionalnom nezavisnosti u ovom slučaju podrazumijeva da istražno tijelo kao organizacioni dio u sklopu nadležnog ministarstva ili zajedničkog organa (npr. sa tijelom za bezbjednost ili regulatornim tijelom) treba da bude kao posebna cjelina pri čemu zaposleni u toj cjelini ne mogu obavljati druge poslove koji su u sukobu interesa sa istragom (npr. objavljivanje propisa iz oblasti željeznice).

Regulatorno tijelo ima tri vrste nadležnosti: kontrola, apelacija i nadzor kompetencija, a ove nadležnosti mogu obavljati različita tijela. Kontrolu može obavljati **Nacionalno tijelo za bezbjednost** dok apelaciju i nadzor kompetencija može obavljati tkz. "Odbor za opšte kompetencije" koji postoji u državama članicama EU i koji je odgovoran za sva pitanja u domenu kompetencija bez obzira na sektor. Takođe, funkcije regulatornog odbora željezničkog sektora koje moraju biti razdvojene su: izdavanje licenci i kontrola ispunjavanja obaveza javnog

servisa. Licence mogu da izdaju: Ministarstvo transporta, Regulatorno tijelo (bez obzira da li je regulatorno tijelo u istom entitetu kao i nacionalno tijelo za bezbjednost) i neko drugo ovlašteno tijelo, ali Licencu ne smije izdavati Tijelo za istragu nesreća i Tijelo koje provodi prijavljivanje. Pod uslovom da je osigurana takva nezavisnost, tijelo za nacionalnu bezbjednost može biti u sastavu ministarstva nadležnog za transport i mora biti nezavisno u pogledu njegove organizacije, pravne strukture i donošenja odluka od željezničkih preduzeća, upravitelja infrastrukture ili željezničke industrije.



Slika 1. Model regulacije otvorenog transportnog željezničkog tržišta u BiH (Đuričić i dr., 2019)

Činjenica da **Tijelo za istrage željezničkih nesreća** obavlja istragu ozbiljnih nesreća ne treba da spriječi **Nacionalno tijelo za bezbjednost** da sprovede svoju istragu. Istraga koju sprovodi **Nacionalno tijelo za bezbjednost** se razlikuje od onih koje sprovodi istražno tijelo. Cilj istrage Nacionalnog tijelo za bezbjednost je da potvrdi primjenu pravila za nacionalnu bezbjednost, pravilnu obuku radnika, pravilnu upotrebu infrastrukture i mobilnih kapaciteta i efikasnost sistema upravljanja sigurnosti – SMS-a. Ove istrage mogu dovesti do sankcija što nije slučaj sa istražnim tijelima. Zadaci za **Nacionalno tijelo za bezbjednost** ne mogu se prenijeti na upravitelje infrastrukture, željezničke prevoznike niti se s njima za obavljanje tih zadataka može sklopiti ugovor. U slučaju da **Regulatorno tijelo** i **Nacionalno tijelo za bezbjednost** djeluju kao jedno tijelo bilo bi preporučljivo da se podijele u različite sektore (hijerarhiski, finansijski, funkcionalno) što bi moglo da omogući nezavisnost **Regulatornog tijela**. Npr. odjel za obračun ili uprava cijelog entiteta mogla bi da bude dio Regulatornog tijela ali ne i dio Nacionalnog tijela za bezbjednost. Što se tiče Obaveza pružanja usluge javnog

servisa bilo bi logično da kontrolu vrši tijelo koje dodjeljuje ugovore ili vrši kompenzaciju. To može da bude i **Regulatorno tijelo** ako nije u istom entitetu kao **Nacionalno tijelo za bezbjednost.** To ne bi trebalo da bude **Tijelo za istrage željezničkih nesreća**, iako nije precizirano u Acquis-u, logično je tako zaključiti iz Direktive 2016/798/EU gdje je ona veoma isključiva po ovom pitanju.

Željeznice predstavljaju dobar primjer prirodnog monopola gdje postoji neophodna potreba za regulacijom tržišta u željezničkom transportu. U radu (Ardıyok i Sesli, 2021).) predstavljeni su alternativni modeli regulacije tržišta željezničkih usluga i kompromisi između konkurencije i regulacije.

6. ZAKLJUČAK

Opredjeljenje Bosne i Hercegovine za razvoj otvorenog željezničkog tržišta nije samo proces reforme koji je davno započeo kada su u pitanju Željeznice Republike Srpske i Željeznice Federacije BiH, već je i stvaranje zakonadavnih okvira koji obezbjeđuju, prije svega bezbjednost i sigurnost svih relevantnih učesnika u saobraćaju i transportu, tako i preduzetnička prava na jednakim i ravnopravnim osnovama među svim potencijalnim učesnicima na tom tržištu. Nadležne institucije Bosne i Hercegovine, uvažavajući složenost države, potrebno je da osiguraju zakonska i podzakonska akta koja detaljno razrađuju uslove funkcije otvorenog tržišta. Postojeća organizaciona struktura željezničkog sektora u Bosni i Hercegovini koja se odnosi na Ministarstvo komunikacija i transporta Bosne i Hercegovine, Ministarstvo prometa i komunikacija Federacije Bosne i Hercegovine, Ministarstvo saobraćaja i veza Republike Srpske i Bosansko Hercegovačku željezničku javnu korporaciju ima veliki i organizacioni i kadrovski potencijal za formiranje regulatornih tijela. U ovom radu date su smjernice za modeliranje zakonske regulative slobodnog transportnog tržišta usklađene sa pravnim aktima i iskustvima Evropske unije. Opisana je uluga regulatornih tijela i precizirana potpuna ili funkcionalna nezavisnost, kao možda i najbitniji faktor buduće organizacije željezničkog sektora u Bosni i Hercegovini.

7. LITERATURA

Ardıyok, Ş., Sesli, E. (2021). Regulation of Rail Transport. In: Eroğlu, M., Finger, M. (eds) The Regulation of Turkish Network Industries. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81720-6_12

Bošković B. (2020). Regulatorni sistem željezničkog transporta-II izdanje. Univerzitet u Beograd, Saobraćajni fakultet.

Čabrić N., Đuričić R. (2016). Risk management in the railway system. Transportna Infrastruktura i Transport, broj 7, godina 6, Sarajevo, decembar 2016, ISSN 2232-9676, strana 36

Čabrić N., Đuričić R. (2017). Sigurnost i bezbjednost željezničkog sistema. Četvrti BiH kongres o željeznicama Sarajevo, , ISSN 2233-0100, 9 772233 010003 Zbornik radova strana 248-260.

Đuričić R., Bošković B., Rosić S. (2017). Evropski koncept bezbjednosti, tehnička knjiga- udžbenik. Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj.

Đuričić R., Malčić V., Čabrić N. (2019). Modeliranje organizacije željezničkog sektora u Bosni i Hercegovini u cilju pridruživanja jedinstvenom evropskom transportnom tržištu. Deseti BiH kongres o transportnoj infrastrukturi i transportu, 24.-25. oktobar 2019. godine, ISSN 1840-2763, 9 771840 276009 Zbornik radova strana 57-63.

Gojković, B., Đuričić, R., Malčić, V. & Čabrić, N. (2021). Održavanje željezničkih vozila - dopunjeno izdanje. Tehnička knjiga – udžbenik. Saobraćajni fakultet Doboj. ISBN 978-99955-36-90-9.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

REVIEW TO THE STRUCTURE OF TRACK ACCES CHARGES FOR SMALL RAILWAY NETWORKS

PREGLED STRUKTURE NAKNADA ZA KORIŠĆENJE ŽELJEZNIČKE INFRASTRUKTURE ZA MALE ŽELJEZNIČKE MREŽE

Vladimir Malčić[a], Branislav Bošković[b], Mirjana Bugarinović[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 of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade 11000, Serbia, b.boskovic@sf.bg.ac.rs, mirab@sf.bg.ac.rs*

Abstract: *Through strategic documents, directives, and regulations of the European Union, a comprehensive legal framework has been established for creating models of track access charges as a crucial instrument for regulating the transportation market. The determination of the structure, economic principles, and the level of charges is left to the discretion of each country within the Single European railway area. The aim of this study is to encompass the specificities of charge structures, establish a classification of charge components, and identify incentives and signals that certain Infrastructure Managers (IMs) send to operators in the transportation market. The desktop research of the Network Statements of infrastructure managers who manage small networks were done. A comparative analysis of charge structures based on types, complexity, and costs covered through charges has been conducted. This research will assist infrastructure managers in making better decisions regarding the selection of track access charge structures.*

Key words: *track access charges, structure, infrastructure manager, transport market*

Apstrakt*: Kroz strateške dokumente, direktive i uredbe Evropske Unije stvoren je širok pravni okvir za kreiranje modela naknada za korišćenje železničke infrastrukture kao važnog istrumenta regulisanja transportnog tržišta. Određivanje strukture, ekonomskog principa i visine naknada ostavljeno je državama jedinstvenog evropskog železničkog prostora da slobodno uređuju i određuju. Cilj ovog rada da se obuhvate specifičnosti struktura naknada, postavi klasifikacija komponenata naknada i izdvoje podsticaji i signali koje pojedini menadžeri infrastrukture (MI) šalju operatorima na transportnom tržištu. Istraživanje je sprovedeno kroz analizu naknada objavljenih u Izjavama o mreži menadžera železničke infrastrukture koji upravljaju malim mrežama. Izvršena je komparativna analiza strukture naknada po tipovima, složenosti i troškovima koji se pokrivaju kroz naknade. Istraživanje će pomoći menadžerima infrastrukture u donošenju boljih odluka prilikom modeliranja strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture.*

Ključne riječi: *naknada, struktura, menadžer infrastrukture, transportno tržište*

1. UVOD

Stvaranje jedinstvenog evropskog železničkog prostora zasnovano je na principima transparentnosti, nediskriminatornog pristupa železničkoj infrastrukturi i pravednog tržišnog takmičenja između železničkih operatora. Naknada za korišćenje železničke infrastrukture (eng. *Track Access Charges* - TAC) je jedan od instrumenata regulisanja tržišta s ciljem da se podstakne konkurencija na mreži, efikasno korišćenje železničke mreže (cjelokupne železničke infrastrukture kojom upravlja menadžer infrastrukture) i povećanje produktivnosti kompanija i železničkog sistema u cjelini.

Pojam "strukture naknade" odnosi se na zastupljene elemente u proračunu naknade i njihovu međusobnu povezanost, tj. relacije između njih (Bošković et al., 2022). Da bi se definisala struktura naknada koja odgovara

željezničkom tržištu u datoj zemlji i na datoj mreži potrebno je poznavati sva ograničenja. Osnovno ograničenje za visinu naknade i njenu strukturu je kreiranje i određivanje na nivou direktnih troškova nastalih kao rezultat pružanja usluge željezničkog prevoza. Odmah po uvođenju naknada na površinu je izašao problem načina praćenja troškova koji nisu bili vođeni prema uslugama koje su pružali željeznička preduzeća tj. nije bilo bilo moguće izvršiti alokaciju troškova prema mjestu nastanka i prema nosiocima. Neka preduzeća su vremenom mijenjale i prilagođavale svoj sistem praćenja troškova što je ubrzo dovodilo i do promjene u strukturi naknada, odnosno formuli za njen proračun.

Metodologija za određivanje naknada pojedinih država, naročito kod manjih željeznica, je u velikoj mjeri preslikavana od drugih (većih) željeznica kroz konsultantske usluge uz izvjesna prilagođavanja koja nisu imala uporišta u troškovima i preciznim proračunima. Tome treba dodati i improvizovano određivanje visine naknada što je sve skupa otežavalo određivanje cijena koje su adekvatne ambijentu male željeznice. Očito je da menadžeri infrastrukture manjih željeznica još nisu razvili jasno razumijevanje faktora koji određuju troškove infrastrukture. To je doprinijelo nehomogenosti strukture i visine naknada.

S obzirom na disproporciju veličine uticaja većih i manjih država i njihovih željeznica u kreiranju legislative Evropske unije (u daljem tekstu EU), stiče se utisak da je EU razvijajući jedinstveni prostor i tržište, sva rješenja i mehanizme postavila u odnosu na velike države i sisteme. Međutim, svaka zemlja, bez obzira na veličinu svoje mreže, ima svoje specifične potrebe i interese u pogledu željezničkog transporta. Iako se radi o malim željezničkim mrežama, kroz njih često u evropskim uslovima prolaze važni međunarodni pravci. Pored toga ove mreže imaju i ključnu ulogu u regionalnom povezivanju. Male države sa svojim malim željeznicama i malim željezničkim mrežama često se suočavaju sa izazovima kao što su ograničeničenost resursa, a naročito finansijskih, ograničenjima u mogućnostima postizanja konkurencije na maloj željezničkoj mreži i slično. Održivost takvih željezničkih sistema i njihove brojne specifičnosti potrebno je "ugraditi" u sistem i strukturu naknada. Ovi izazovi otežavaju kreiranje modela naknada za male željeznice koji bi bio adekvatan za njihove potrebe i ograničenja.

U radu je stavljen fokus na strukturu naknada za države sličnih karakteristika sa aspekta veličine željezničke mreže (manje od 4.000 km), inteziteta korišćenja te mreže i bruto domaćeg proizvoda kao ekonomskog pokazatelja koji ukazuje na mogućnosti ulaganja države u željeznicu i poziciju željeznice u sistemu. U kombinaciji ova tri kriterijuma u kategoriju malih željeznica svrstane su sljedeće mreže: Bugarske, Slovačke, Srbije, Hrvatske, Portugala, Grčke, Letonije, Litvanije, Sjeverne Makedonije, Crne Gore i Albanije (IRG-Rail, 2023).

U radu je izvršeno klasterovanje i komparativna analiza strukture naknada za male željezničke mreže u Evropi. Istraživanje je strukturirano na sljedeći način: u drugom poglavlju je analizirana legislativa koja usmjerava izradu naknada; u trećem poglavlju su dati elementi strukture naknada; u četvrtom poglavlju rada napravljena je komparativna analiza strukture naknada u državama čija je željeznička mreža okarakterisana kao mala s ciljem utvrđivanja usklađenosti i razlika u pristupima i politikama njihovih menadžera infrastrukture, dok su u petom poglavlju data zaključna razmatranja o pregledu struktura naknada za male željezničke mreže.

2. REGULATIVNI OKVIR ZA MODELIRANJE NAKNADA

Direktiva 2012/34/EU i Uredba 909/2015/EU predstavljaju pravnu osnovu za modeliranje naknada za korišćenje željezničke infrastrukture u Evropi. Direktiva 2012/34/EU o uspostavljanju jedinstvenog evropskog željezničkog prostora daje smjernice ka boljoj integrisanosti željezničkog sektora, pravednom tržišnom takmičenju među željezničkim operatorima i osiguranju njihove nezavisnosti. Direktivom je uređen prostor i okvir za formiranje naknada za korišćenja željezničke infrastrukture. Prema ovoj direktivi menadžeri infrastrukture treba da razviju jasno razumijevanje faktora koji određuju trošak upravljanja infrastrukturom, obezbijede željezničkim operatorima minimalni pristupni paket usluga (eng. *minimum acces package*), kao i da direktni troškovi nastali kao rezultat korišćenja infrastrukture budu osnova za proračun naknada. Minimalni paket usluga (u daljem tekstu MPU) podrazumijeva izvršenu uslugu koja je nastala kao rezultat prostornog i vremenskog korišćenja kapaciteta infrastrukture na zahtijevanoj relaciji kretanja voza od polazne do krajnje stanice. Naplata ove usluge može da obuhvata troškove sljedećih aktivnosti:

a) obrada zahtjeva za dodjelu kapaciteta (administrativne aktivnosti),
b) korišćenje željezničke infrastrukture (upotreba kolosijeka na otvorenoj pruzi i prolaznih kolosijeka u stanici, kao i skretnica na tom putu),
c) regulisanje i upravljanje saobraćajem (dispečerske usluge, uključujući signalizaciju, prijem i otpremu, komunikaciju i informacije o kretanju voza),

d) korišćenje opreme za napajanje električnom energijom za vuču vozova,
e) druge informacije neophodne za realizaciju ili pružanje usluge za koju je dodijeljen kapacitet.

Preporuke i smjernice date Direktivom 2012/34/EU ne daju precizan obuhvat troškova koje treba da uključuje proračun naknada. Usvajanjem Uredbe 909/2015/EU o načinima proračuna troška koji je direktno nastao kao posljedica obavljanja željezničke usluge data su ograničenja kod obuhvata direktnih troškova tj. koje vrste troškova ne smiju da se uzmu u obzir prilikom proračuna naknada. Ovim su menadžeri infrastrukture jasno ograničeni u pogledu toga koje troškove ne mogu naplaćivati korisnicima usluga kod MPU. Istovremeno, regulatorna tijela dužna su da vrše nadzor nad primjenom uredbe i rješavaju žalbe po tom pitanju upućene od strane učesnika na tržištu.

Analiza važećeg regulativnog okvira ukazuje na elemente koje model naknada može da obuhvati, ali ne i kako ih kombinovati (Bugarinović & Bošković. 2016; Bošković et al., 2022). Odavde proizilazi da je izbor ili neizbor nekog od elemenata datih u Direktivi 2012/34/EU prilikom modeliranja naknada, kao i vrijednosne relacije između njih pitanje koje samostalno rješavaju vlade država u koordinaciji sa nadležnim ministarstvima za transport i za finansije sa menadžerima infrastrukture.

3. TEORIJSKE NAPOMENE O STRUKTURI NAKNADA ZA MALE ŽELJEZNIČKE MREŽE

Struktura naknada za korišćenje željezničke infrastrukture varira od države do države zbog specifičnosti konkretnog željezničkog sistema, kao i različitih ciljeva koje treba da ostvari. Faktori koji utiču na heterogenost struktura naknada mogu se klasifikovati u nekoliko grupa:

- *Geografske i teritorijalne specifičnosti.* Željezničke mreže su često geografski različite. Struktura naknada može se prilagoditi specifičnostima mreže, uzimajući u obzir različite karakteristike i klasifikacije infrastrukture, dužine pruga i regionalne ekonomske faktore.
- *Relativno učešće operatora.* Željezničku infrastrukturu koriste prevoznici robe i/ili prevoznici putnika. Svaki od njih može imati različite potrebe i interese, što zahtijeva specifične strukture naknade.
- *Transportna politika i regulacija.* Svaka zemlja ima svoju transportnu politiku u cjelini i posebno po vidovima transporta i transportne infrastrukture. Zakonskim aktima su za model naknada i njihovu visinu, a time i strukturu naknada, u najvećem broju evropskih država nadležne njihove vlade na prijedlog resornih ministarstava. Uticaj i nadležnost vlada za donošenje legislative u ovoj oblasti potiče iz uticaja naknada na ostvarenje društvenih, ekonomskih i ciljeva zaštite životne sredine.
- *Finansiranje i održavanje infrastrukture.* Struktura naknada mora uzeti u obzir potrebe i mogućnosti za održavanjem i modernizacijom željezničke infrastrukture. Stoga je potrebno da se kroz model i strukturu naknada stvore uslovi za postojanje balansa između budžetskih mogućnosti i ograničenja u finansiranju infrastrukture i realne procjene visine sredstva prikupljenih od naknada, sa jedne strane, i konkurentnosti željezničkih operatora na transportnom tržištu, odnosno njihovih mogućnosti i zahtjeva, sa druge strane.
- *Konkurencija i liberalizacija.* U zemljama gdje postoji dejstvo konkurencije operatora naknade treba da budu modelirane tako da se uspostavi fer konkurencija na željezničkoj infrsatrukturi uzimajući u obziri transportno tržište kopnenog transporta u cjelini i konkurentnost željezničkih operatora na njemu.

Struktura naknada obuhvata niz elemenata koji zahtijevaju duboko razmatranje i analizu kako bi se obezbijedila ravnoteža između potreba korisnika željezničke infrastrukture, menadžera infrastrukture i ciljeva transportne politike. Gledajući broj elemenata, broj korišćenih mjernih jedinica i njihovih relacija, sve strukture naknade kod MPU mogu se klasifikovati u četiri gupe (Teixeira, Pita, 2012):

- *Jednostavna* - između elemenata u formuli za proračun naknade su jednostavne relacije, a za obračun koristi se jedna mjerna jedinica (vozni kilometar ili bruto-tonski kilometar).
- *Jednostavna plus* – jednostavna naknada sa dodavanjem jednog ili više parametara, dok se za obračun koristi više mjernih jedinica.
- *Multiplikativna* - bazični dio proračuna naknade uvećava sa različitim multiplikativnim faktorima (npr. faktori u funkciji od mase voza ili kategorije pruge) i koristi se više mjernih jedinica.
- *Aditivna* – sistem proračuna se sastoji iz više dijelova (sabiraka) pri čemu je svaki dio (sabirak) jednostavan ili multiplikativan ili izražen nekom drugom vrstom formule. Može se predstaviti kao $X_1 + X_2 + \cdots + X_i$, gdje je X_i jednostavna ili kompleksna komponenta.

Opšta formula koja naglašava komponente strukture naknade za korišćenje železničke infrastrukture za MPU može da se izrazi na sljedeći način:

$$TAC = A + B + C + D + E$$

gdje pojedina slova označavaju sljedeće komponente naknada:

A – naknada za obradu zahtjeva za dodjelu kapaciteta, tj. administrativne aktivnosti;

B – naknada za korišćenje železničke infrastrukture;

C – naknada za regulisanje i upravljanje saobraćajem;

D – naknada za korišćenje opreme za napajanje električnom energijom za vuču;

E – naknada za dodatne informacije neophodne za realizaciju ili pružanje usluge za koju je dodijeljen kapacitet.

U Tabeli 1. je za odabrane države sa malom železničkom mrežom prikazana formula za proračun naknada za MPU i izvršena njihova kategorizacija prema prethodno datoj podjeli struktura naknada. Podaci i formule su preuzeti iz Izjava o mreži menadžera infrastrukture ovih država za 2022. ili 2023. godinu, u zavisnosti od dostupnosti izvora podataka.

Tabela 1. Složenost strukture i tip formule za proračun naknada za države sa malom železničkom mrežom (izvor:dostupne Izjave o mreži izabranih država za 2022. i 2023. godinu)

Država	Formula za proračun naknade za MPU	Tip formule
BG - Bulgaria	$T_{di} = \left(\sum L \times Q \times S_{brtkm}\right) + (L \times S_{vozkm}) + \left(S_{erp} \times \sum_{1}^{2} Q_{MWh}\right)$	aditivna
SK - Slovakia	$N = (km \times a) + (km \times b) + (km \times c \times Q \times k_e) + (km1 \times d \times Q)$	aditivna
RS - Serbia	$NKI = \left(\sum VKM_{ijk} \cdot C_{VKM\ ij\,k}\right) + F\left(\sum BRTKM_{ij} \cdot C_{BRTKM\ ij}\right)$	jednostavna +
HR - Croatia	$C = \left[\sum_{i=1}^{n} TR_i \times L_i \times l \times C_{vlkm} + (l_{el} \times C_{el})\right] \times S$	multiplikativna
PT - Portugal	$TUI = \sum_{i=1}^{n} T_i \times CK_i$	jednostavna
EL - Greece	$C_{MA} = (0{,}80 * k_q * k_t + C_{OHL}) \times L + C_{OPE} + C_{REQ}$	aditivna
LV - Latvia	$TI_{param\ krav} = (M_{cel\ uztur} \times L) + (M_{mez\ uztur} \times a) + (M_{ajt\ uztur} \times Q \times L) + M_{bfv\ uztur}$	aditivna
LT - Lithuania	$U_{MPP} = (A \times t) + (K_{tranz\ krov} \times t_{tranz\ krov}) + K + (R_e \times e)$	multiplikativna
MK - North Macedonia	$F = [(L_E \times C_E + L_N \times C_N) \times K_{3F} + (L_E \times C_E + L_N \times C_N) \times K_{S3}] \times K_2$	multiplikativna
MNE - Montenegro	$U = (Q_{vkm}(mg) \times P(mg) + Q_{vkm}(ms) \times P(ms) + Q_{vkm}(r) \times P(r)) \times C_{vkm} \times K \times F \times F_{np}$	multiplikativna

Svaki menadžer infrastrukture koristi svoju specifičnu formulu u kojoj su sadržani različiti elementi i parametri uz različite načine njihovog označavanja. Ta heterogenost znatno otežava grupisanje elemenata po komponentama strukture naknade za minimalni paket usluga. Ovakva hetreogenost otežava razumijevanje, upoređivanje i analizu struktura naknada.

4. KOMPARATIVNA ANALIZA STRUKTURE NAKNADA ZA MALE ŽELJEZNIČKE MREŽE

U Tabeli 2. prikazana je izvršena klasifikacija elemenata struktura naknada i pregled upotrebljenih elemenata u njima za države sa malom železničkom mrežom.

Primjećujemo da se kao elementi strukture naknada pojavljuju različiti koeficijenti i faktori ponderisanja. Ovi koeficijenti se primjenjuju na određene karakteristike infrastrukture i njeno korišćenje. Sa koeficijentima i faktorima uzimaju se u obzir različiti aspekti železničke infrastrukture, uključujući kapacitet, vremenski period korišćenja, održavanje i investicije, pridajući im odgovarajuće težine u cilju tačnije i pravednije alokacije troškova korišćenja infrastrukture prema njenim uslugama (Bugarinović, 2021).

Komponenta A koja se odnosi na obradu zahtjeva za dodjelu kapaciteta, tj. troškove administrativnih aktivnosti prepoznatljiva je ili izdvojena u strukturi formule za proračun naknade kod Grčke i Letonije i izražava se evrima po vozu (€/vozu). U formulama Sjeverne Makedonije i Albanije ova komponenta se može prepoznati pod koeficijentom koji se odnosi na zahtjev po pitanju reda vožnje.

Tabela 2. Pregled elemenata po komponentama strukture naknade za male željezničke mreže

Komponenta	ELEMENTI strukture naknada			DRŽAVA											
				BG - Bulgaria	SK - Slovakia	RS - Serbia	HR - Croatia	PT - Portugal	EL - Greece	LV - Latvia	LT - Lithuania	MK - N. Macedonia	MNE - Montenegro	Albania
A	Jedinična cijena	administrativni troškovi (€/vozu)							✓	✓				
	Koeficijenti i faktori	zahtjev po pitanju reda vožnje (redovan ili ad hoc)											✓	✓
B	Jedinica mjere	vozni kilometar (voz km)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
		brutotonski kilometar (brt km)		✓	✓	✓				✓	✓			
	Opšti elementi	dužina dionice (km)		✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		
		bruto masa voza (t)		✓	✓					✓	✓			
		neto masa voza (t)									✓			
		broj kola u vozu								✓				
		broj voznih kilometara				✓							✓	✓
		broj brutotonskih kilometara				✓								
	Jedinična cijena	izražena bez dodatnih faktora (parametara)		✓			✓			✓			✓	✓
		izražena sa faktorom (parametrom) korekcije	kategorija pruge (vrsta linije)		✓	✓		✓						
			kategorija i vrsta voza			✓					✓			
			vrsta vuče (elektro ili dizel)			✓		✓						
			zahtjev za trasom		✓									
			red vožnje					✓						
			segment tržišta					✓						
	Koeficijenti i faktori	faktor kategorije voza				✓								
		faktor težinskog razreda voza					✓					✓		
		parametar trase					✓							
		koeficijent voza sa pojedinačnim pošiljkama					✓							
		koeficijent kvaliteta mreže							✓					
		koeficijent opterećenja trase							✓					
		koeficijent za slučaj prevoza opasne robe									✓			
		koeficijent za slučaj prevoza kontejnera									✓			
		koeficijent za dozvoljenu brzinu										✓		
		koeficijent ponderisanja kategorije pruge											✓	✓
		koeficijent habanja kolosijeka											✓	✓
		koeficijent prevoza naročite pošiljke											✓	
C	Jedinična cijena	upravljanje i kontrola saobraćaja (€/voz km)							✓					
D	Opšti elementi	dužina elektrificirane dionice (km)			✓		✓				✓	✓		
		broj elektro lokomotiva		✓										
		utrošena električna energija (MWh)		✓										
	Jedinična cijena	električna energija (€/MWh)		✓										
		elektrificirana pruga (€/brt km)			✓									
		elektrificirana pruga (€/voz km)					✓				✓	✓		
	Koeficijenti i faktori	koeficijent elektrificirane pruge			✓									

Komponenta B je najsloženiji segment strukture naknade i odnosi se na korišćenje željezničke infrastrukture. Osnovne mjerne jedinice koje se koriste za obračun naknada za korišćenje željezničke infrastrukture su vozni kilometri i brutotonski kilometri. Vozni kilometar je mjerna jedinica koja najbolje odražava troškove zauzeća kapaciteta, a brutotonski kilometar troškove habanja infrastrukture (Bošković, 2020). Sve posmatrane države, osim Litvanije, koriste vozne kilometre kao jedinicu mjere. Bugarska, Slovačka, Srbija i Letonija osim voznog kilometra kao jedinicu koriste i brutotonski kilometer. Dužina dionice, bruto masa voza, neto masa voza, broj kola u vozu, broj voznih kilometara i broj brutotonskih kilometara prepoznati su kao opšti elementi koponente B. Dužina dionice je najprepoznatljiviji opšti element i identifikovan je u formuli kod 7 od 11 posmatranih država. Bruto masa voza zastupljena je u strukturi formule kod 4 države, a ostali elementi variraju u zavisnosti od države.

Jedinična cijena korišćenja infrastrukture, kao element komponente B strukture naknade, kod pojedinih država (Bugarska, Hrvatska, Letonija, Sjeverna Makedonija i Albanija) izražena je na pojedinačan i jasan način u evrima po voznom i/ili brutotonskom kilometru (€/vozkm ili €/brtkm), dok je kod drugih država izražena uz korekciju sa određenim faktorima i parametrima (kategorija pruge, kategorija i vrsta voza, vrsta vuče, zahtjev za trasom, red vožnje, segment tržišta). Jedinične cijene bilo po voznom ili brutotonskom kilometru nisu prikladne za relevantno poređenje. Njihovim posmatranjem ne može se jasno utvrditi da li će naknade za voz sličnih karakteristika biti slične ili u kojoj mjeri će se razlikovati. Za poređenje potrebno je posmatrati relacije i zavisnosti niza drugih elemenata. Na primjer jedinične cijene u Bugarskoj i Slovačkoj nije moguće poreditи zbog njihovog različitog proračuna i parametara koji utiču na njih. Ujednačavanje načina izražavanja jediničnih cijena korišćenja infrastrukture vrlo je važno za jasno razumijevanje i poređenje naknada za korišćenje željezničkih infrastruktura.

U okviru komponente B strukture naknade kao elementi prepoznati su različiti koeficijenati i faktori. Za analizirane države koeficijenti i faktori se odnose se: kategoriju pruge, kategoriju i vrstu voza, parametre trase, kvalitet mreže, opterećenje trase, prevoz pojedinačnih pošiljaka, prevoz opasne robe, prevoz kontejnera, prevoz naročitih pošiljaka, dozvoljenu brzinu i habanje infrastrukture. Dosljednost u korišćenju istih koeficijenata i

faktora kod posmatranih država nije uočena. Svaka država koristi različite koeficijente i/ili faktore u komponenti B strukture naknade.

Komponenta C koja se odnosi na upravljanje saobraćajem na mreži zastupljena je u formuli za proračun naknada samo kod Grčke i izražena je u evrima po vozu (€/vozu).

U komponentu D klasifikovani su elementi koji se odnose na naknade za korišćenje opreme za napajanje električnom energijom za vuču. Kod 5 od 11 posmatranih država prepoznati su elementi koji odgovaraju ovom segmentu strukture naknada. Dužina elektrificirane pruge označena je kao opšti element naknade za napajanje električnom energijom za vuču vozova i uočava se u formuli Slovačke, Hrvatske, Litvanije i Sjeverne Makedonije. Broj lokomotiva i utrošena električna energija izmjerena na brojilima lokomotiva takođe su okarakterisani kao opšti elementi komponente D, ali prepoznati su samo u formuli za proračun naknada menadžera infrastrukture Bugarske.

Jedinična cijena korišćenja opreme za napajanje električnom energijom za vuču u formuli Bugarske je iskazana kroz cijenu električne energije (€/MWh), a kod ostalih država kao jedinična cijena korišćenja elektrificirane pruge (€/brtkm ili €/vozkm). Jedinična cijena korišćenja elektrificirane pruge u formuli Slovačke je izražena u evrima po brutotonskom kilometru (€/brt km), a kod Hrvatske, Litvanije i Sjeverne Makedonije izražava se u evrima po voznom kilometru (€/vozni km). Slovačka kao element strukture naknade upotrebljava i koeficijent elektrificirane pruge.

Komponenta E, koja se odnosi na dodatne informacije neophodne za realizaciju ili pružanje usluge za koju je dodijeljen kapacitet, nije zastupljena ni u jednoj formuli za proračun naknada.

Komparativna analiza zastupljenosti komponenata u strukturi naknada za korišćenje željezničke infrastrukture za MPU za male željeznice pokazuje značajnu disperziju po zastupljenim elementima, a u slučajevima kada se može reći da se zastupljeni elementi u većoj mjeri poklapaju onda se njihovi odnosi u formuli razlikuju, tj. modeli proračuna ili formule se razlikuju. Odavde možemo zaključiti da je to posljedica, u manjoj ili većoj mjeri, heterogenih ciljeva menadžera infrastrukture, njihovih politika cijena, ili pak menadžeri infrastrukture još nisu razvili jasno razumijevanje faktora koji određuju troškove infrastrukture (Bugarinović, 2021).

Od značaja je navesti podatak da se i ukupne visine naknada za minimalni paket usluga znatno razlikuju. Za prosječan teretni voz od 1000 tona kreću se u intervalu od 0,72 (€/voznom km) u Hrvatskoj, do 10,84 (€/voznom km) u Litvaniji (IRG-Rail, 2023). Ova neusklađenost proizilazi iz različitih troškova koji se naplaćuju, različitih jediničnih cijena i relacija između elemenata, a naročito iz pozicije željezničke mreže na evropskoj mapi tokova robe i konkurentnosti iste u odnosu na druge vidove kopnenog transporta.

Izborom elemenata u strukturi naknada, određivanjem njihovih vrijednosti, izborom koeficijenata i njihovih relacija sa drugim elementima, menadžer infrastrukture podstiče određeno ponašanje željezničkih operatora (npr. formiranje voza određenih karakteristika, saobraćanje u određenom vremenu i slično) koje je u skladu sa njegovim ciljevima. Pojedini elemenati u formulama za proračun visine naknade kod menadžera infrastruktura malih željezničkih mreža su fiksni, dok su drugi promjenljivi i na njih može uticati željeznički operator u smjeru smanjenja visine naknade, odnosno svojih troškova. Veoma je važno da menadžer infrastrukture strukturom naknada jasno dâ do znanja operatoru koji elementi su za njega važni. Podjednako je važno je da i sam operator razumije strukturu naknade kako bi mogao da sam utvrdi visinu naknada i na koji način mu se naplaćuje korišćenje željezničke infrastrukture. Za navedene države sa malim željezničkim mrežama to je upitno.

Regulativom je predviđeno da se u strukturu naknade mogu uvrstiti dodatni podsticajni elementi poput popusta opremanja vozova ETCS sistemom praćenja i kontrole vozova (eng. *European Train Control System*), popusta za smanjenje smetnji na mreži ili popusta za opremanje željezničkih kola tehnologijom kočenja sa niskim nivoom buke. Ovakvi elementi trenutno ni u jednoj posmatranoj državi sa malom željezničkom mrežom nisu prepoznati.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Analiziranje struktura naknada u državama sa malim željezničkim mrežama imalo je za cilj utvrđivanje u kolikoj mjeri se države i njeni menadžeri infrastrukture uporedivih karakteristika podudaraju ili razmimoilaze. Komparativna analiza strukture naknade za korišćenje željezničke infrastrukture za MPU pokazuje da države sa malom željezničkom mrežom sličnih karakteritika nemaju slične strukture naknada. Javljale su se sličnosti u određenoj mjeri i kod određenog broja država, ali ne i na nivou cijele grupe. Razlozi su različiti i mogu se naći u specifičnim problemima sa kojima se susreću menadžeri infrastrukture: način vođenja troškova i koliko je razvijen po uslugama, razumjevanje struktura troškova i njihovog obima, transportna politika, strateški ciljevi i

ograničenja u pogledu vođenja potrebnih podataka i njihovoj tačnosti i dostupnosti. Ova različitost onemogućava uspostavljanje harmonizovane i transparentne strukture naknada koja je naročito važna kod susjednih željezničkih mreža, a naročito ukoliko se one nalaze na nekom važnom pravcu tokova robe poput koridora.

Komponente formule za proračun naknada trebaju da budu odraz mjesta nastanka i nosioca troškova infrastrukture, tj. elementi komponenti treba da su u funkciji upravljanja troškovima. Međutim, izvršenim pregledom uočeno je da pojedine strukturne komponente naknada nisu prepoznatljive u formulama država sa malom željezničkom mrežom. Jedinične cijene korišćenja željezničke infrastrukture, bilo po voznom ili brutotonskom kilometru, teško su uporedive. U primjeni koeficijenata i faktora nije uočena dosljednost, tj. svaka država koristi različite koeficijente i/ili faktore kao elemente strukture naknade. Heterogenost elemenata u formulama za proračun visine naknade i njihovih relacija i zavisnosti dovodi u pitanje koliko željeznički operatori razumiju strukture naknada i koliko je moguće da samostalno utvrde visinu i način na koji im se naplaćuje korišćenje željezničke infrastrukture.

U budućim analizama treba istražiti mogućnosti ujednačavanja struktura naknada i zastupljenosti pojedinih elemenata u njihovoj strukturi, pa i vrijednosti, za male željeznice, naročito ukoliko dijele zajednički prostor i istorijske okolnosti razvoja kao što je to slučaj sa željeznicama jugoistočne Evrope (Srbija, Crna Gora, Bosna i Hercegovina, Hrvatska, Slovenija, Bugarska, Grčka i Albanija) ili baltičkim državama (Litvanija, Letonija i Estonija). Istraživanje u tom pogledu bi predstavljalo pravi izazov, vrijedan poduhvat i doprinos u stvaranju jedinstvenog evropskog željezničkog prostora i ostvarenje interesa malih željeznica.

6. LITERATURA

Bošković, B., Bugarinović, M., & Bojović, N. (2022). How to Design Track Access Charges for Small Railways – A Montenegro Case Study. Promet, 34(4). https://doi.org/10.7307/ptt.v34i4.4010

Bošković, B., Bugarinović, M., Savić, G., & Djuričić, R. (2021). Challenges of Track Access Charges Model Redesign. Sustainability, 13(24), 13512. https://doi.org/10.3390/su132413512

Bugarinović M., (2021). A glance at the track access charges structure. 8th Interantional scientific symposium of transport and communications "New Horizons 2021", 26-27 November, Doboj, Bosna and Herzegovina. pp. 14-21.

Bugarinovic, M., & Boskovic, B. (2016). Where does costs coverage and track access charges structure go after adoption of regulation 2015/909/EU?. International scientific-expert conference on railways "RAILCON'16".

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 (Text with EEA relevance). (2015). Official Journal, L 148, 17-22. ELI: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32015R0909

Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 establishing a single European railway area. OJ L 343, 14.12.2012, p. 32–77, доступно на: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32012L0034

European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, (2023). Support study to the impact assessment on measures to better manage and coordinate cross-border rail traffic, including through revised rules for capacity allocation and infrastructure charging in rail : final report, Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2832/652692

IGR-rail (2023). Independent Regulators' Group – Rail, Eleventh Annual Market Monitoring Working Document, April 2023.

Network Statement (2023, 2022, 2021) from national infrastructure managers: Bulgaria, Slovakia, Serbia, Croatia, Portugal, Greece, Latvia, Lithuania, N. Macedonia, Montenegro, Albania.

Teixeira P., Pita A.L., (2012) Infracharges. UIC study on railway infrastructure charges in Europe. Final report. Barcelona.

Schöne, A., & Kunz-Kaltenhäuser, P. (2022). Track access charges in the European Union railroad sector: A consideration of company organization and institutional quality. Ilmenau Economics Discussion Papers, 27(164).

www.theglobaleconomy.com, https://www.theglobaleconomy.com/rankings/GDP_per_capita_constant_dollars/Europe/

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

IDENTIFICATION OF CRITERIA FOR RESILIENCE ASSESSMENT OF THE PUBLIC RAILWAY OPERATOR IN OPEN RAILWAY MARKET CONDITIONS

IDENTIFIKACIJA KRITERIJUMA ZA PROCJENU OTPORNOSTI JAVNOG ŽELJEZNIČKOG PREVOZNIKA U USLOVIMA OTVORENOG TRANSPORTNOG TRŽIŠTA

Tihomir Subotić[a], Branislav Bošković[b]

[a] *Bosnia and Herzegovina, subotic.tihomir@gmail.com*

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

Abstract: *Enabling private companies to access the railway transport market will compel the incumbent railway operator to adopt market-oriented way of thinking in order to remain a relevant player within it. The moment of opening the railway transport market represents an undesired scenario in business, or a disruption for the incumbent, and as such can be observed through the lens of the resilience concept. The research aims to review literature in the field of organizational and business resilience to indentify criteria that would serve to assess the resilience of the incumbent in the open railway transport market conditions. The results manifest in defining factors that influence organizational and business resilience in general, and identifying criteria for assessing the organizational and business resilience of the incumbent railway operator in open railway market conditions.*

Key words: *resilience concept, criteria, competitiveness, railway transport market*

Apstrakt*: Liberalizacija železničkog transportnog tržišta i ulazak privatnih prevoznika na tržište primoravaju javnog železničkog prevoznika da se okrene tržišno orijentisanom načinu razmišljanja kako bi opstao relevantan akter na njemu. Otvaranje železničkog transportnog tržišta predstavlja neželjeni scenario u poslovanju dosadašnjeg monopoliste, kao što je to slučaj sa Železnicama Republike Srpske. Drugim riječima, to je značajan poremećaj za dosadašnjeg jedinog železničkog prevoznika na mreži i kao takav se može posmatrati kroz prizmu koncepta otpornosti. Istraživanje ima za cilj da pregledom literature iz oblasti organizacione i poslovne otpornosti identifikuje kriterijume koji bi poslužili za procjenu otpornosti javnog železničkog prevoznika u uslovima otvorenog transportnog tržišta. Rezultati istraživanja ogledaju se u definisanju faktora koji generalno utiču na organizacionu i poslovnu otpornost i identifikaciji kriterijuma za procjenu iste kod javnog železničkog prevoznika u uslovima otvorenog transportnog tržišta.*

Ključne riječi: *koncept otpornosti, kriterijumi, konkurentnost, železničko transportno tržište*

1. UVOD

Proces stvaranja jedinstvenog evropskog transportnog tržišta, evropske integracije, nizak nivo efikasnosti i konkurentnosti, upliv političkih faktora i nedovoljan kvalitet transportnih usluga su ključni pokretači procesa restrukturiranja železničkog sektora.

Osnovni principi i smjernice restrukturiranja koje je postavila Evropska unija (EU) kroz 4 paketa direktiva prihvaćeni su i u evropskim zemljama koje nisu članice EU. Na taj način dotadašnja železnička preduzeća u ovim zemljama su podvrgnuta procesu restrukturiranja gdje razdvajanje djelatnosti upravljanja železničkom infrastrukturom i djelatnosti pružanja transportnih usluga predstavljaju ključnu aktivnost. Krajnji cilj

restrukturiranja je zapravo stvaranje konkurencije na željezničkoj infrastrukturi, odnosno omogućavanje pristupa infrastrukturi drugim privatnim domaćim ili stranim prevoznicima. Takvi uslovi, sa konkurentskim nadmetanjem na željezničkoj mreži može se posmatrati kao neželjeni scenario, odnosno poremećaj za dosadašnjeg željezničkog prevoznika.

Posmatrajući ulazak novih prevoznika na željezničko tržište kao poremećaj, postavlja se pitanje kakve će posljedice navedeni poremećaj proizvesti po dotadašnjeg jedinog željezničkog prevoznika, tj. kolika je njegova otpornost u novonastalim uslovima.

Otpornost kao koncept javlja se u različitim oblastima: psihologiji, psihijatriji, fizici, ekologiji, ekonomiji, poslovanju, inženjerstvu i dr. Definicije i karakteristike koncepta otpornosti zavise od oblasti u kojoj se primjenjuje. U inženjerstvu, naročito u oblasti kritične infrastrukture, glavna karakteristika otpornog sistema je povratak u prvobitno funkcionalno stanje. Međutim, u poslovnom, ekonomskom i organizacionom okruženju, otporan sistem nije moguće posmatrati u inženjerskom, odnosno infrastrukturnom kontekstu, jer sistemi u tim okruženjima nakon poremećaja često ne mogu dostići nivo predporemećajne funkcionalnosti, niti je to cilj, kao u posmatranom slučaju otvaranja željezničkog transportnog tržišta. Naime, vrlo je mala vjerovatnoća da će javni željeznički prevoznik zadržati 100% udjela pruženih usluga na transportnom tržištu ili da će se nakon nekog vremena konkurencije sistem vratiti u pređašnje stanje.

S obzirom da je željeznica jedinstveni organizacioni, poslovni i tehničko-tehnološki sistem, njena otpornost se može posmatrati sa više stanovišta: (1) *Infrastrukturno*. Ovo stanovište pokriva otpornost infrastrukture pri raznim poremećajima nastalim ljudskim ili prirodnim putem, odnosno djelovanjem više sile. Ovdje spada otpornost pruge i njenih elemenata u građevinskom smislu, signalno-sigurnosnih uređaja i postrojenja, telekomunikacionih uređaja i postrojenja, elektro-vučnih i drugih stabilnih postrojenja. Ovom stanovištu se može pridodati i IT infrastruktura i njeni elementi; (2) *Organizaciono*. Željeznice su karakterisane relativno velikim brojem zaposlenih, sa raznolikom obrazovnom i starosnom strukturom. Optimalan broj zaposlenih, dovoljan broj kadrova sa ekspertskim znanjem, ispravni menadžerski pristupi, ispravna politika regrutovanja i obučavanja novog kadra, i generalno upravljanje ljudskim resursima je jedna od komponenti koja utiče na organizacionu otpornost. Pored upravljanja resursima, unutrašnja organizacija i sistematizacija su takođe bitne komponente organizacione otpornosti; (3) *Poslovno*. Otpornost u poslovanju obuhvata širok opseg komponenti. Poslovna otpornost nekog sistema veoma je složena s obzirom na veliki broj spoljnih promjenjivih koji utiču na nju. Primjer je skorašnja pandemija COVID-19 koja je uticala na sva poslovna okruženja i njihov rad, zatim svjetske ekonomske krize, ratovi i mnogi drugi teško predvidivi faktori čiji se uticaj može ispoljiti na poslovanje. Neki od elemenata poslovne otpornosti obuhvataju: bilanse prihoda i rashoda, produktivnosti radne snage, kola i lokomotiva, intenzitet saobraćaja, strateško upravljanje infrastrukturom, diversifikaciju roba koje se prevoze, odnosno poslovnih subjekata sa kojima se sarađuje, upravljanje kvalitetom, širenje poslovanja, optimizaciju kao alat za unaprjeđenje poslovanja u svim segmentima, inkorporiranje savremenih alata i pristupa pri donošenju odluka na svim nivoima, primjenu strateškog menadžmenta, modernizaciju, praćenje standarda i dr. U literaturi poslovna otpornost se često posmatra kroz prizmu organizacione otpornosti, jer ne postoji jasna granica između njih.

Procjena otpornosti i primjena samog koncepta na željeznicu u literaturi je neusaglašena u pogledu konceptualizacije i metoda. Pregled istraživanja koncepta otpornosti na željeznici, sa fokusom na transportne sisteme i kvantitativne pristupe, obradio je (Bešinović, 2020) za period od 2008. godine do 2019. godine. Glavni nalazi pregleda literature upućuju: da postoje dva pristupa u procjeni otpornosti: proaktivan i reaktivni; da je otpornost željezničkog sistema definisana kao sposobnost da se pruži efektivna usluga kao u normalnim uslovima, kao i da sistem izdrži, upije, prilagodi i brzo se oporavi od poremećaja; da otpornost pokriva sljedeće karakteristike: ranjivost, preživljavanje, odgovor i oporavak, a dodatne proaktivan mjere su mitigacija i pripremljenost; da je metrika otpornost na željeznici podijeljena na topološke i sistemski orijentisane pristupe; da je dostupnost istraživanja otpornosti na željeznici ograničena; da su pristupi za procjenu otpornosti i planiranje na željeznici još uvijek relativno neistraženi.

Stanje u literaturi otpornosti na željeznici od 2019. godine do 2022. godine istraživali su (Subotić i Bošković, 2023). Autori ovog rada navode da u pregledanoj literaturi nisu pronađena značajnija odstupanja od zaključaka i metoda uspostavljenih i navedenih u (Bešinović, 2020). U istraživanjima sprovedenim u (Bešinović, 2020) i (Subotić i Bošković, 2023) nisu pronađeni radovi koji se bave organizacionom (poslovnom) otpornošću i otpornošću željeznice u novim uslovima transportnog tržišta.

Osnovni zadatak ovog rada je da se identifikuju kriterijumi koji bi poslužili za procjenu otpornost javnog željezničkog prevoznika u uslovima otvorenog transportnog tržišta. Zbog nedostatka istraživanja koja se bave organizacionim i poslovnim aspektom otpornosti željeznice, izvršen je pregled literature iz oblasti organizacione

i poslovne otpornosti sa ciljem definisanja faktora koji utiču na organizacionu, odnosno poslovnu otpornost u drugim oblastima i generalno. Uvidom u navedenu literaturu identifikovano je pet kriterijuma koji se mogu koristiti za procjenu organizacione, odnosno poslovne otpornosti javnog željezničkog prevoznika u uslovima otvorenog transportnog tržišta usluga.

Rad je nadalje sistematizovan u 4 poglavlja. U drugom poglavlju je dat metodološki pristup u istraživanju dostupne literature, a u trećem poglavlju predstavljeni su rezultati pregleda sistematizovani u tabelarnom obliku. U četvrtom poglavlju su izdvojeni kriterijumi koji će biti korišćeni za procjenu organizacione otpornosti javnog željezničkog prevoznika. Na kraju u petom poglavlju data su zaključna razmatranja.

2. METODOLOGIJA

Za definisanje faktora koji utiču na organizacionu i poslovnu otpornost izvršen je pregled literature. Za pretragu radova korišćene su ključne riječi *organization, resilience, business, enterprise* i njihove kombinacije. Pretrage radova su vršene u akademskim pretraživačima i *online* bibliografskim bazama podataka, kao što su *IEEE Xplore, MDPI, ScienceDirect* i *Google Schoolar*. Nakon ručnog pregleda sažetaka, uvoda i zaključaka izabrano je 25 radova za detaljniju analizu. Na osnovu datih faktora u literaturi, autori ovog rada su izvršili izbor najvažnijih na osnovu kojih su kreirali 5 faktora koji će poslužiti kao kriterijumi za procjenu organizacione otpornosti javnog željezničkog prevoznika u uslovima otvorenog tržišta željezničkih usluga.

3. PREGLED LITERATURE

Na osnovu izvršenog pregleda literature, u tabeli 1 je dat pregled faktora koji su u pregledanim radovima percipirani kao ključni za određivanje organizacione otpornosti.

Tabela 1. Faktori koji utiču na organizacionu otpornost

Rad/Referenca	Faktori otpornosti
Mjerenje otpornosti u organizacijama koje pružaju zdravstvene usluge (Mallak, 1998)	(1) ciljno usmjereno traženje rješenja, (2) skepticizam/izbjegavanje, (3) kritičko razmišljanje, (4) zavisnost od položaja, (5) oslanjanje na izvor, (6) pristup resursima.
Upravljanje otpornošću: Radni okvir za procjenu i unaprijeđenje otpornosti organizacija (McManus i dr., 2007)	(1) svijest o situaciji: (a) pozicije i odgovornosti, (b) razumijevanje (c) poremećaja i posljedica, (d) svijest o povezivanju, (e) svijest o osiguranju, (f) prioriteti oporavka. (2) upravljanje ključnim ranjivostima: (a) strategije planiranja, (b) učešće u vježbama, (c) sposobnosti i kapacitet spoljnih resursa, (d) sposobnosti i kapacitet unutrašnjih resursa, (e) organizaciona povezanost. (3) kapacitet prilagođavanja: (a) mentalitet silosa, (b)komunikacija i odnosi, (c) strateška vizija i očekivani ishodi, (d) informacije i znanje, (e) rukovodstvo, upravljanje i upravljačke strukture.
Organizaciona otpornost: Ka teoriji i agendi istraživanja (Vogus i Sutcliffe, 2007)	(1) resursi i višak resursa.
Regionalna otpornost: Teorijska i empirijska perspektiva (Christopherson i dr., 2010)	(1) inovacije, (2) produktivnost, (3) ljudski resursi, (4) finansijski resursi, (5) diversifikacija.
Radni okvir za istraživanje proširene otpornosti preduzeća (Erol i dr., 2010)	(1) ranjivost, (2) fleksibilnost, (3) prilagodljivost, (4) agilnost.
Otpornost lanaca snabdijevanja: Razvoj konceptualnog radnog okvira (Pettit i dr., 2010)	(1) fleksibilnost u nabavci, (2) fleksibilnost u ispunjavanju narudžbi, (3) rezervni kapaciteti, (4) efikasnost, (5) vidljivost, (6) prilagodljivost, (7) anticipacija, (8) oporavak, (9) disperzija, (10) saradnja, (11) organizacija, (12) položaj na tržištu, (13) sigurnost, (14) finansijska snaga.
Otpornost lanaca snabdijevanja? Definicija pojma i njegovih	(1) agilnost, (2) fleksibilnost, (3) brzina, (4) vidljivost, (5) dostupnost, (6) redudencija, (7) mobilizacija resursa, (8) saradnja, (9) poznavanje strukture lanaca

formativnih elemenata (Ponis i Koronis, 2012)	snabdijevanja.
Otporne organizacije: Modelovanje kapaciteta za otpornosti (Abdullah i dr., 2013)	(1) upijanje, (2) prilagođavanje, (3) oporavak, (4) ljudski resursi, (5) kultura, (6) tehnologija.
Razvijanje alata za mjerenje i poređenje organizacione otpornosti (Lee i dr., 2013)	(1) minimizacija mentaliteta silosa, (2) unutrašnji resursi, (3) informacije i znanje, (4) inovacije i kreativnost, (5) donošenje odluka, (6) praćenje situacije i izvještavanje, (7) strategije planiranja, (8) učešće u vježbama, (9) proaktivan pristup, (10)spoljni resursi.
Izazovi otpornosti za tekstilna preduzeća u tranzicionim ekonomijama i perspektiva regionalne trgovine - studija kirgijskih uslova (Abylaev i dr, 2014)	(1) finansijski resursi, (2) fizički resursi, (3) ljudski resursi, (4) tehnološki resursi, (5) organizacioni faktori, (6) reputacija.
Razvijanje otpornog proizvodnog poslovanja (Thomas i dr., 2015)	(1) razvoj ključnih kompetencija, (2) LEAN i agilnost, (3) metod engll. *six sigma*, (4) totalna proizvodna održivost, (5) upravljanje znanjem i informacijama, (6) integracija tehnologija, (7) razvoj novih proizvoda, (8) otpornost lanaca snabdijevanja i njihov reinženjering.
Modelovanje i poboljšanje potencijala organizacione otpornosti u procesnoj industriji malih i srednjih preduzeća (Arsovski i drugi, 2015)	(1) strategije planiranja, (2) sposobnosti i kapaciteti unutrašnjih resursa, (3) praćenje unutrašnje situacije, (4) ljudski faktor i resursi, (5) sposobnosti i kapacitet spoljnih resursa, (6) faktori projektovanja, (7) potencijal u donošenju odluka, (8) reagovanje u hitnim situacijama, (9) sistem upravljanja bezbjednošću.
Pomorski turizam u svjetlu globalnih promjena: Otpornost preduzeća tokom kriza u Tajlandu i Australiji (Biggs i dr., 2015)	(1) socijalni kapital, (2) ljudski kapital, (3) finansijski kapital, (4) prirodni kapital.
Odnos između otpornosti modnih preduzeća u uslovima poremećaja na tržištu i kreativnog učešća i stepena blagostanja zaposlenih (Costuleanu i dr., 2015)	(1) kratkoročna aktiva, (2) ukupna imovina, (3) tekuće obaveze, (4) ukupne obaveze, (5) zadržana dobit, (6) zarada prije kamata i poreza, (7) neto vrijednost, (8) prodaja, (9) broj zaposlenih.
Ekonomska kriza i otpornost: Kapaciteti otpornosti i konkurentnosti preduzeća (Sabatino, 2016)	(1) struktura troškova, (2) pravovremenost, anticipacija i brzina donošenja poslovnih odluka, (3) uključenost i efikasan sistem podsticaja sa strateškim ciljevima, (4) jednostavna organizaciona struktura, (5) sposobnost da se posveti klijentu, (6) upravljanje kvalitetom i fokalizacija proizvoda, (7) poslovna kultura i sistem vrijednosti, (8) geografska fokalizacija i strategije internacionalizacije.
Izgradnja organizacione otpornosti u građevinskoj branši: Perspektiva praktičara u Novom Zelandu (Sapeciay i dr., 2017)	(1) rukovodstvo i upravljanje, (2) robusna mreža, (3) pristup spoljnim resursima, (4) sposobnost prilagođavanja na promijene, (6) tržišna osjetljivost, (7) usklađena poslovna praksa, (8) inovacije i diversifikacija, (9) ključne kompetencije zaposlenih, (10) sposobnost korišćenja znanja i informacija, (11) svijest o situaciji, (12) reflektivni poslovni model.
Organizaciona otpornost: Dinamička sposobnost kompleksnih sistema (Khan i dr., 2019)	(1) sposobnost organizacionog učenja, (2) uloga organizacionog rukovodstva, (3) klima povjerenja, (4) dostupnost viška resursa.
Organizaciona otpornost: Konceptualizacija zasnovana na sposobnostima (Duchek, 2020)	(1) baza znanja, (2) dostupnost resursa, (3) socijalni resursi, (4) moć i odgovornost.

Modeli fazi skupova za određivanje ekonomske otpornosti (Nedosekin i dr., 2020)	(1) bruto profitabilnost, (2) dobit prije kamata i poreza, (3) neto profitabilnost, (4) obrt svih sredstava, (5) promet obrtnih sredstava, 6) opšta likvidnost, (7) finansijska poluga, (8) kreditno opterećenje, (9) ponderisani prosječni trošak kapitala, (10) ponderisani prosječni trošak pozajmljenog kapitala, (11) efikasnost rada, mjerena nivoom prihoda, (12) efikasnost rada, mjerena nivoom neto dobiti.
Procjena i poboljšanje organizacione otpornosti u sistemima kritične infrastrukture: Studija slučaja Slovačke (Rehak, 2020)	(1) upravljanje rizikom, (2) organizacioni inovacijski procesi, (3) edukacijski i razvojni procesi.
Gradivni elementi organizacione otpornosti: Pregled empirijske literature (Vakilzadeh i Haase, 2021)	(1) rukovodstvo, (2) resursi, (3) organizacija, (4) poslovni model i inovacije, (5) planovi otpornosti i (6) istraživanje okruženja, (7) učenje, (8) upravljanje organizacionim promjenama
Analiza uticajnih faktora organizacione otpornosti na ISM radni okvir (Liu i dr., 2021)	(1) organizacioni kapacitet, (2) organizacioni odnosi, (3) organizaciono učenje, (4) organizaciona komunikacija, (5) organizaciona kultura, (6) organizaciona struktura i (7) organizaciono rukovodstvo, (8) socijalni kapital, (9) organizacioni resursi, (10) kognitivne sposobnosti i (11) emocionalne sposobnosti.
Odnos viška resursa i organizacione otpornosti (Mao i dr., 2023)	(1) resursi i višak resursa.

4. IDENTIFIKACIJA KRITERIJUMA ZA PROCJENU TRŽIŠNE OTPORNOSTI

S obzirom na definisane faktore iz pregledane literature, u tabeli 2 su predloženi kriterijumi za procjenu organizacione otpornosti javnog željezničkog prevoznika sa pregledom literature gdje su korišćeni.

Tabela 2. Kriterijumi za procjenu organizacione otpornost

Kriterijumi	Referenca
Kriterijum finansijskih resursa	(Mallak, 1998), (McManus i dr., 2007), (Vogus i Sutcliffe, 2007), (Christopherson i dr., 2010), (Erol i dr., 2010), (Pettit i dr., 2010), (Bhamra i dr., 2011), (Ponis i Koronis, 2012), (Lee i dr., 2013), (Aleksić i dr., 2013), (Abylaev i dr, 2014), (Biggs i dr., 2015), (Costuleanu i dr., 2015), (Sabatino, 2016), (Sapeciay i dr., 2017), (Tibay i dr., 2018), (Pascua i Chang-Richards, 2018), (Khan i dr., 2019), (Duchek, 2020), (Nedosekin i dr., 2020), (Vakilzadeh i Haase, 2021), (Mao i dr., 2023)
Kriterijum ljudskih resursa	(Mallak, 1998), (McManus i dr., 2007), (Christopherson i dr., 2010), (Pettit i dr., 2010), (Bhamra i dr., 2011), (Lengnick-Hall i dr., 2011), (Abdullah i dr., 2013), (Lee i dr., 2013), (Aleksić i dr., 2013), (Abylaev i dr, 2014), (Thomas i dr., 2015), (Biggs i dr., 2015), (Costuleanu i dr., 2015), (Sapeciay i dr., 2017), (Tibay i dr., 2018), (Pascua i Chang-Richards, 2018), (Sahebjamnia i dr., 2018), (Khan i dr., 2019), (Duchek, 2020), (Vakilzadeh i Haase, 2021), (Rehak, 2020), (Liu i dr., 2021), (Mao i dr., 2023).
Kriterijum upravljanja i planiranja	(McManus i dr., 2007), (Lee i dr., 2013), (Aleksić i dr., 2013), (Sapeciay i dr., 2017), (Khan i dr., 2019), (Vakilzadeh i Haase, 2021), (Liu i dr., 2021).
Kriterijum resursa sredstava za rad	(McManus i dr., 2007), (Christopherson i dr., 2010), (Sahebjamnia i dr., 2018), (Liu i dr., 2021), (Mao i dr., 2023).
Kriterijum diversifikacije	(Christopherson i dr., 2010), (Sapeciay i dr., 2017), (Tibay i dr., 2018), (Pascua i Chang-Richards, 2018).

Kriterijum finansijskih resursa. U pregledanoj literaturi najzastupljeniji faktor koji utiče na organizacionu otpornosti jesu resursi. Autor (Duchek, 2020) navodi da veliki broj studija ukazuje na potrebu širokog i pristupačnog skupa resursa kao osnove za brze i adekvatne reakcije na poremećaje. Finansijski resursi su jedni od najznačajnijih jer mogu poslužiti kao rezervoar (*bafer*) za upijanje negativnih posljedica poremećaja (Pal i dr., 2014). Istraživanje okruženja, priprema za buduće kritične događaje, razvoj planova oporavka, simulacije kriza, obuka zaposlenih i rukovodilaca sa ciljem ojačavanja organizacione otpornosti zahtijevaju znatne finansijske resurse. Finansijski položaj organizacije i njena ekonomska stabilnost prepoznati su kao glavne snage otpornosti (McManus i dr., 2007). Organizacije sa manjim dugovima, većim bilansima stanja ili sa većim kapacitetom

finansijski resursa posjeduju visok kapacitet prilagođavanja (McManus i dr., 2007). Finansijski resursi i višak ovog resursa jedan je od važnijih faktora organizacione otpornosti (Vogus i Sutcliffe, 2007).

Kriterijum ljudskih resursa. Pored finansijskih resursa, drugi najzastupljeniji faktor uticaja na organizacionu otpornost jesu ljudski resursi. Kapacitet za otpornost organizacije je sadržan u karakteristikama ljudskih resursa (Abdullah i dr., 2013). On se razvija kroz strateško upravljanje ljudskim resursima sa ciljem stvaranja kompetencija među zaposlenima, koje kada se agregiraju na nivou organizacije, omogućavaju organizacijama da razvijaju sposobnosti reagovanja na otporan način pri susretu sa poremećajima (Lengnick-Hall i dr., 2011). Bez obzira na to da li preduzeće smatra da je njegova potreba za kapacitetom otpornosti visoka ili niska, korisno je prepoznati da ulaganja u kapacitet ljudskih resursa mogu donijeti višestruku korist. Jednom kad se uspostavi kompozitni skup vještina i kompetencija, preduzeće može izabrati brojne načine da iskoristi investicije uložene u upravljanje ljudskim resursima na veoma produktivan način (Lengnick-Hall i dr., 2011). Ljudski kapital preduzeća se ogleda u vještinama i kapacitetu zaposlenih da odgovore na promjene i prilagode im se (Biggs i dr., 2015).

Kriterijum upravljanja i planiranja. Jedna on najvažnijih karakteristika otpornosti u organizaciji je način na koji se organizacijom upravlja u svakodnevnici i tokom kriza (McManus i dr., 2007). S obzirom da su konkurentnost i organizaciona otpornost u relaciji (Erol i dr., 2010; Lee i dr., 2013; Thomas i dr., 2015; Sabatino, 2016; Duchek, 2020; Liu i dr., 2021), da bi organizacije bile konkurente moraju se oslanjati na snažno rukovodstvo, svijest i razumijevanje svog okruženja, na sposobnost upravljanja rizikom i sposobnost što bržeg prilagođavanja na promijene (Lee i dr., 2013). Rukovodioci konkurentnih organizacija su u stanju da iskoriste njene snage da se prilagode prije svojih konkurenata sprovođenjem brzih promjena na svom tržištu (Lee i dr., 2013).

Kriterijum resursa sredstava za rad. U istraživanjima (McManus i dr., 2007) i (Pettit i dr., 2010) u unutrašnje kapacitete organizacije koji utiču na organizacionu otpornost ubrajaju se između ostalih i infrastruktura, kritične komponente i oprema organizacije. Višak kapaciteta organizacije koji će omogućiti održavanje određenog nivoa proizvodnje bitan je faktor organizacione otpornosti (Pettit i dr., 2010). Efikasno korišćenje sredstava za rad kao i njihova dostupnost ima pozitivan uticaj na organizacionu otpornost. Višak nefinansijskog resursa može poslužiti za ojačavanje kapaciteta prilagođavanja, ali može proizvesti i veće operativne troškove (Mao i dr., 2023). Produktivno korišćenje sredstava za rad željezničkog prevoznika je veoma bitno za njegovo poslovanje, te je iz tog razloga kriterijum resursa sredstava za rad identifikovan kao bitan za procjenu njegove otpornosti.

Kriterijum diversifikacije. Oslanjanje na jedan ili manji broj kapaciteta, usluga, sredstava, tržišta i sl., za vrijeme poremećaja može poizvjesti negativne posljedice po organizaciju. Istraživanje (Christopherson i dr., 2010) navodi da su regioni koji su diversifikovali svoju ekonomsku bazu koja se ne oslanja na jednu industriju mnogo otporniji na poremećaje. Diversifikaciju kao uticajni faktor na organizacionu otpornost navode i (Sapeciay i dr., 2017; Tibay i dr., 2018; Pascua i Chang-Richards, 2018). Diversifikacija poslovanja može imati značajan uticaj na otpornost željeznice. Liberalizacijom tržišta na domaćoj mreži javi će se prijetnja gubitka dosadašnjih klijenata, te će otpornost željezničkog prevoznika biti ugrožena.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Iako je interesovanje za organizacionu otpornost, i otpornost uopšte, u stalnom rastu (Duchek, 2020), u pregledanoj literaturi nema konsenzusa oko njene konceptualizacije (Linnenluecke, 2017). Autori koriste različiti broj i različite faktore pri čemu i različito percipiraju otpornost. Veliki broj istraživanja organizacione otpornosti se oslanja na empirijska i kvalitativna istraživanja, dok se većina studija poslovne otpornosti i otpornosti preduzeća oslanja se na teoretske specifične primjere (Saad i dr., 2021).

U definisanim faktorima organizacione otpornosti, najviše se ponavljaju faktori resursa. Dostupnost finansijskih, ljudskih i ostalih resursa su od vitalnog značaja za organizacionu otpornost (Duchek, 2020). Istraživanje okruženja, planiranje i pripremanje, sprovođenje promjena i oporavak od poremećaja zahtijevaju značajne finansije i ljudske resurse (naročito u pogledu vještina i znanja za nove okolnosti). Način upravljanja organizacijom suočenom sa poremećajem u velikoj mjeri će odrediti njenu otpornost. Pored dostupnosti resursa, rukovodstvo (McManus i dr., 2007; Sapeciay i dr., 2017; Duchek, 2020), donošenje odluka (Lee i dr., 2013; Aleksić i dr., 2013) i sprovođenje strategija predstavljaju ključne faktore za organizacionu otpornosti (McManus i dr.; 2007, Sabatino, 2016). Takođe, nivo diversifikacije klijenata, usluga, sirovina i tržišta utiču na organizacionu otpornost (Pettit i dr., 2010; Abylaev i dr, 2014; Thomas i dr., 2016; Pascua i Chang-Richards, 2018). Shodno prethodno navedenim činjenicama, resursi (finansijski, ljudski i resursi sredstava za rad), upravljanje (i planiranje) i diversifikacija identifikovani su od strane autora ovog rada kao ključni za procjenu otpornosti javnog željezničkog operatora u uslovima otvorenog tržišta željezničkih usluga.

U narednim istraživanjima autori će se posvetiti određivanju vrijednosti pojedinih kriterijuma i njihovom uticaju na konačno rješenje sa konkretnim primjerom odabranog javnog željezničkog prevoznika. Određivanje vrijednosti faktora otpornosti u najvećem broju pregledanih radova oslanja se na empirijske i teorijske načine utvrđivanja njihove vrijednosti. Utvrđivanje kvantitativne vrijednosti usvojenih kriterijuma moguće je sprovesti kroz primjenu metoda kvantifikacije lingvističkih promjenjivih (npr. fazi logika). Kroz istorijske statističke podatke i elemente fazi sistema zaključivanja moguće je razviti model koji bi poslužio za kvantitativnu procjenu otpornosti. Primjenom statističkih istorijskih podataka, metoda višekriterijumskog odlučivanja, odnosno ekspertskog znanja, moguće je formirati granične vrijednosti za svaki usvojeni kriterijum. Na osnovu razvijenog fazi modela i utvrđivanja kvantitativnih vrijednosti usvojenih kriterijuma, odrediće se i veličina uticaja usvojenih kriterijuma na konačnu vrijednost organizacione otpornosti.

6. LITERATURA

Abdullah, N. A., Noor, N. L., & Ibrahim, E. N. (2013). Resilient organization: Modelling the capacity for resilience. 2013 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS) (pp. 319-324). IEEE.

Abylaev, M., Pal, R., & Torstensson, H. (2014). Resilience challenges for textile enterprises in a transitional economy and regional trade perspective–a study of Kyrgyz conditions. International Journal of Supply Chain and Operations Resilience, 1(1), 54-75.

Aleksić, A., Stefanović, M., Arsovski, S., & Tadić, D. (2013). An assessment of organizational resilience potential in SMEs of the process industry, a fuzzy approach. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 26(6), 1238-1245.

Arsovski, S., Putnik, G., Arsovski, Z., Tadić, D., Aleksić, A., Đorđević, A., & Moljević, S. (2015). Modelling and enhancement of organizational resilience potential in process industry SMEs. Sustainability 7.12, 16483-16497.

Bešinović, N. (2020). Resilience in railway transport systems: a literature review and research agenda. Transport Reviews, 40(4), 457-478.

Biggs, D., Hicks, C. C., Cinner, J. E., & Hall, C. M. (2015). Marine tourism in the face of global change: The resilience of enterprises to crises in Thailand and Australia. Ocean & Coastal Management, 105, 65-74.

Christopherson, S., Michie, J., & Tyler, P. (2010). Regional resilience: theoretical and empirical. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 3-11.

Costuleanu, C. L., Dumitrescu, D., Brezuleanu, S., & Bobitan, N. (2015). Relationships between Fashion Enterprises Resilience under Market Disruption and Employees' Creative Involvement and Wellbeing Degree. Revista de Cercetare si Interventie Sociala, 50-59.

Duchek, S. (2020). Organizational resilience: a capability-based conceptualization. Business research 13.1 , 215-246.

Erol, O., Sauser, B. J., & Mansouri, M. (2010). A framework for investigation into extended enterprise resilience. Enterprise Information Systems 4.2, 111-136.

Kazeminezhad, M. H., Etemad-Shahidi, A., & Mousavi, S. J. (2005). Application of fuzzy inference system in the prediction of wave parameters. Ocean Engineering 32, 1709-1725.

Khan, T. Z., Farooq, W., & Rasheed, H. (2019). Organizational resilience: a dynamic capability of complex systems. Journal of Management and Research. 6(1), 1-26.

Lee, A. V., Vargo, J., & Seville, E. (2013). Developing a tool to measure and compare organizations' resilience. Natural hazards review 14.1, 29-41.

Lengnick-Hall, C. A., Beck, T. E., & Lengnick-Hall, M. L. (2011). Developing a capacity for organizational resilience through strategic human resource management. Human resource management review, 21(3), 243-255.

Linnenluecke, M. K. (2017). Resilience in business and management research: A review of influential publications and a research agenda. International Journal of Management Reviews, 19(1), 4-30.

Liu, Y., Chen, R., Zhou, F., Zhang, S., & Wang, J. (2021). Analysis of the influencing factors of organizational resilience in the ISM framework: an exploratory study based on multiple cases. Sustainability 13(23).

Mallak, L. (1998). Measuring resilience in health care provider organizations. Health manpower management 24.4, 148-152.

Mao, Y., Li, P., & Li, Y. (2023). The relationship between slack resources and organizational resilience: The moderating role of dual learning. Heliyon, 9(3).

McManus, S., Seville, E., Brunsdon, D., & Vargo, J. (2007). Resilience management: a framework for assessing and improving the resilience of organisations. University of Canterbury. Civil and Natural Resources Engineering.

Nedosekin, A., Abdoulaeva, Z., Konnikov, E., & Zhuk, A. (2020). Fuzzy set models for economic resilience estimation. Mathematics, 8(9), 1516.

Pal, R., Torstensson, H., & Mattila, H. (2014). Antecedents of organizational resilience in economic crises—an empirical study of Swedish textile and clothing SMEs. International Journal of Production Economics, 147, 410-428.

Pascua, M. C., & Chang-Richards, A. Y. (2018). Investigating the resilience of civil infrastructure firms in New Zealand. Procedia engineering, 212, 286-293.

Pettit, T., Fiksel, J., & Croxton, K. (2010). Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework. Journal of business logistics 31(1), 1-21.

Ponis, S. T., & Koronis, E. (2012). Supply Chain Resilience? Definition of concept and its formative elements. The journal of applied business research 28.5, 921-935.

Rehak, D. (2020). Assessing and strengthening organisational resilience in a critical infrastructure system: Case study of the Slovak Republic. Safety Science 123.

Saad, M. H., Hagelaar, G., van der Velde, G., & Omta, S. W. (2021). Conceptualization of SMEs' business resilience: A systematic literature review. Cogent Business & Management, 8(1).

Sabatino, M. (2016). Economic crisis and resilience: Resilient capacity and competitiveness of the enterprises. Journal of Business Research 69.5 , 1924-1927.

Sapeciay, Z., Wilkinson, S., & Costello, S. B. (2017). Building organisational resilience for the construction industry: New Zealand practitioners' perspective. International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, 8(1), 98-108.

Subotić, T., & Bošković, B. (2023). Istraživanje koncepta otpornosti i njegove primene na železnici. Železnice 2022.2 (2023), 89-101.

Thomas, A., Byard, P., Francis, M., Fisher, R., & White, G. R. (2016). Profiling the resiliency and sustainability of UK manufacturing companies. Journal of Manufacturing Technology Management, 27(1), 82-99.

Thomas, A., Pham, D. T., Francis, M., & Fisher, R. (2015). Creating resilient and sustainable manufacturing businesses–a conceptual fitness model. International Journal of Production Research, 53(13), 3934-3946.

Tibay, V., Miller, J., Chang-Richards, A. Y., Egbelakin, T., Seville, E., & Wilkinson, S. (2018). Business resilience: A study of Auckland hospitality sector. Procedia Engineering 212, 1217-1224.

Vakilzadeh, K., & Haase, A. (2021). The building blocks of organizational resilience: A review of the empirical literature. Continuity & Resilience Review (3)1, 1-21.

Vogus, T. J., & Sutcliffe, K. M. (2007). Organizational resilience: towards a theory and research agenda. IEEE international conference on systems, man and cybernetics (pp. 3418-3422). IEEE.

Wedawatta, G., Ingirige, B., & Amaratunga, D. (2010). Building up resilienc e of construction sector SMEs and their supply chains to extreme weather events. International Journal of Strategic Property Management, 14(4), 362-375.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

NON - CONTACT MEASURMENT OF TRACK GEOMETRY PARAMETERS

BESKONTAKTNO MERENJE PARAMETARA GEOMETRIJE KOLOSEKA

Mladen Žarković[a], Željko Mitrović[b], Lazar Mosurović[a], Jovo Steljić[a], Filip Šćekić[a]

[a] *Directorate for Railways, Nemanjina 6., Belgrade 11000, Serbia, zarkovic.mladen11@gmail.com, lazar.mosurovic@raildir.gov.rs, jovo.steljic@raildir.gov.rs, filip.scekic@raildir.gov.rs*

[b] *Infrastructure of Serbian Railway, Nemanjina 6, Belgrade 11 000, Serbia, zeljcom@gmail.com*

Abstract: *With the tendency to develop and improve the railways, increasing the speed on the railways and the requirements for increasing the throughput of the railways due to the increase in the volume of traffic, the challenges of maintaining the railway infrastructure also grow proportionally. By non-contact measurement of track geometry parameters and analysis of measurement results, it is possible to create high-quality plans and management strategies for the maintenance of the railway infrastructure in a short time and take timely measures to eliminate registered errors on the track. On that way, safety will be raised to a significantly higher level, unplanned track closures will be avoided, regular traffic will be enabled and the costs of inadequate and unplanned maintenance of the railway infrastructure will be reduced.*

Key words: *railway infrastructure, railroad maintenance, measuring systems, superstructure, rails*

Apstrakt: *Sa tendencijom razvoja i unapređenja železnice, povećavanjem brzina na železničkim prugama i zahtevima za povećavanjem propusne moći pruga usled porasta obima saobraćaja, proprocionalno rastu i izazovi u pogledu održavanja železničke infrastrukture. Beskontaktnim merenjem parametara geometrije koloseka i analizom rezultata merenja moguće je kreirati kvalitetne planove i strategije upravljanja održavanjem železničke infrastrukture u kratkom vremenskom periodu i pravovremeno preduzeti mere za otklanjanje registrovanih grešaka na koloseku. Na taj način se bezbednost podiže na znatno viši nivo, izbegavaju neplanirani zatvori koloseka, omogućava redovitost saobraćaja i umanjuju troškovi neadekvatnog i neplanskog održavanja železničke infrastrukture.*

Ključne reči: *železnička infrastruktura, upravljanje održavanjem, merni sistemi, gornji stroj, šine*

1. UVOD

Kvalitetno održavanje železničke infrastrukture predstavlja preduslov za bezbedno funkcionisanje železničkog saobraćaja. Kako bi Upravljač infrastrukture kvalitetno održavao železničku infrastrukturu, neophodno je da razvije funckionalnu strategiju održavanja. Značajnu ulogu u formiranju strategije održavanja železničke infrastrukture čini snimanje parametara geometrije koloseka.

Evropski komitet za standardizaciju CEN (Comité Européen de Normalisation) izdao je serije standarda EN 13231 (deo 1 – 5) i EN 13848 (deo 1 – 6) kojima se definišu jedinstveni kriterijumi za ocenu kvaliteta geometrije novih i remontovanih koloseka, odnosno koloseka u eksploataciji, na osnovu merenja parametara geometrije koloseka, čija je primena obavezna u svim zemljama članicama (Pančić i Mićić, 2015).

Sandard EN 13848-1 *Primene na železnici — Kolosek — Kvalitet geometrije koloseka — Deo 1: Definisanje parametara geometrije koloseka* definiše osnovne parametre geometrije koloseka i minimalne zahteve za metode i merne sisteme i analize dobijenih rezultata. Standardom EN 13848-2 *Primene na ‚železnici – Kolosek – Kvalitet geometrije koloseka – Deo 2: Merni sistemi – Vozila za merenje parametara geometrije koloseka,* utvrđuju se minimalni zahtevi za principe i sisteme merenja parametara geometrije koloseka, sa ciljem dobijanja rezultata koji su uporedivi prilikom izvođenja merenja na istom koloseku. Standardom EN 13848-3 *Primene na železnici – Kolosek – Kvalitet geometrije koloseka – Deo 3: Merni sistemi – Mašine za građenje i održavanje koloseka*

utvrđuju se minimalni zahtevi koji moraju da ispune merni sistemi ugrađeni u mašine za građenje i održavanje koloseka, kako bi se ispunili uslovi za određivanje ocene kvaliteta geometrije koloseka upotrebom jednog ili više parametara koji su definisani standardom EN 13848-1. Standardom EN 13848-4 *Primene na železnici — Kolosek — Kvalitet geometrije koloseka — Deo 4: Merni sistemi — Ručni i laki uređaji*, definiše minimalne zahteve koje je potrebno da ispune ručni merni sistemi i merna kolica za merenje parametara geometrije koloseka, u cilju ocene kvaliteta geometrije koloseka, a na osnovu standarda EN 13848-1. Standard EN 13848-5 *Primene na železnici – Kolosek – Kvalitet geometrije koloseka – Deo 5: Nivoi kvaliteta geometrije koloseka – Kolosek na otvorenoj pruzi, u skretnicama i ukrštajima*, propisuje minimalne zahteve za nivoe kvaliteta geometrije koloseka i utvrđuje granice sigurnosti za svaki parametar definisan u EN 13848-1, koji se meri primenom odgovarajućih mernih sistema definisanih u EN 13848-2, EN 13848-3 i EN 13848-4. Poslednji deo standarda, EN 13848-6 *Primene na železnici — Kolosek — Kvalitet geometrije koloseka — Deo 6: Određivanje kvaliteta geometrije koloseka*, definiše određivanje kvaliteta geometrije koloseka, koji je zasnovan na parametrima definisanim u EN 13848-1 i navodi različite klase geometrije koloseka koje treba uzeti u razmatranje (Pančić i Mićić, 2015; *https://iss.rs/sr_Latn/*, 05.08.2023).

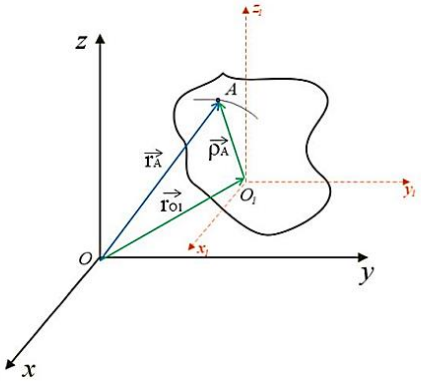
S obzirom da je merenje parametara geometrije koloseka najvažniji, ali ne i jedini, pokazatelj kvaliteta geometrije koloseka, u najsavremenijim shvatanjima održavanja železničke infrastrukture pojavljuje se više različitih mogućnosti u pogledu konstrukcije i usavršavanja mernih sistema za vršenje merenja parametara geometrije koloseka. Dva osnovna načina merenja parametara geometrije koloseka su kontaktno i beskontaktno merenje. Oba načina se mogu primeniti za merenje apsolutne i relativne geometrije koloseka. U ovom radu, razmatraće se beskontaktno merenje parametara relativne geometrije koloseka, pri čemu će se kao ugledni primer prikazati sistem merenja geometrije koloseka mernim kolima u vlasništvu Akcionarskog društva za upravljanje javnom železničkom infrastrukturom Infrastruktura železnice Srbije „Sever 1435", rezultati merenja i diskusija rezultata.

2. RELATIVNA GEOMETRIJA KOLOSEKA I PRINCIPI MERENJA BESKONTAKTNIM MERNIM SISTEMIMA

2.1. Relativan, prenosan i aposlutan položaj tačke u prostoru

Beskontaktno merenje geometrije koloseka može se koristiti za merenje relativne geometrije koloseka. Ukoliko se parametar geometrije koloseka meri u nekoj tački A, koja je čvrsto vezana za neko telo i kreće se zajedno sa unapred definisanim pokretnim koordinatnim sistemom, takvo kretanje naziva se relativno kretanje tačke u prostoru (slika 1). Pored toga, postoji prenosno i apsolutno kretanje tačke. Prenosno kretanje tačke A predstavlja kretanje unapred definisanog pokretnog koordinatnog sistema Ox1y1z1 u odnosu na neki nepokretni koordinatni sistem Oxyz. Kretanje tačke A u odnosu na nepokretni koordinatni sistem Oxyz naziva se apsolutno kretanje tačke. Apsolutno kretanje tačke $\vec{v}A$ predstavlja zbir vektora relativnog $\vec{v}r$ i prenosnog kretanja $\vec{v}p$, kako je prikazno u izrazu (1). Na slici 1 prikazane su sve prethodno navedene vrste kretanja (http://mfmehanika.weebly.com/uploads/1/4/7/3/14731462/predavanje_3.pdf, 11.08.2023.).

$$\vec{v}A = \vec{v}p + \vec{v}r \tag{1}$$

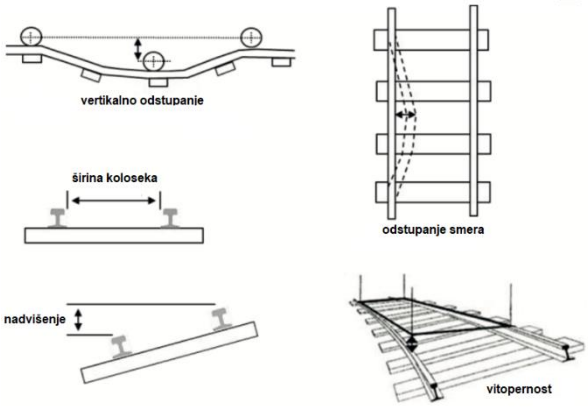


Slika 1. Vrste kretanja tačke u prostoru u odnosu na pokretni i nepokretni koordinantni sistem (http://mfmehanika.weebly.com/uploads/1/4/7/3/14731462/predavanje_3.pdf, 11.08.2023.).

Na prethodno opisan način funkcioniše i beskontakno merenje relativne geometrije koloseka. Bitno je napomenuti da relativna geometrija koloseka podrazumeva merenja parametara geometrije na osnovu kojih se određuje kvalitet koloseka u eksploataciji dok, sa druge strane, merenje apsolutne geometrije koloseka predstavlja merenje parametara geometrije u odnosu na položaje geodetskih tačaka definisanih projektom. Relativna geometrija ključna je za kreiranje planova održavanja, za izradu planova sanacije i obnove koloseka, dok se apsolutna geometrija koristi za trasiranje pruga, izradu projekata obnove koloseka i za potrebe planiranja radova na mehanizovanom održavanju koloseka odnosno vraćanje železničke pruge u prvobitni projektovani prostorni položaj.

Na slici 2 prikazani su parametri relativne geometrije koloseka koji se dobijaju metodama beskontaktnog merenja. U nastavku su date definicije osnovnih parametara geometrije koloseka (Pančić i Mićić, 2015):

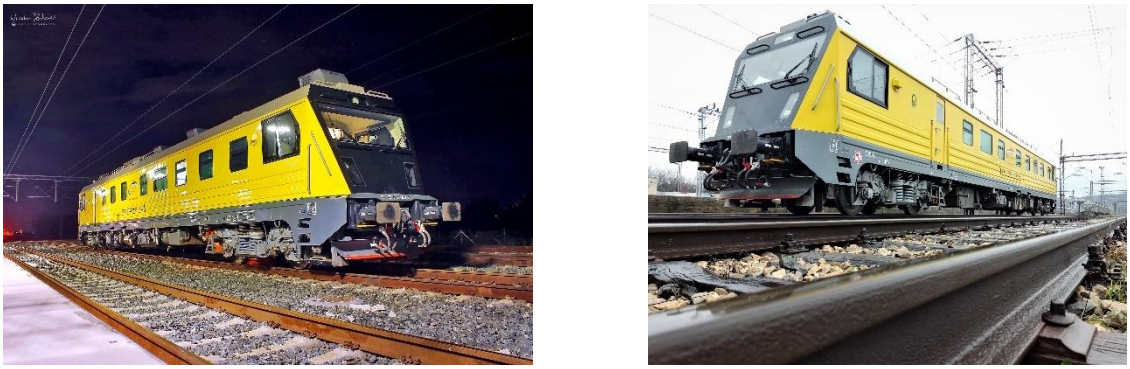
- *vertikalno odstupanje*, odstupanje nivoa gornje površi glave bilo koje šine u vertikalnom pravcu, izraženo kao pomeranje u odnosu na srednji vertikalni položaj (referentna linija), koje pokriva unapred definisane talasne dužine i koje se sračunava na osnovu uzastopnih merenja (duž koloseka);
- *širina koloseka*, najmanje rastojanje između pravih koje su upravne na dodirnu površ i dodiruju obe glave šine, koja se nalazi na unutrašnjoj bočnoj površi glave šine, u zoni 0 do 14 mm ispod dodirne površi;
- *odstupanje smera vozne šine*, odstupanje uzastopne pozicije neke tačke u bočnoj ravni za bilo koju šinu, izraženo kao odstupanje u odnosu na srednji horizontalni položaj (referentna linija), koje pokriva unapred definisane talasne dužine i koje se sračunava na osnovu uzastopnih merenja (duž koloseka);
- *nadvišenje*, razlika visina naspramnih voznih površi glava šina i računa se na osnovu ugla dodirne površi i horizontalne referentne ravni i
- *vitopernost*, promena nadvišenja na datom rastojanju duž koloseka.



Slika 2. Parametri geometrije koloseka dobijeni dobijeni merenjem relativne geometrije prema EN 13848 – 1 (Kite i dr., 2020)

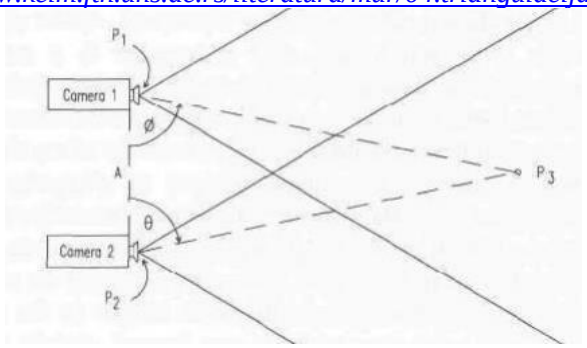
2.2. Beskontaktni merni sistem SOKOL na mernim kolima „Sever 1435”

U današnje vreme, s obzirom na značaj merenja parametara geometrije koloseka za održavanje železničke infrastrukture, sve je više proizvođača koji primenjuju najnovije tehnologije kako bi konstruisali nove i unapredili postojeće merne sisteme. Kako je prisutna sve veća potreba za izgradnjom pruga za velike brzine i održavanje takvih pruga podrazumeva brzo i efikasno reagovanje u kratkom vremenskom roku, izbegavanje dugačkih zatvora koloseka i obustave saobraćaja, cilj proizvođača je da konstruišu takvu mernu opremu, koja će omogućiti veliku brzinu merenja, prikaz rezultata u realnom vremenu i njihovu trenutnu analizu i generisanje izveštaja. U Republici Srbiji, za potrebe snimanja parametara relativne geometrije koloseka, koriste se merna kola „Sever 1435”, prikazana na slici 3, koja funkcionišu po principu beskontaktnog merenja.



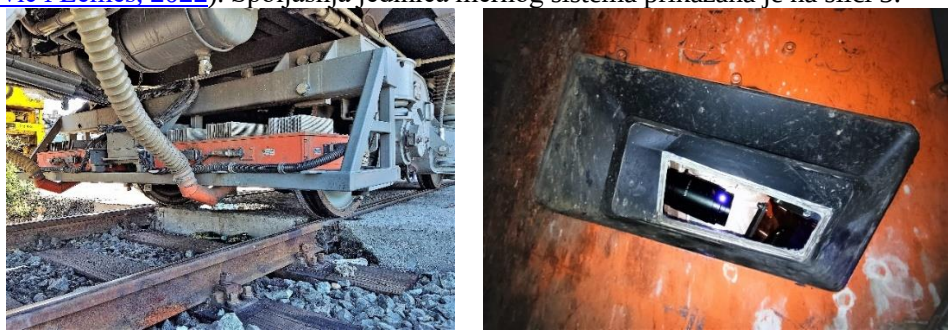
Slika 3. Merna kola „Sever 1435”

Beskontaktni merni sistem tipa SOKOL ugrađen na merna kolima „Sever 1435” omogućava merenje parametara geometrije koloseka brzinama od 0 do 250 km/h (*https://tvema.com/638*, 14.08.2023.). Zbog ograničenja brzine mernih kola usled nabavke novih mernih sistema, trenutna brzina snimanja parametara geometrije koloseka je ograničena na 110 km/h. Opseg snimanja parametara geometrije koloseka velikim brzinama omogućen je kombinacijom dve metode: aktivne optičke triangulacije i inercijalne navigacione metode. Aktivna optička triangulacija podrazumeva emitovanje laserskih zraka preko sistema ogledala i prijemnih video kamera. Senzor na poznatoj udaljenosti od lasera registruje reflektovani zrak, koji pada pod poznatim uglom. Na osnovu sličnosti trouglova i primenom trigonometrijskih digitalnih funkcija, računaju se položaji tačaka. Aktivni triangulacioni sistemi postavljaju kontrolisani izvor svetlosti (laser), u jedno od temena trougla, tako da taj izvor bude usmeren ka šini koja se nalazi u temenu trougla. Senzor se postavlja u preostalo teme i takođe je usmeren ka šini. Svetlost od izvora se reflektuje od šinu, a deo reflektovane energije pada na detektor. Periferna pozicija tačke koju detektor registruje (slika 4), omogućava kvantitativno merenje nepoznatog ugla φ, i određuje udaljenost pomoću sinusoidnog zakona (*http://www.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/mur/04.triangulacija.pdf,* 24.08.2023.).



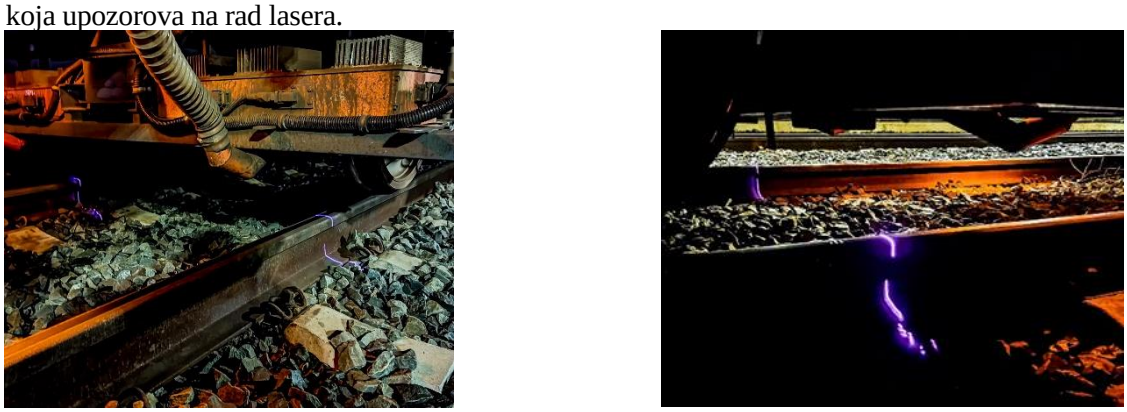
Slika 4. Princip aktivne optičke triangulacije (http://www.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/mur/04.triangulacija.pdf, 24.08.2023.)

Inercijalni navigacioni sistem (IMU) koji se koristi u sklopu mernog sistema služi za merenje parametara navigacije (tačaka) u prostoru, pri čemu se za obradu podataka koriste računari i senzori. Promene kretanja tačaka na šinama u prostoru detektuju se merenjem njihovog translatornog kretanja (akcelerometrima) i rotacije, odnosno merenje ugaone brzine sistema u odnosu na inercijalni referentni okvir (žiroskopima). IMU određuje svoju početnu poziciju i brzinu, iz nekog drugog izvora (izmeri je operator, GPS sa satelitskim prijemnikom i slično), a zatim izračunava svoju poziciju i ažurira brzinu integrisanjem informacija dobijenih od senzora. Merni sistem pruža korisniku podatke o parametrima geometrije koloseka u trodimenzionalnoj projekciji, u realnom vremenu (Uzunović i Lemeš, 2022). Spoljašnja jedinica mernog sistema prikazana je na slici 5.



Slika 5. Spoljašnja jedinica beskontaktnog mernog sistema

Merni sistem se jednostavno montira na ram obrtnog postolja mernih kola. Dizajn jedinica mernog sistema je lagan, lak za montažu i demontažu. Laseri koji su implementirani u merni sistem SOKOL spadaju u klasu 3b – mogu izazvati oštećenje vida ukoliko se ljudsko oko izloži direktnom uticaju lasera (Uzunović i Lemeš, 2022). Laseri koji emituju zračenje na šinu, vidljivi su ljudskim okom u tamnim uslovima (slika 6). Kada je laser uključen i sistem se nalazi u režimu merenja parametara geometrije koloseka, uključena je treptuća narandžasta svetlost koja upozorova na rad lasera.



Slika 6. Laserski snop na šini vidljiv ljudskim okom u tamnim uslovima

3. TIPOVI GREŠAKA GEOMETRIJE KOLOSEKA I GENERISANJE IZVEŠTAJA

Tokom snimanja relativne geometrije koloseka, svi rezultati se prikazuju na računarima koji se nalaze unutar mernih kola „Sever 1435" i kojima rukuju operateri. Rezultati se prikazuju u približno realnom vremenu, sa kašnjenjem prikaza rezultata u softveru usled potrebe obračuna, pri čemu se kašnjenje manifestuje u rasponu 100 – 200 m. Svi snimljeni podaci merenja se čuvaju u memoriji računara i odmah su spremni za dalje analize, koje podrazumevaju izbor odgovarajućih parametara na osnovu kojih će softver izvršiti proračune izmerenih vrednosti i prikazati greške u relativnoj geometriji koloseka. U slučaju merenja pruga u eksplataciji, u softveru se vrši rekalkulacija izmerenih parametara geometrije koloseka na nekoj deonici sa podacima o graničnim vrednostima dozvoljenih grešaka u geometriji koloseka, po klasama pruga, u skladu sa standardom EN 13848-5 *Primene na železnici – Kolosek – Kvalitet geometrije koloseka – Deo 5: Nivoi kvaliteta geometrije koloseka – Kolosek na otvorenoj pruzi, u skretnicama i ukrštajima* (slika 7), dok se za potrebe prijema radova na novom ili rekonstruisanom koloseku prilikom merenja parametara geometrije koloseka koriste granične vrednost iz standarda EN 13231-1 *Primene na železnici – Kolosek – Prijem radova – Deo 1: Radovi na koloseku u zastoru od tucanika - Otvorena pruga, skretnice i ukrštaji*. Standardom EN 13848-5 propisane su tri granice dozvoljenih grešaka u geometriji koloseka za svaki parametar: AL (GU) – granica upozorenja; IL (GI) – granica intervencije, IAL (GHI) – granica hitne intervencije . Svaka od ovih granica zahteva preduzimanje odgovarajućih aktivnosti na održavanju železničke infrastrukture i pravovremenom reagovanju Upravljača. Kada se registruje parametar geometrije koloseka čija je izmerena vrednost veća od definisane granične vrednosti IAL (GHI), tada se moraju hitno preduzeti aktivnosti na sanaciji greške, privremeno prilagoditi brzina na spornoj deonici do hitnog otklanjanja greške ili zatvoriti deo pruge na kome je greška evidentirana sve do otklanjanja iste (SRPS EN 13848-5, 2017).

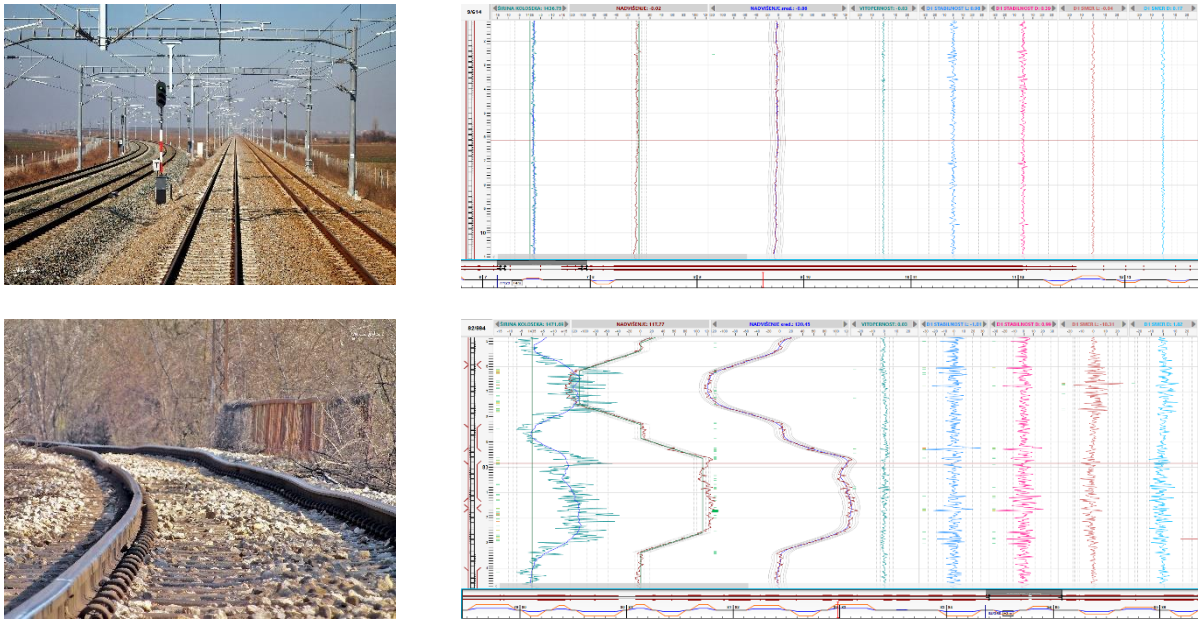
En-13848

	Class 1 0-80 km/h						Class 2 80-120 km/h					
	GHI	GI	GU	GU	GI	GHI	GHI	GI	GU	GU	GI	GHI
ŠIRINA KOLOSEKA (mm)	-11	-9	-7	25	30	35	-11	-9	-7	25	30	35
NADVIŠENJE (mm)	-15	-11	-6	6	11	15	-13	-9	-5	5	9	13
VITOPERNOST (mm)	-7	-5	-4	4	5	7	-7	-5	-4	4	5	7
D1 STABILNOST (mm)	-28	-19	-12	12	19	28	-26	-16	-10	10	16	26
D1 SMER (mm)	-22	-16	-12	12	16	22	-17	-12	-8	8	12	17
D0 STABILNOST (mm)												
D0 SMER (mm)												
D2 STABILNOST (mm)												
D2 SMER (mm)												

	Class 3 120-160 km/h						Class 4 160-230 km/h					
	GHI	GI	GU	GU	GI	GHI	GHI	GI	GU	GU	GI	GHI
ŠIRINA KOLOSEKA (mm)	-10	-8	-6	25	30	35	-7	-5	-4	20	23	28
NADVIŠENJE (mm)	-11	-8	-4	4	8	11	-9	-6	-3	3	6	9
VITOPERNOST (mm)	-7	-5	-4	4	5	7	-5	-4	-3	3	4	5
D1 STABILNOST (mm)	-23	-14	-8	8	14	23	-20	-12	-7	7	12	20
D1 SMER (mm)	-14	-9	-6	6	9	14	-12	-8	-5	5	8	12
D0 STABILNOST (mm)												
D0 SMER (mm)												
D2 STABILNOST (mm)							-20	-9	-6	6	9	20
D2 SMER (mm)							-12	-7	-3	3	7	12

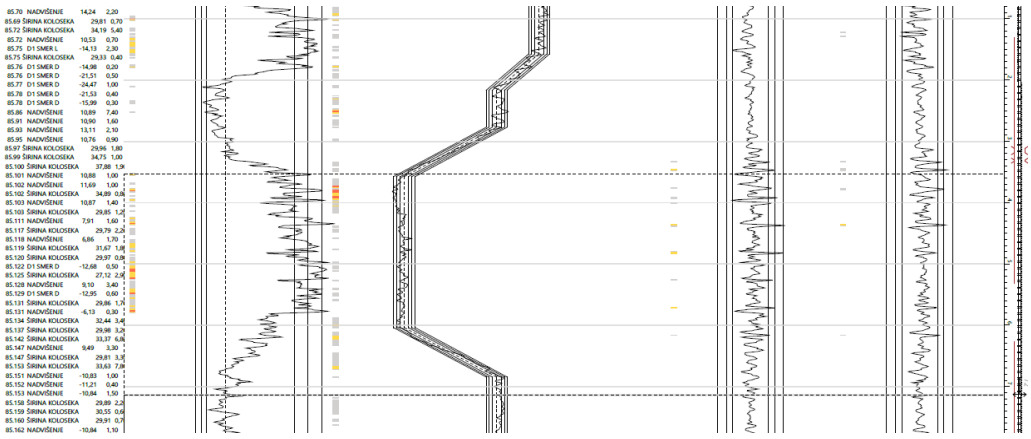
Slika 7. Granične vrednosti parametara geometrije koloseka u ekpslataciji po klasama pruga, prema EN 13848-5

Prikaz podataka u približno realnom vremenu omogućava operateru na mernim kolima da prati stanje geometrije koloseka tokom merenja. Na slici 8 prikazani su primeri deonica pruga sa dobrom i nezadovoljavajućom geometrijom koloseka, kao i dijagrami merenja parametara geometrije koloseka mernim sistemom SOKOL relevantni za prikazane deonice. Na dijagramima se može uočiti da se pri dobrom kvalitetu geometrije koloseka (slika 8, gore) ne zapaža skokoviti prikaz dijagrama, uz manifestovanje manjih pikova dijagrama za svaki mereni parametar, dok se na dijagramu sa nezadovoljavajućim kvalitetom geometrije koloseka (slika 8, dole) uočavaju izrazito skokoviti prikazi dijagrama merenih parametara geometrije koloseka, sa jako izraženim pikovima, koji zapravo predstavljaju greške u geometriji koloseka. Takvi pikovi su najčešće preliminarni pokazatelj da će na koloseku biti evidentirana greška u geometriji. Radi lakog čitanja dijagrama, uvozom graničnih vrednosti parametara geometrije koloseka u skladu sa odgovarajućim standardom, na dijagramima se pojavljuju po tri granične linije sa obe strane osovine koloseka, koje predstavljaju granične vrednosti, pri čemu se prelaskom linija dijagrama preko graničnih linija, dolazi do podatka o evidentiranju greške u geometriji koloseka i nivou jačine te greške.



Slika 8. Prikaz dobre (gore) i loše (dole) geometrije železničke infrastrukture i reprezentativni dijagrami

Softver mernog sistema omogućuje upoređivanje informacija o stanju kvaliteta geometrije koloseka sa prethodno unetom bazom podataka ili bez unete baze podataka pruge koja se snima (SRPS EN 13848, 2017). Bazu podataka izrađuje Upravljač infrastrukture u odgovarajućem tabelarnom formatu, koja treba da sadrži sve projektne elemente neophodne za ispitivanje geometrije koloseka. Povlačenje baze podataka u softver mernog sistema se vrši jednostavno. Vizuelnim pregledom pruge iz mernih kola i rezultatima beskontaktnog merenja geometrije koloseka, moguće je na brz i efikasan način evidentirati mesto na koloseku na kome se pojavljuje određni tip greške u geometriji i izvršiti potrebnu intervenciju. Ukoliko se greške na koloseku razmatraju nakon obavljenih mernih vožnji, korisniku softver pružiti tri vrste izveštaja, prikazanih na slici 9, i to: grafički izveštaj sa prikazom dijagrama mernih vožnji i naznačenim greškama u zavisnosti od kilometarskog položaja pruge, izveštaj o izolovanim greškama koloseka duž cele pruge na kojoj je vršeno geometrijsko snimanje i izveštaj sa sumarnim greškama koji se sastoji od grešaka u geometriji koloseka po svakom kilometru pruge i ocene stanja koloseka na osnovu broja evidentiranih grešaka i standardne devijacije (TQC std).



#	Param	Start	End	Threshold	Extremum	Length	Degree	Class	Rec. Class	Speed	Rail Type
27	PROŠIRENJE	85.075	85.075	25.00	29.33	0.40	GU	1		60	49E1
28	D1 STABILNOST D	85.076	85.079	12.00	18.32	3.30	GU	1		60	49E1
29	D1 SMER D	85.076	85.076	-12.00	-14.98	0.20	GU	1		60	49E1
30	D1 SMER D	85.076	85.077	-16.00	-21.51	0.50	GI	1		60	49E1
31	D1 SMER D	85.077	85.078	-22.00	-24.47	1.00	GHI	1	0	60	49E1
32	D1 STABILNOST L	85.077	85.079	12.00	14.01	1.70	GU	1		60	49E1
33	D1 SMER D	85.078	85.078	-16.00	-21.53	0.40	GI	1		60	49E1
34	D1 SMER D	85.078	85.079	-12.00	-15.99	0.30	GU	1		60	49E1
35	D1 STABILNOST D	85.090	85.091	12.00	13.64	1.10	GU	1		60	49E1
36	NADVIŠENJE sred.	85.092	85.094	6.00	7.82	1.90	GU	1		60	49E1
37	VITOPERNOST	85.095	85.096	-4.00	-4.35	0.90	GU	1		60	49E1
38	PROŠIRENJE	85.096	85.098	25.00	29.96	1.80	GU	1		60	49E1
39	NADVIŠENJE sred.	85.097	85.097	-6.00	-6.02	0.10	GU	1		60	49E1
40	PROŠIRENJE	85.098	85.099	30.00	34.75	1.00	GI	1		60	49E1
41	PROŠIRENJE	85.099	85.101	35.00	37.88	1.90	GHI	1	0	60	49E1
42	PROŠIRENJE	85.101	85.102	30.00	34.89	0.80	GI	1		60	49E1
43	NADVIŠENJE sred.	85.102	85.102	6.00	6.03	0.10	GU	1		60	49E1
44	PROŠIRENJE	85.102	85.104	25.00	29.85	1.20	GU	1		60	49E1
45	PROŠIRENJE	85.116	85.118	25.00	29.79	2.20	GU	1		60	49E1
46	D1 STABILNOST D	85.117	85.119	-12.00	-13.61	1.10	GU	1		60	49E1
47	PROŠIRENJE	85.118	85.120	30.00	31.67	1.80	GI	1		60	49E1

Summary:

Param	GU		GI		GHI	
	Len, m	Count	Len, m	Count	Len, m	Count
PROŠIRENJE	0.00	0	0.00	0	0.00	0
SUŽENJE	0.00	0	0.00	0	0.00	0
D0 STABILNOST L	0.00	0	0.00	0	0.00	0
D0 STABILNOST D	0.00	0	0.00	0	0.00	0
D1 STABILNOST L	19.60	18	4.20	4	0.00	0
D1 STABILNOST D	6.80	5	1.10	1	0.00	0
D2 STABILNOST L	0.00	0	0.00	0	0.00	0
D2 STABILNOST D	0.00	0	0.00	0	0.00	0
D0 SMER L	0.00	0	0.00	0	0.00	0
D0 SMER D	0.00	0	0.00	0	0.00	0
D1 SMER L	0.00	0	0.00	0	0.00	0
D1 SMER D	0.00	0	0.00	0	0.00	0
D2 SMER L	0.00	0	0.00	0	0.00	0
D2 SMER D	0.00	0	0.00	0	0.00	0
NADVIŠENJE	71.50	16	25.40	6	198.90	3
NADVIŠENJE sred.	60.20	24	10.30	8	6.10	3
NADVIŠENJE max.	0.00	0	0.00	0	66.20	5
VITOPERNOST	6.50	7	3.50	3	0.60	1
Total	**164.60**	**70**	**44.50**	**22**	**271.80**	**12**
Ocena stanja koloseka	**Nezadovoljavajuće**					
TQC_STD	**E**					

Slika 9. Grafički izveštaj (gore), izveštaj izolovanih grešaka (dole levo) i sumarni izveštaj (dole desno) sa merne vožnje

Na osnovu dobijenih izveštaja sa mernih vožnji, Upravljač infrastrukture može formirati planove održavanja koloseka u zavisnosti od prioriteta i mogućnosti na terenu. Pored osnovne funkcije mernog sistema SOKOL, ovaj sistem može meriti i profil šine i pružiti podatke o habanju šine (slika 10), što je od velikog značaja za održavanje i negu šina u koloseku.

Slika 10. Profil šine dobijen prilikom merenja parametara geometrije koloseka

4. DISKUSIJA REZULTATA MERNIH SNIMAKA

Mogućnosti beskontaktnog sistema za merenje parametara geometrije koloseka su velike. Generalno, rezultati merenja relativne geometrije koloseka beskontaktnim mernim sistemima koji funkcionišu po principu aktivne optičke triangulacije i inercijalnog navigacionog sistema su izuzetno pouzdani. Mnoge naučne studije pokazale su da rezultati dobijeni ovim metodama imaju izuzetno precizne i pouzdane vrednosti svih merenih parametara, pogotovo ukoliko se uzme u obzir korišćenje IMU navigacionog sistema za precizno lociranje.

Proizvođači merne opreme za ispitivanje parametara geometrije koloseka i dalje razvijaju svoje merne sisteme. U budućnosti, beskontaktno merenje geometrije koloseka će biti preduslov za brzo i efikasno odžavanje železničke infrastrukture. U poređenju sa kontaktnim mernim sistema, prilikom merenja beskontaktnim mernim sistemima nema opasnosti od mehaničkih krahova elemenata sistema, jer ne postoji kontakt mernog sistema sa elementima koloseka, odnosno šinama. Primera radi, kod kontaktnog merenja geometrije koloseka, merenje se najćešće vršilo preko specijalnih mernih kolica koja su ostvarivala kontakt sa šinama pri čemu su se beležili rezultati parametara geometrije koloseka.

Rezultati dobijeni ovom metodom su lako čitljivi i pouzdani. Softver generiše tri tipa izveštaja, u kojima se lako mogu uočiti greške koje prelaze granične vrednosti, pri čemu su greške tipa IAL (GHI) označene crvenom bojom, radi lakšeg uočavanja. Pored toga, na dijagramima merne vožnje, bojama (zelena, žuta i crvena) su označene one vrednosti parametara geometrije koloseka koje prelaze granične vrednosti. U izveštajima izolovanih grešaka, dat je pregled svih grešaka koje su evidentirane na pruzi na kojoj se vršilo merenje, sa podacima o kilometarskom položaju greške, tipu greške i dužini na kojoj je evidentirana greška. U sumarnim izveštajima, prikazane su liste svih tipova grešaka geometrije koloseka u skladu sa EN 13848-1 koje su registrovane na svakom punom kilometru pruge na kojoj se vršilo geometrijsko snimanje, kao i ocena kvaliteta geometrije koloseka.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom radu su predstavljene osnovne karakteristike beskontaktnih mernih sistema i rezultati merenja relativne geometrije koloseka ovim sistemima.

Kao glavne prednosti ovakvih sistema mogu se izdvojiti veliki opseg brzina pri kojima se merenja mogu izvoditi do 250 km/h, dobijanje rezultata u realnom i približno realnom vremenu, dobijanje preciznih rezultata relativne geometrije koloseka bez potrebe ostvarivanja bilo kakvog kontakta između šina i elemenata mernih sistema, mogućnost analize i generisanja detaljnih izveštaja merenja u skladu sa relevantnim graničnim vrednostima u zavisnosti od svrhe merne vožnje, jednostavno održavanje spoljašnje jedinice mernog sistema i mogućnosti detaljnog merenja profila i habanja šina. Kao mane ove metode mogu se istaknuti nerazvijenost metoda istovremenog merenja i apsolutne geometrije koloseka, potreba za posebnom pažnjom i preciznošću prilikom provere podešenosti beskontaktnog mernog sistema i usaglašenosti sa mehaničkim merilima, neophodno obezbeđenje neprekidne stabilne internet konekcije i GPS signala, kao i otežan pristup informacijama o konstruktivnim karakteristikama beskontaktnih mernih sistema, s obzirom da iste proizvođači i konstruktori često čuvaju kao poslovne tajne. Na osnovu analiza beskontaktnog merenja geometrije koloseka opisanih u ovom radu, dolazi se do zaključka da je ovakva metoda izuzetno poželjna za primenu na mreži Upravljača, čime se omogućuje kreiranje planova održavanja i sanacije grešaka na koloseku u eksplataciji, sa primarnim ciljem očuvanja bezbednosti i redovitosti železničkog saobraćaja.

U daljem razvoju beskontaktnog merenja relativne geometrije koloseka moguće je razmatrati poređenja rezultata dobijenih ovom metodom sa rezultatima dobijenim metodom merenja apsolutne geometrije koloseka, kao i konstruisanje novih i unapređenje postojećih mernih sistema kojima je moguće dobijati rezultate merenjem aposlutne i relativne geometrije koloseka istovremeno, čime bi se značajno smanjili troškovi mernih vožnji i korišćenja mernih sistema, kao i povećala frekvencija realizacije mernih vožnji.

6. LITERATURA

Kite, D., Siino, G., & Audley, M. (2020). Detecting embankment instability using measurable track geometry data. Infrastructures, 5(3), 29. Dostupno na: https://www.mdpi.com/2412-3811/5/3/29 (pristup: 12.08.2023.)

Pančić, I., & Mićić, M. (2015). Kvalitet geometrije koloseka. Izgradnja, 69(9-10), 369-376. Dostupno na: https://grafar.grf.bg.ac.rs/bitstream/id/3327/1038.pdf (pristup: 01.08.2023.)

Složeno kretanje materijalne tačke. Dostupno na: http://mfmehanika.weebly.com/uploads/1/4/7/3/14731462/predavanje_3.pdf (pristup: 11.08.2023.)

Srpski standardi SRPS EN 13231 & 13848. Dostupno na: https://iss.rs/sr_Latn/ (pristup: 05.08.2023.)

SRPS EN 13848-5 (2017). Primene na železnici – Kolosek – Kvalitet geometrije koloseka – Deo 5: Nivoi kvaliteta geometrije koloseka – Kolosek na otvorenoj pruzi, u skretnicama i ukrštajima

TRACK GEOMETRY ASSESSMENT SYSTEMS. Dostupno na: https://tvema.com/638 (pristup: 14.08.2023.)

Triangulacija. Dostupno na: http://www.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/mur/04.triangulacija.pdf (pristup: 24.08.2023.)

Uzunović, N. Z., & Lemeš, S. (2022). Mjerna tehnika 1 (Vol. 1). Univerzitet u Zenici. Dostupno na: https://www.academia.edu/72397506/Mjerna_tehnika_1 (pristup:15.08.2023.)

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

SAFETY OF PASSENGERS ON PLATFORMS IN RAILWAY STATIONS AND STOPS

BEZBEDNOST PUTNIKA NA PERONIMA U ŽELEZNIČKIM STANICAMA I STAJALIŠTIMA

Zdenka Popović[a], Luka Lazarević[a], Jaroslav Matuška[b]

[a] *University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Belgrade,Serbia, zdenka@grf.bg.ac.rs, llazarevic@grf.bg.ac.rs*

[b] *University of Pardubice, Faculty of Transport Engineering, Studentská 95, Pardubice, Czech Republic, Jaroslav.Matuska@upce.cz*

Abstract: *Modern railway infrastructure should provide the competitiveness and sustainability of passenger traffic. The essential requirement is to ensure the accessibility of railway infrastructure and vehicles for all categories of passengers. The paper presents the technical specifications of interoperability that have to be met by platforms in new and reconstructed railway stations and stops. The safety of passengers moving and staying on the platform is considered. The term safe and dangerous zone on the platform is defined. The influence of the staircase and elevator position on the required width of the platform is analyzed. Guidelines are given for determining the content and minimum width of the platform safe zone in new and reconstructed stations. Safety requirements for all passengers, including disabled persons in wheelchairs and persons with temporarily and permanently reduced mobility, are included in the considerations. The presented guidelines are applicable in the design of new stations and reconstruction.*

Key words: *accessibility, interoperability, persons with reduced mobility*

Apstrakt*: Savremena železnička infrastruktura treba da omogući konkurentnost i održivost putničkog saobraćaja. Osnovni uslov je da se obezbedi pristupačnost železničke infrastrukture i vozila za sve kategorije putnika. U radu se predstavljaju tehničke specifikacije interoperabilnosti koje treba da zadovolje peroni u novim i rekonstruisanim železničkim stanicama i stajalištima. Razmatra se bezbednost putnika koji se kreću i zadržavaju na peronu. Definiše se pojam bezbedne i opasne zone na peronu. Analizira se uticaj položaja stepeništa i lifta na potrebnu širinu perona. Date su smernice za određivanje sadržaja i minimalne širine bezbedne zone perona u novim i rekonstruisanim stanicama. U razmatranja su uključeni zahtevi bezbednosti prema potrebama svih putnika, uključujući invalidna lica u kolicima i lica sa privremeno i trajno ograničenom mobilnošću. Prikazane smernice imaju primenu u projektovanju novih stanica i rekonstrukciji.*

Ključne riječi: *pristupačnost, interoperabilnost, lica sa ograničenom pokretljivošću*

1. INTRODUCTION

Until the beginning of the 21st century, railway transport systems were developed independently in the frame of state borders, which significantly reduced their competitiveness in overall traffic transport. The modern railway transport system has to be a part of the transport system and a sustainable form from economic, social and ecological aspects. Furthermore, the European Union defined a common transportation policy in two White Papers (European Commission, 2001, 2011). This policy is based on regulated competition and connecting various modes of transportation, the reduction of congestion points in traffic systems and multi-modal transportation. The basis for the application of modern transport policy is the interoperability of the railway system at the level of the European railway network and beyond.

In this paper, the safety of passengers on platforms is considered. The consideration was based on the interoperability of the railway system and the transport chain, which connects different types of traffic, transporting passengers "door to door" in a simple, safe, competitive and comfortable way (Figure 1, left).

Based on the requirements defined in the technical specifications of interoperability (Commission regulation, 2014a, 2014b), the considered safety has to include all categories of passengers (Figure 1, right) who are offered the use of the railway infrastructure under equal conditions, without discrimination and with the protection of their dignity. In other words, the level of comfort and safety must be adapted to the needs of passengers with the greatest mobility reductions, with the possibility that all passengers can use the same infrastructure and vehicles.

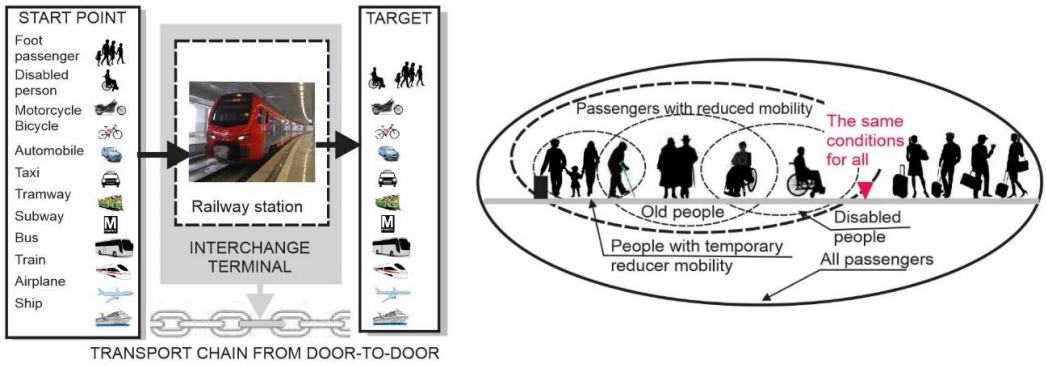


Figure 1. Integration of the railway station in the transport chain from door-to-door (left) and passenger categories according to mobility and disability (right)

The Serbian railways are an important part of the European railway network. Several publications have investigated the accessibility of the railway infrastructure, including:

- the application of accessibility standards in the Belgrade railway junction (Popović et al., 2009),
- guidelines and recommendations for modern passenger terminals on the European railway network (Popović et al., 2012),
- general guidelines for ensuring the competitiveness of railway passenger traffic with a focus on sustainability and accessibility (Popović and Lazarević, 2013),
- and analysis of legal framework and examples of practical application of accessibility standards in Czech Republic and the Republic of Serbia (Popović et al., 2018).

For the safety of all passengers on the platform, the platform has to be accessible without barriers, covered, well-lit, and slip-resistant. Moreover, its length and width are determined according to the needs and requirements of passengers and vehicles.

This paper considers the theoretical principle of human scale, as defined by Le Corbusier, which pertains to the design and organization of spaces to provide comfort and practicality for people. This principle is amended by inclusive design that benefits not only individuals with disabilities but everyone.

The considerations in this paper should guide the design of middle and side platforms according to the requirements of safe containment and movement of passengers. The paper specifies the safe and dangerous zone on the platform and gives guidelines for their dimensioning.

2. PLATFORM HEIGHT IN INTEROPERABLE RAILWAY STATIONS AND STOPS

The height of the platform is a significant safety factor for boarding and disembarking of passengers in the doorway area. Furthermore, the height of the platform has to be aligned with the requirements of the rolling stock and vice versa. Figure 2 shows the situation in America, where there are no interoperability standards for harmonization of the technical performance of vehicles and infrastructure respecting the needs of all categories of passengers.

Figure 2. Inconsistency of the platform height with the entrance to the vehicle (https://www.amtrak.com/content/dam/projects/dotcom/english/public/documents/corporate/businessplanning /Amtrak-Five-Year-Service-Plans-FY18-FY23.pdf, 28.08.2023.)

To overcome such situations on European main railways, the technical specifications of interoperability PRM TSI (Commission regulation, 2014b) specify two platform heights of 55 cm and 76 cm regarding the top of the rail. It should be noted, full compliance with (Commission regulation, 2014b) is mandatory for projects which receive the Union's financial support for the renewal or upgrading of existing rolling stock or parts thereof or the renewal or upgrading of existing infrastructure, in particular a station or components thereof and platforms or components thereof.

It is recommended that the Infrastructure Manager adjusts the platform heights to match the rolling stock and considers this during the tender process for the eventual purchase of new vehicles on the railway network under their management. Figure 3 shows two types of double-decker trains with the door position above and between the bogies. The Railways of Serbia opted for a platform height of 550 mm and therefore acquired double-decker trains with doors placed between the bogies (Figure 3, right).

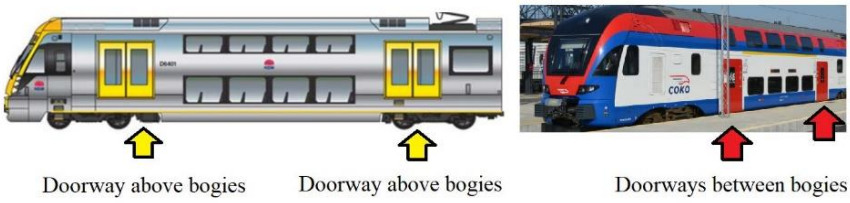


Figure 3. Doorway position at passenger double-decker train

Level access from a platform to the doorway of rolling stock is preferable. This access meets the following requirements: (a) the gap between the door sill of that doorway (or of the extended bridging plate of that doorway) and the platform does not exceed 75 mm measured horizontally and 50 mm measured vertically, and (b) the rolling stock has no internal step between the door sill and the vestibule.

3. SAFETY AND DANGER ZONES ON THE PLATFORM

The width of the platform should provide safety for all persons (passengers, officials and other persons) who stand, sit or move on the platform when trains are passing or arriving (Figure 4). The width of the platform includes the safety and danger zone. Following (Commission regulation, 2014b), the danger zone at the trackside edge of the platform is defined as the area where passengers are not allowed to stand or move when trains are passing or arriving. The width of the danger zone primarily depends on the speed of the train moving along the track.

Figure 4. Safety and danger zone (left) and passenger safety at the borderline

The border between these two zones is most often visually marked with a contrasting borderline. The minimum width of the borderline is 10 cm (Commission regulation, 2014b). This warning line is a part of the safety zone. However, the person who finds himself on the borderline has to be safe. The contact of luggage or loose clothing with the vehicle must not be allowed. Figure 4 shows an additional extension for luggage 23 cm, which for safety reasons is increased by min. 10 cm. Therefore, the width of the danger zone should be increased by min. 33 cm to avoid contact with a passenger moving along the borderline (Table 1).

Table 1. Recommended minimum width of the danger zone

Maximum speed *(km/h)*	Minimum width of the danger zone *(cm)*
90	83
120	93
140	103

There is a possibility of placing a physical barrier that limits the safety zone. Installing high or low barriers with automatic door opening when the train stops is the safest, but also the most expensive solution. Therefore, its application is limited. It is used most often on frequent platforms of metro stations.

The platform floor has to be sufficiently resistant to slipping and help the passengers understand how to use the platform. Furthermore, it has to include guide paths for visually impaired persons (Figure 4).

The width of the platform can be variable over the entire length of the platform. The minimum width of the platform (without obstacles) is defined by (Commission regulation, 2014b) and encompasses the width of the danger area plus the width of two opposing freeways of 80 cm (160 cm). This dimension may taper to 90 cm at the platform ends.

The safe zone includes space for movement and seating (if provided) for passengers on the platform (Figure 5). At large passenger stations, passengers are not allowed to stay longer on the platforms, so seating at the terminal and entry of passengers onto the platform is organized immediately before the train enters the station. In this way, the required width of the platform is significantly reduced (Figure 6). A staircase, ramps and an elevator to access the platform can be found in the safe zone.

The width of the staircase should be at least 2 m to allow two-way movement of passengers with luggage. For all passengers who are unable to use the stairs, it is necessary to provide access to the platform by elevator.

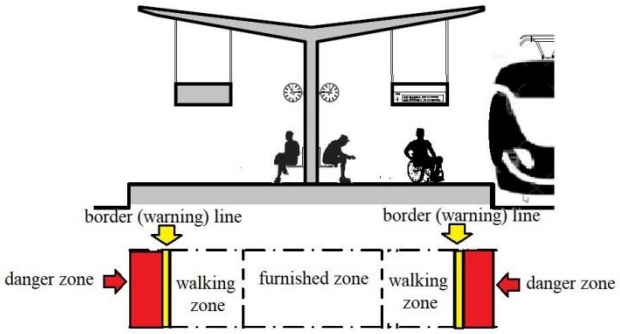


Figure 5. Zones on the middle platform

Figure 6. Terminal (left), access to the platform (middle and right) at Beijing railway station

The dimensions of the elevator are defined based on the requirement to provide access to the platforms for people in wheelchairs (Figure 7). Lifts should be preferred to long ramps to shorten the time needed (Office for Official Publications of the European Communities, 2004).

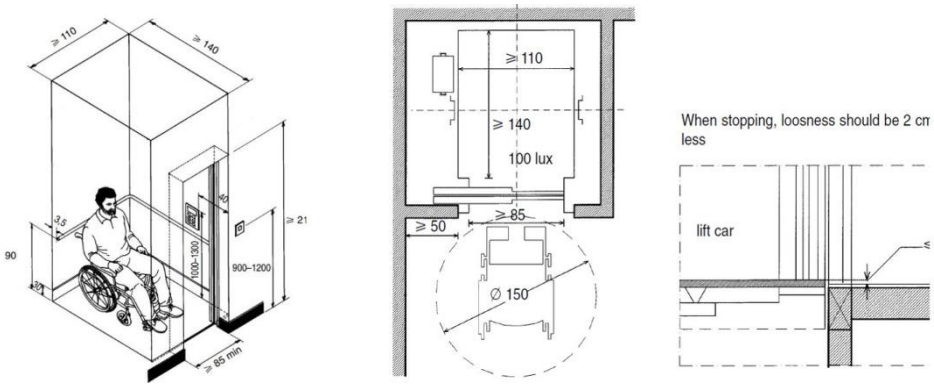


Figure 7. Minimum dimensions of the elevator for disabled persons by [COST Action 335]

Following (Commission regulation, 2014b) and from the aspect of passenger safety, the platform length shall be sufficient to accommodate the longest passenger train intended to stop at the platform in normal service in an interoperable railway station.

4. PLATFORM WIDTH

A centrally placed staircase (Figure 8, left), a seating area or an elevator on the platform represents a physical obstacle, which passengers bypass at the risk of being in a danger zone (Figure 8, right). On each platform where passengers are allowed to wait for trains, there shall be a minimum of one area fitted with seating facilities and a space for a wheelchair (Commission regulation, 2014b).

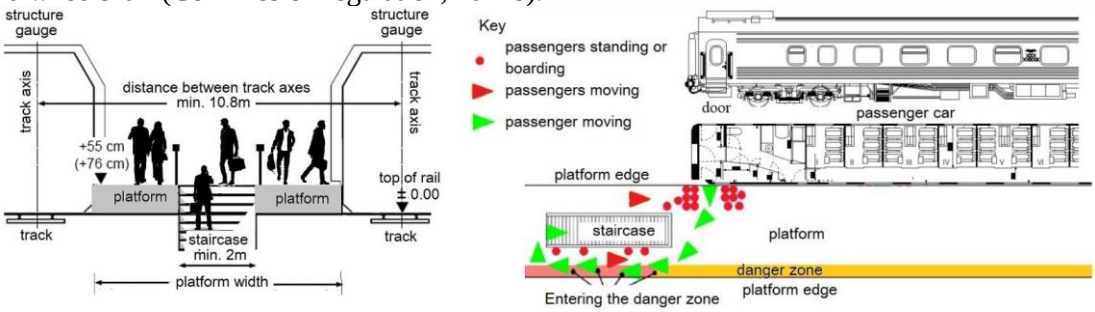


Figure 8. Width of the middle platform with centrally positioned staircase zone (left) and entering the danger zone by passengers (right)

Special attention is paid to the dimensioning of the space between the physical obstacle and the edge of the platform. Given that people in wheelchairs can be found in this zone, a width of at least 2.5m from the obstacle to the edge of the platform should be applied at new and reconstructed stations (Figure 9) (Office for Official Publications of the European Communities, 2004). Based on the width of the physical obstacle and the required distance to the edge of the platform, the required width of the platform is defined.

Figure 10 shows the width of the middle platform with a centrally placed staircase and elevator. In the case of reconstruction, when there is not enough space for central installation, the staircase and elevator can be designed at the end of the platform. In that case, the distance between the tracks should not be less than 9 m.

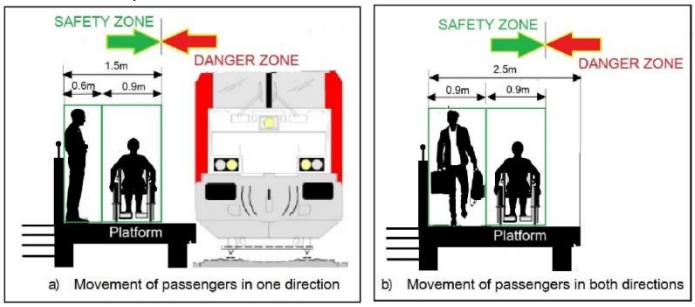


Figure 9. Movement of passengers between the physical obstacle and the edge of the platform

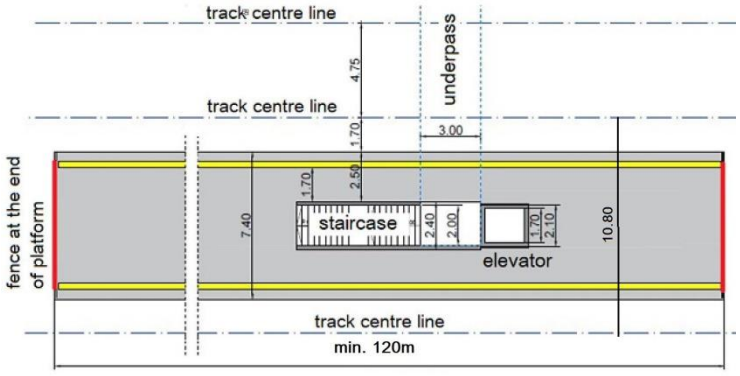


Figure 10. The minimum distance between tracks along the middle platform with the central position of the staircase

The side platforms connected by the underpass/overpass by PRM TSI are most often installed at railway stops. On the platforms, space can be provided for the installation of elevators, if needed. It is important to allow wheelchair users to access the railway infrastructure every 30 km along the railway line. Access for disabled people to the railway stops can be solved by setting up a stair platform lift. The minimum width of the side platforms is 2.5m, if the staircase is placed at the end or on the side of the platform.

5. CONCLUSION

When designing the new and reconstructing the existing railway stations and stops, it is necessary to determine the required width of the safe zone for the passengers on the platform, taking into account the type and position of the infrastructure for access to the platforms, the permitted staying of passengers on the platform (organization of the seating area) and the necessary space for moving and standing. Access to the infrastructure using elevators for wheelchair users should be provided at a maximum distance of 30 km along the railway line. Also, the width of the danger zone primarily depends on the speed of the train and must be additionally increased to prevent contact with the vehicle when the passenger moves along the borderline. Special attention should be paid to the zones between the physical obstacle (e.g. stair railing) and the edge of the platform in order not to compromise the safety of passengers in wheelchairs.

It should be noted that, despite the evident increase in infrastructure investment, the expected increase in the number of passengers with reduced mobility (PRM) was not observed. To boost the number of PRM on railways, it's crucial to ensure a seamless transport chain from the door to door (i.e. the platform edge/vehicle floor). Additionally, the design guidelines must be regularly updated by incorporating feedback and recommendations from PRM.

6. REFERENCES

Commission regulation (EU) No 1299/2014. (2014a). Technical specifications for interoperability relating to the 'infrastructure' subsystem of the rail system in the European Union.

Commission regulation (EU) No 1300/2014. (2014b). Technical specifications for interoperability relating to accessibility of the Union's rail system for persons with disabilities and persons with reduced mobility.

European Commission. (2001). White Paper - European Transportation Policy for 2010: Time to Decide. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

European Commission. (2011). White Paper, Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a Competitive and Resource-Efficient Transport System. Brussels.

https://www.amtrak.com/content/dam/projects/dotcom/english/public/documents/corporate/businessplanning /Amtrak-Five-Year-Service-Plans-FY18-FY23.pdf (last accessed on August 28, 2023)

Office for Official Publications of the European Communities. (2004). COST Action 335, Passengers' Accessibility to Heavy Rail Systems.

Popović, Z., Stevanović, K., Puzavac, L. (2009). Railway Terminals Accessibility for Persons with Reduced Mobility. SPATIUM International Review, 20, pp. 60-67.

Popović, Z., Puzavac, L., Lazarević, L. (2012). Improving the accessibility of passenger railways in the Republic of Serbia. RTR - Railway Technical Review, 25(2), pp. 25-29.

Popović, Z., & Lazarević, L. (2013). The Role of Railway in the European Transport Policy. Izgradnja, *67(7-8), 85-91.*

Popović, Z., Matuška, J., Lazarević, L. (2018). Accessible railway platforms - Czech and Serbian design experience and recommendations. Proceedings of XVIII Scientific-expert conference on railways - RAILCON 18. Faculty of Mechanical Engineering, Niš, pp. 69-72.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia through the research project no. 200092.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

THE RELATIONSHIP OF THE EFFICIENCY INDEX OF EUROPEAN RAILWAYS AND THE QUALITY OF THE RAILWAY INFRASTRUCTURE

MEĐUODNOS INDEKSA UČINKOVITOSTI EUROPSKIH ŽELJEZNICA I KVALITETE ŽELJEZNIČKE INFRASTRUKTURE

Drago Pupavac

Polytechnic of Rijeka, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Croatia, drago.pupavac@veleri.hr

Abstract: *European national rail systems face the challenge of maintaining high performance in periods of crisis and increased austerity. Despite budget constraints, several countries have recently adopted ambitious investment plans for their national rail systems, encouraging and enabling their transformation. Investments in the modernization and improvement of the quality of railway infrastructure are accompanied by the liberalization of the railway market, all with the aim of increasing the efficiency of railway transport. Accordingly, this paper investigates the relationship between the efficiency of European railways on the one hand and the liberalization of railway traffic and the quality of railway infrastructure on the other. The main finding of this paper points to the absence of a connection between the liberalization of railway transport and the efficiency index of railways, that is, the existence of a statistically strong and positive connection between the quality of railway infrastructure and the efficiency index of European railways. Investing in the construction and modernization of railway infrastructure is imposed as a conditio sine qua non of raising the level of efficiency of European railways to a higher level.*

Key words: *railway traffic, liberalization of the railway market, quality of railway infrastructure, efficiency index of European railways*

Apstrakt: *Europski nacionalni željeznički sustavi suočavaju se s izazovom održavanja visokih performansi u razdobljima krize i povećane štednje. Unatoč proračunskim ograničenjima, nekoliko je država nedavno usvojilo ambiciozne planove ulaganja za svoje nacionalne željezničke sustave potičući i omogućujući njegovu transformaciju. Ulaganja u modernizaciju i podizanje kvalitete željezničke infrastrukture praćena su liberalizacijom željezničkog tržišta, a sve s ciljem povećanja učinkovitosti željezničkog prometa. U skladu s tim, u ovome radu istražuje se međuodnos učinkovitosti europskih željeznica s jedne strane i liberalizacije željezničkog prometa i kvalitete željezničke infrastrukture s druge strane. Glavni nalaz ovoga rada upućuje na odsustvo veze između liberalizacije željezničkog prometa i indeksa učinkovitosti željeznica, odnosno postojanje statističke jake i pozitivne veze između kvalitete željezničke infrastrukture i indeksa učinkovitosti europskih željeznica. Ulaganje u izgradnju i modernizaciju željezničke infrastrukture nameće se kao conditio sine qua non podizanja razine učinkovitosti europskih željeznica na višu razinu.*

Ključne riječi: *željeznički promet, liberalizacija željezničkog tržišta, kvaliteta željezničke infrastrukture, indeks učinkovitosti europskih željeznica*

1. UVOD

Prema Eurostatu (Eurostat Rail Freight Statistics, 2022.), željeznicama EU-27 država prevozi se godišnje više od 1 500 milijuna tona tereta, ostvari oko 400 mlrd. tkm, pri čemu europska željeznička poduzeća ostvare prihode od oko 15 milijardi EUR. Unatoč tome, razvoj željezničkog teretnog prometa u zemljama EU 27 u posljednjih 20 godina nije ispunio političke ciljeve. Europsko tržište željezničkog robnog prometa u posljednja dva desetljeća ne bilježi značajniji rast. Robni promet mjereno tonskim kilometrima porastao je s 339 milijardi tkm u 2003. na 398 milijardi tkm u 2019. ili za 17%. Prosječni godišnji rast od samo 1% nije ispunio očekivanja. Jednako tako prosječna udaljenost željezničkog robnog prijevoza povećala se za svega 5,6 % ili s 248 km u

2003. godini na 262 km u 2019. godini. Ovaj podatak sugerira da se unatoč liberalizaciji europskog tržišta željezničkog prometa, željeznički prijevoz odvija na kraćim uglavnom domaćim (nacionalnim) relacijama. Očito je da željeznički promet stagnira što predstavlja poseban problem i to ne samo s motrišta željezničkog prometa već i s motrišta održivosti prometnog sustava u cjelini.

Učinkovitost je imperativ koji se postavlja pred suvremena željeznička poduzeća. Kako procjena učinkovitosti različitih željezničkih sustava nije jednostavna *Boston Constalting Group* (BCG) razvila je indeks učinkovitosti željeznica (*Railway Performance Index* - RPI) koji kao kompozitni indeks čine: 1) intenzitet uporabe, 2) kvaliteta usluge i 3) sigurnost. Prvo izvješće objavljeno je 2012. godine (Duranton, Audier, Hazan, 2012) da bi zatim uslijedila izvješća o učinkovitosti 25 europskih željeznica iz 2015. (Duranton, Audier, Hazan, 2015) i 2017. godine (Duranton, et al., 2017). Navedena izvješća predstavljaju indikator za usporedbu učinkovitosti europskih željezničkih sustava. Indeks je trebao poslužiti Europskoj komisiji, nacionalnim vladama i željezničkim poduzećima da podignu razinu svoje učinkovitosti. Indeks je pokazao određene nedostatke (preferira putnički u odnosu na teretni promet, preferira veće države u odnosu na manje), ali i ukazao na problem jer je u prosjeku europske željeznice po učinkovitosti svrstao vrlo nisko u okviru željeznica druge razine.

U skladu s postavljenim problemom istraživanja istražit će se utjecaj liberalizacije tržišta željezničkog prometa i kvalitete infrastukture na učinkovitost željezničkog prometa. Takav pristup čini se primjerenim jer je liberalizacija željezničkog tržišta nužna za povećanje konkurentnosti i učinkovitosti željezničkog prometa (Solina, Abramović, 2022), a efikasno upravljanje željezničkom infrastrukturom ključno za izbjegavanje nesreća i smanjenje troškova rada i održavanja. To implicira veliku međuovisnost učinkovitosti željezničkog prometa i kvalitete željezničke infrastructure (Sainz-Aja, H., 2023).

U radu se postavljene tri znanstvene hipoteze:

H1: Između razine liberaliziranosti željezničkog tržišta i indeksa učinkovitosti željeznica ne postoji statistički signifikantna veza.

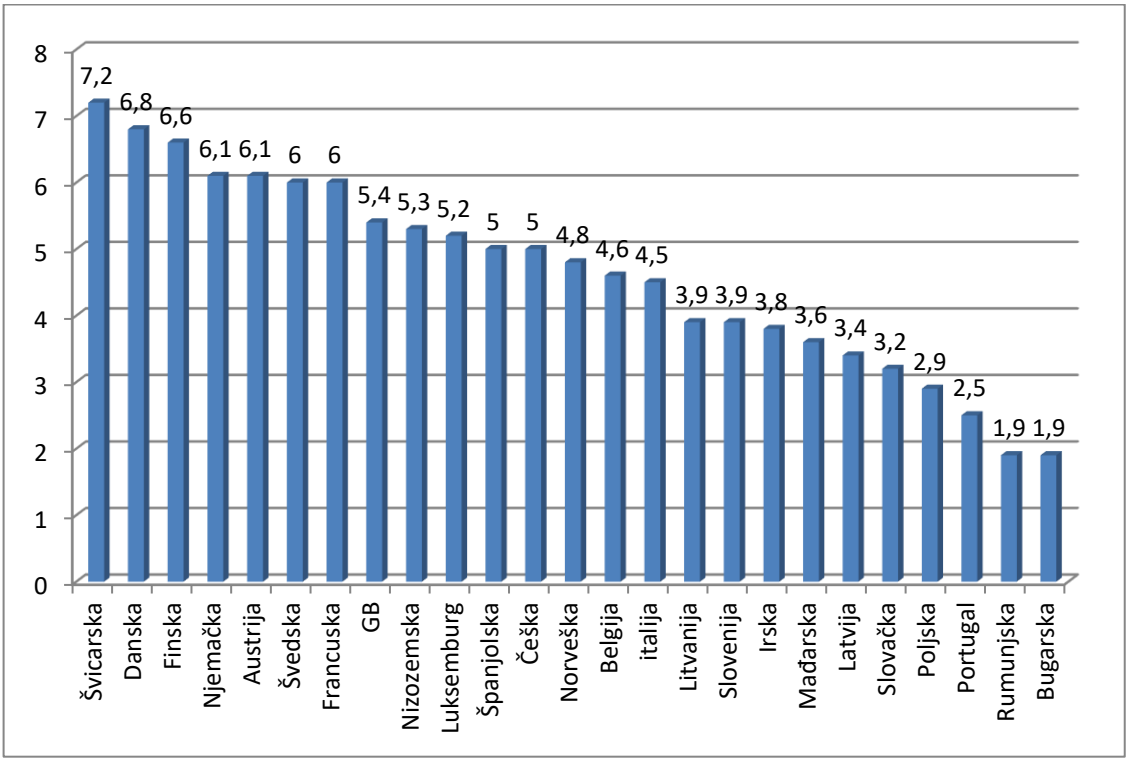
H2: Između kvalitete željezničke infrastrukture i indeksa učinkovitosti željeznica postoji statistički jaka i pozitivna veza.

H3: Kvaliteta željezničke infrastrukture predstavlja *conditio sine qua non* učinkovitosti europskih željeznica.

Europski nacionalni željeznički sustavi suočavaju se s izazovom održavanja visokih performansi u razdobljima krize i povećane štednje. Unatoč proračunskim ograničenjima, nekoliko je europskih država (Belgija, Velika Britanija, Italija) nedavno usvojilo ambiciozne planove ulaganja za svoje nacionalne željezničke sustave potičući i omogućujući njegovu transformaciju. No, unatoč tome modalni udio željezničkog robnog prijevoza stagnira na oko 17 %.

Za potrebe mjerenja učinkovitosti europskih željeznica u teretnom i putničkom prometu BCG razvila je Indeks učinkovitosti željeznica (RPI). RPI kao kompozitni indeks tvore: **1) intenzitet uporabe** – u kojoj mjeri se koristi željeznički promet u putničkom i u kojoj mjeri se koristi u teretnom prometu, **2) kvaliteta usluge** – koliko su vlakovi točni, brzi i dostupni i **3) sigurnost** – poštuju li se najviši sigurnosni standardi. Svaka od navedene tri dimenzije RPI ima jednaku vrijednost (max 3,33) u formiranju ukupnog indeksa učinkovitosti. Za svaku od dimenzija izvedbe, željeznice pojedinih država klasificirane su kao "izvrsne" za ponderiranu ocjenu od 2,7 ili više, "vrlo dobre" (2,0 do 2,6), "dobre" (1,3 do 1,9) i "loše" (manje od 1,3). Tako dobivene pojedinačne ocjene se zbrajaju kako bi se dobila ukupna vrijednost indeksa (RPI_{max}=10), koja određuje poziciju pojedinih željezničkih sustava.

Temeljem podataka sa slike 1 (Duranton, S., et al. (2017) razvidno je da su po indeksu učinkovitosti željeznice Švicarske s vrijednošću indeksa od 7,2 na prvom, a željeznice Rumunjske i Bugarske s indeksom od 1,9 na posljednjem mjestu.



Slika 1. Rang europskih željeznica po indeksu učinkovitosti

Prosječni indeks učinkovitosti europskih željeznica iznosi 4,62 (SD=1,49). Medijan iznosi 4,8 što znači da pola europskih željeznica ima veću vrijednost indeksa učinkovitosti od 4,8, a pola manju vrijednost. Temeljem dobivenih vrijednosti indeksa učinkovitosti željeznice se dijele u tri razine: **Željeznice prve razine** ostvaruju indeks učinkovitosti između 6≤RPI≤10: Švicarske, Danske, Finske, Njemačke, Austrije, Švedske, Francuske. **Željeznice druge razine** ostvaruju indeks učinkovitosti od 4,5≤RPI<6: Velike Britanije, Nizozemske, Luksemburga, Španjolske, Češke, Norveške, Belgije i Italije. **Željeznice treće razine** ostvaruju indeks učinkovitosti manji od RPI < 4,5: Litvanije, Slovenije, Irske, Mađarske, Latvije, Slovačke, Poljske, Portugala, Rumunjske i Bugarske.

Temeljni cilj takvog pristupa jest prepoznati čimbenike koji determiniraju učinkovitost željezničkih sustava te uspostava metrike koja će omogućiti mjerenje učinkovitosti različitih željezničkih sustava europskih država. Kao krajnji cilj ističe se unaprjeđenje ekonomske efikasnosti željezničkog prometa, unaprjeđenje kvalitete željezničkih usluga i smanjivanje zapreka za odvijanje željezničkog prometa diljem europskog kontinenta.

Liberalizacija željezničkog tržišta kao odgovor vlada na zahtjeve da se reformiraju željeznice koje su postajale sve više ovisne o subvencijama iz proračuna započela je najprije u Švedskoj 1988. godine (Pham, 2013). Razdvajanje upravljanja željezničkom infrastrukturom i uslugama željezničkog prijevoza u Švedskoj rezultiralo je prvim ulaskom na tržište željezničkog prijevoza (1990), manjim subvencijama i nižim cijenama na regionalnim linijama (Alexandersson, Hulten, 2008). Ostvareni uspjeh kao posljedica vertikalne razdvojenosti upravljanja željezničkom infrastrukturom i uslugama željezničkog prijevoza poslužit će kao okvir za reformu željezničkog prijevoza na razini cijele Europske unije. Od donošenja EU Direktive 91/440 liberalizacija tržišta željezničkog prometa postat će središnja točka stvaranja konkurentskog europskog tržišta željezničkog prometa. Smatralo se da će forsiranje liberalizacije željezničkog sektora rezultirati višom razinom željezničkih usluga. Takva očekivanja bila su utemeljena na djelovanju tržišnog mehanizma. Radi stvaranja jedinstvenoga željezničkog područja u EU-u i liberalizacije pristupa željezničkoj infrastrukturi došlo je do podjele sustava željeznice i u državama EU-a i državama kandidatima za ulazak u EU na infrastrukturu i željezničke prijevoznike (Pupavac, Baković, Knežević, 2019). Analize utjecaja liberalizacije željezničkog teretnog prometa u Europi često su proturječne (Grushevska, Notteboom, Shkliar, 2016; Finger, M.; Montero, J.; Serafimova, 2021; McCullough, 2006). Evidentan je porast broja novih željezničkih poduzeća na željezničkom tržištu, ali taj rast ne prati rast pokazatelja rada u željezničkom prometu poput tonskih kilometara i putničkih kilometara. Pristup tržištu i uspješnost na tržištu mjeri se i pokazateljima regulatornih ograničenja OECD-a. Vrijednost indeksa pokazatelja regulatornih ograničenja kretao se u rasponu od 0 – najmanje ograničavajući do 6 – najviše ograničavajući. Najmanji indeks ograničenja pristupu tržištu bilježi Velika Britanija od svega 0,3. Slijede je Rumunjska, Češka, Danska i Njemačka s indeksom od 2,3.

Važnost kvalitete željezničke infrastrukture za rast i razvoj narodnog gospodarstva ističe i činjenica da pokazatelj kvalitete željezničke infrastrukture predstavlja jednu od komponenti Globalnog indeksa konkurentnosti koji svake godine objavljuje Svjetski ekonomski forum (WEF). Pokazatelj kvalitete željezničke infrastrukture temelji se na WEF anketi mišljenja prikupljenih više od 14 000 poslovnih lidera u 144 države svijeta o kvaliteti željezničkog sustava u državama u kojima rade. Ocjena kvalitete željezničke infrastrukture temelji se na samo jednom pitanju. Od ispitanika se traži da ocijene željeznice u zemlji u kojoj rade na ljestvici od 1 (nerazvijene) do 7 (visoko razvijene i učinkovite prema međunarodnim standardima). Pojedinačni odgovori se zbrajaju kako bi se odredila prosječna ocjena kvalitete željezničke infrastrukture određene države. Na globalnoj razini na prvom mjestu su željeznice Japana s prosječnom ocjenom od 6,8 dok su na europskoj razini najbolje željeznice Švicarske s prosječnom ocjenom od 6,4. Željeznice Albanije zauzimaju posljednje mjesto i na europskoj i na globalnoj razini s prosječnom ocjenom od 1,2. Ovi podaci ukazuju na opravdanost istraživanja jačine veze između kvalitete željezničke infrastrukture i učinkovitosti željezničkog prometa.

2. PODACI I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Za potrebe ove znanstvene rasprave, a s ciljem dokazivanja postavljenih hipoteza iz sekundarnih izvora za željeznice 23 europske države prikupljeni su podaci o indeksu regulatornih ograničenja (IRO), indeksu kvalitete željezničke infrastrukture (IKŽI) i indeksu učinkovitosti željeznica (RPI) kao i podaci o dimenzijama koje ga čine: sigurnosti (Sig), kvaliteti usluge (KU) i intenzitetu uporabe (IU).

Tablica 1. Indeksi praćenja željeznica 23 europske države

Država	RPI	IRO	IKŽI	Sig	KU	IU
Belgija	4,6	3,8	4,1	1,5	1,3	1,8
Bugarska	1,9	3,8	3,1	0,1	0,9	0,9
Češka	5,0	2,3	4,5	1,4	1,4	2,2
Danska	6,8	2,3	4,5	3,0	1,8	2,0
Njemačka	6,1	2,3	4,9	1,9	1,6	2,6
Irska	3,9	4,9	4,0	2,7	0,6	0,5
Španjolska	5,0	4,0	5,4	1,9	2,1	1,0
Francuska	6,0	3,8	5,0	2,0	2,0	2,0
Italija	4,5	2,8	4,1	1,7	1,5	1,3
Latvija	3,4	2,6	4,6	0,1	1,6	1,7
Litva	3,9	2,6	4,6	0,0	2,0	1,9
Luksemburg	5,2	5,4	5,0	3,0	0,9	1,3
Mađarska	3,6	3,1	3,8	0,1	1,4	2,1
Nizozemska	5,3	3,1	5,7	2,6	1,0	1,7
Austrija	6,1	2,6	5,3	1,7	1,5	2,9
Poljska	3,0	2,8	3,9	0,0	1,2	1,7
Portugal	2,4	3,9	4,2	0,2	1,5	0,8
Rumunjska	1,9	2,3	2,8	0,0	0,8	1,1
Slovenija	3,9	3,8	3,1	1,2	0,7	2,0
Slovačka	3,2	3,1	4,0	0,0	1,1	2,1
Švedska	6,0	3,0	4,0	2,0	1,1	2,9
UK	5,4	0,3	4,3	2,8	1,0	1,6
Finska	6,6	4,4	5,5	2,2	2,0	2,4

Izvor: Priredio autor prema: Pupavac, D., Baković, I. i Knežević, J. (2019). Tržište željezničkog teretnog prijevoza Europske unije. *Željeznice 21, 18* (1), 7-13, www.theglobaleconomy.com/rankings/railroad_quality, Duranton, S., et al. (2017). The 2017 european railway performance index. Technical report, Boston Consulting Group.

Prikupljeni podaci bit će predmetom analize metodama deskriptivne statistike (aritmetička sredina, medijan, standardna devijacija, minimalna i maksimalna vrijednost, interkvartili), Nakon toga će se metodom korelacijske analize testirati postavljene hipoteze. Ako se između pojedinih varijabli utvrdi statistički signifikantna veza pokušat će se analitički iskazati odnos između promatranih pojava, odnosno postaviti regresijski model s ciljem procjene indeksa učinkovitosti željeznica. Na kraju će se ispitati povezanost između indeksa regulatornih ograničenja (IRO) i indeksa kvalitete željezničke infrastrukture (IKŽI) s jedne strane i pojedinih dimenzija indeksa učinkovitosti željeznica. Povezanost između pojedinih dimenzija indeksa učinkovitosti željeznica i liberalizacije željezničkog tržišta osim ekonomskog učinka (boljeg korištenja postojećih kapaciteta) naročito je važna s motrišta sigurnosti prometa i kvalitete željezničke usluge. Naime, uvijek postoji bojazan da će privatni operateri za razliku od javnih biti spremni ulagati manje u sigurnost prometa kako bi povećali dobit. Isto tako važno je prepoznati utjecaj kvalitete željezničke infrastrukture na pojedine dimenzije indeksa učinkovitosti

željeznica kako bi se dodatno ukazalo na važnost investicija u željezničku infrastrukturu s ciljem podizanja razine učinkovitosti europskih željeznica.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Temeljem prikupljenih podataka sastavljena je kratka deskriptivna statistika za svaku od navedenih varijabli (cf. tablicu 2).

Tablica 2. Deskriptivna statistika pojedinih indeksa europskih željeznica

	RPI	IRO	IKŽI	Sig	KU	IU
Aritmetička sredina	4,5	3,2	4,4	1,4	1,3	1,8
Medijan	4,6	3,1	4,3	1,7	1,4	1,8
Standardna devijacija	1,5	1,1	0,8	1,1	0,4	0,6
Valjani broj europskih željeznica1-23	23	23	23	23	23	23
Zbroj	103,7	73,0	100 ,4	32,1	31,0	40,5
Minimalna vrijednost	1,9	0,3	2,8	0,0	0,6	0,5
Maksimalna vrijednost	6,8	5,4	5,7	3,0	2,1	2,9
Prvi kvartil_25th%	3,4	2,6	4,0	0,1	1,0	1,3
Zadnji kvartil_75th%	6,0	3,8	5,0	2,2	1,6	2,1

Temeljem podataka iz tablice 2 može se zaključiti da od tri dimenzije indeksa učinkovitosti željeznica intenzitet uporabe ima najveću srednju vrijednost (M=1,8; SD=0,6) što znači i da pojedinačno najviše pridonosi visini ukupnog indeksa učinkovitosti europskih željeznica. Jedan četvrtina europskih željeznica spada u skupinu željeznica prve razine, ostvaruju indeks učinkovitosti RPI ≥ 6. Posebno je zabrinjavajući podatak da je što se tiče sigurnosti čak jedna četvrtina (prvi kvartil) promatranih željeznica ocijenjena najnižom mogućom ocjenom, 0 - 0,1. Srednje vrijednosti indeksa učinkovitosti željeznica (M=4,5, SD=1,5) i indeksa kvalitete željezničke infrastrukture (M=4,4; SD=0,8) pokazuju gotovo istu vrijednost.

H1: Između razine liberaliziranosti željezničkog tržišta i indeksa učinkovitosti željeznica ne postoji statistički signifikantna veza.

Postavljena hipoteza testirat će se korelacijskom analizom između indeksa regulatornih ograničenja (IRO) i indeksa učinkovitosti željeznica (RPI). Rezultati korelacijske analize dati su u tablici 3.

Tablica 3. Korelacijska analiza između indeksa regulatornih ograničenja (IRO) i indeksa učinkovitosti željeznica (RPI)

Pearsonov koeficijent proste korelacije r		
Varijable		
X :	IRO	
Y :	RPI	
r :	-0,0797	
TESTIRANJE		
Standardna greška koeficijenta proste korelacije	Statistika t-testa	*P*
0,2175	-0,3662	0,7178427
H_0 :	U osnovnom skupu NE postoji linearna korelacija	
H_1 :	U osnovnom skupu postoji linearna korelacija	
Zaključak :		
Pri testiranju nulte hipoteze da u osnovnom skupu nema linearne korelacije dobivena p-vrijednost 0,7178 ukazuje da		
u osnovnom skupu NE postoji linearna veza na nivou značajnosti od 0,05 jer je p-vrijednost > 0,05.		
Zaključujemo da koeficijent proste korelacije r NIJE statistički značajan		

Provedena korelacijska analiza potvrdila je odsustvo statistički značajne veze između liberalizacije europskog tržišta željezničkog prometa i indeksa učinkovitosti promatranih europskih željeznica čime je dokazana postavljena hipoteza. Naime, može se konstatirati da otvaranje željezničkog tržišta nije značajnije pridonijelo većoj efikasnosti u korištenju europske željezničke mreže i boljem odgovoru na zahtjeve korisnika prijevoznih usluga.

H2: Između kvalitete željezničke infrastruktu re i indeksa učinkovitosti željeznica postoji statistički jaka i pozitivna veza.

Postavljena hipoteza testirat će se korelacijskom analizom između indeksa kvalitete željezničke infrastrukture (IKŽI) i indeksa učinkovitosti željeznica (RPI). Rezultati korelacijske analize dati su u tablici 4.

Tablica 4. Korelacijska analiza između indeksa kvalitete željezničke infrastrukture (IKŽI) i indeksa učinkovitosti željeznica (RPI)

Pearsonov koeficijent proste korelacije r		
Varijable		
X :	IKŽI	
Y :	RPI	
r :	0,7067	
TESTIRANJE		
Standardna greška Koeficijenta proste korelacije	Statistika t-testa	*P*
0,1544	4,5768	0,0001637
H_0 :	U osnovnom skupu NE postoji linearna korelacija	
H_1 :	U osnovnom skupu postoji linearna korelacija	
Zaključak :		
Pri testiranju nulte hipoteze da u osnovnom skupu nema linearne korelacije dobivena p-vrijednost 0,0002 ukazuje da		
u osnovnom skupu postoji linearna veza na nivou značajnosti od 0,01 jer je p-vrijednost < 0,01.		
Zaključujemo da koeficijent proste korelacije r JEST statistički značajan		

Provedena korelacijska analiza potvrdila je postojanje statistički značajne veze između kvalitete željezničke infrastrukture i indeksa učinkovitosti promatranih europskih željeznica čime je dokazana postavljena hipoteza. Naime, može se konstatirati da kvaliteta željezničke infrastrukture predodređuje učinkovitost europskih željezničkih sustava te da bi sukladno tome trebala biti jedna od dimenzija indeksa učinkovitosti željeznica (RPI).

Pozitivna i jaka veza između indeksa kvalitete željezničke infrastrukture i indeksa učinkovitosti željeznica ukazuje na potrebnu iskazivanja analitičkog odnosa između ove dvije varijable. Sukladno tome, provedena je regresijska analiza (cf. tablicu 5).

Tablica 5. Regresijska analiza

Sažetak regresijske analize za zavisnu varijablu: RPI; R= ,70665973 R^2= ,49936798 Adjusted R^2= ,47552836 F(1,21)=20,947 p

	b*	**Std.Err. - of b***	**B**	**Std.Err. - of b**	**t(21)**	**p-vrijednost**
Odsječak			-1,33756	1,296194	-1,03191	0,313853
IKŽI	0,706660	0,154401	1,33928	0,292625	4,57679	0,000164

Temeljem provedene regresijske analize (cf. tablicu 5) razvidno je da nije dobiven konkluzivni model te da se isti ne može s odgovarajućom statističkom pouzdanošću koristiti za procjenu indeksa učinkovitosti željeznica.

H3: Kvaliteta željezničke infrastrukture predstavlja conditio sine qua non učinkovitosti europskih željeznica.

Da kvaliteta željezničke infrastrukture predstavlja *conditio sine qua non* učinkovitosti europskih željeznica dokazuje se provođenjem korelacijske analize između indeksa kvalitete željezničke infrastrukture i njegovih pojedinih dimenzija. Rezultati provedene analize dati su tablicom 6.

Tablica 6. Korelacijska analiza

Marked correlations are significant at p < ,05000 N=23 (Casewise deletion of missing data)

	Aritmetička sredina	**Standardna devijacija**	**RPI**	**IRO**	**IKŽI**	**Sig**	**KU**	**IU**
RPI	4,51	1,46	1,00	-0,08	0,71	0,80	0,43	0,60
IRO	3,17	1,06	-0,08	1,00	0,11	0,12	-0,07	-0,33
IKŽI	4,37	0,77	0,71	0,11	1,00	0,53	0,59	0,29
Sig	1,40	1,10	0,80	0,12	0,53	1,00	0,00	0,10
KU	1,35	0,44	0,43	-0,07	0,59	0,00	1,00	0,30
IU	1,76	0,64	0,60	-0,33	0,29	0,10	0,30	1,00

Temeljem podataka iz tablice 6 razvidna je statistički pozitivna veza između indeksa kvalitete željezničke infrastrukture i sva tri podindeksa indeksa učinkovitosti željeznica. Između indeksa kvalitete željezničke infrastrukture i podindeksa sigurnosti utvrđena je statistički srednje jaka veza ($r=0,52$; $p<0,05$) kao i između i indeksa kvalitete željezničke infrastrukture i podindeksa kvalitete usluge ($r=0,59$; $p<0,05$). Između indeksa kvalitete željezničke infrastrukture i podindeksa intenziteta uporabe utvrđena je statistički slaba veza ($r=0,29$; $p<0,05$). Premda je utvrđeno ne postojanje statistički značajne veze između indeksa regulatornih ograničenja i indeksa učinkovitosti željeznica ($r=-0,08$; $p<0,05$) čini se primjerenim istaknuti postojanje statističke slabe i negativne veze između indeksa regulatornih ograničenja i indeksa intenziteta uporabe ($r=-0,33$; $p<0,05$) što znači da manji indeks regulatornih ograničenja (veća otvorenost tržišta) ipak korelira s nešto većim intenzitetom uporabe.

4. ZAKLJUČAK

Europski željeznički robni prijevoz u posljednja dva desetljeća raste po godišnjoj stopi od 1 %. Prosječna udaljenost željezničkog robnog prijevoza stagnira unatoč liberalizaciji europskog željezničkog tržišta. S tržišnim udjelom od svega 17 % željeznički promet nije ispunio očekivanja europskih političara. Sukladno tome, podizanje razine konkurentnosti i učinkovitosti europskih željeznica ostaje i dalje prioritetni cilj Europske komisije, nacionalnih vlada i željezničkih poduzeća. Po prosječnom indeksu učinkovitosti koji je razvila BCG europske željeznice s ostvarenim prosječnim indeksom od 4,62 mogu se svrstati u željeznice druge razine. Indeks učinkovitosti željeznica pokazuje najjaču statističku pozitivnu povezanost sa razinom sigurnosti željeznica ($r=0,8$; $p<0,05$), što ističe ovu dimenziju kao najvažniju pri formiranju indeksa učinkovitosti željeznica. U radu je dokazano da liberalizacija europskog željezničkog tržišta nije ispunila očekivanja, odnosno da između razine otvorenosti željezničkog tržišta i učinkovitosti željezničkog prometa ne postoji statistički značajna veza. Statistički pozitivna i jaka veza utvrđena je između učinkovitosti željeznica i kvalitete željezničke infrastrukture te se čini primjerenim postojeći indeks praćenja učinkovitosti željeznica nadograditi i dimenzijom koja se odnosi na kvalitetu željezničke infrastrukture. U prilog navedene tvrdnje ide i podatak da se analitički odnos između indeksa učinkovitosti željeznica i indeksa kvalitete željezničke infrastrukture nije mogao izraziti konkluzivnim regresijskim modelom, odnosno da za procjenu učinkovitosti željeznica nije dovoljan samo indeks kvalitete željezničke infrastrukture. Nadalje, kvaliteta željezničke infrastrukture je statistički značajno povezana sa sve tri dimenzije indeksa učinkovitosti, a posebno sa sigurnošću i kvalitetom željezničkih usluga što ističe kvalitetu željezničke infrastrukture kao temeljni preduvjet učinkovitosti europskih željeznica. Dobiveni nalaz upućuje da su s ciljem podizanja učinkovitosti željeznica europskih država nužna značajna investicijska ulaganja u modernizaciju i izgradnju nove željezničke infrastrukture. Moderna željeznička infrastruktura nameće se kao temeljni čimbenik povećanja učinkovitosti europskih željeznica te su stoga rezultati istraživanja namijenjeni nositeljima ukupnog prometnog razvoja te menadžerima željezničkih poduzeća na svim razinama upravljanja.

5. LITERATURA

Alexandersson, G., & Hultén, S. (2008). The Swedish railway deregulation path. Review of Network Economics, 7(1).

Duranton, S., Audier, A., Hazan, J. The 2012 european railway performance index : Understanding what drives performance. Technical report, Boston Consulting Group, 11 2012.

Duranton, S., Audier, A., Hazan, J., Gauche, V. The 2015 european railway performance index : Exploring the link between performance and public cost. Technical report, Boston Consulting Group, 05 2015.

Duranton, S., Audier, A., Hazan, J., Langhorn, M.P., Gauche, V. The 2017 european railway performance index. Technical report, Boston Consulting Group, 04 2017.

Eurostat Rail Freight Statistics, 2022.

Finger, M.; Montero, J.; Serafimova, T. The Governance of Rail Freight Corridors. Eur. Transp. Regul. Obs. 2021, 3, 1–16.

Grushevska, K.; Notteboom, T.; Shkliar, A. Institutional rail reform: The case of Ukrainian Railways. Transp. Policy 2016, 46, 7–19.

McCullough, G. (2006). The liberalization of European rail transport: An American view. Intereconomics Rev. Eur. Econ. Policy, 41, 292–313.

Pham, V. (2013). The Liberalization of Rail Transport in the European Union, Economics Honors.

Pupavac, D., Baković, I. i Knežević, J. (2019). Tržište željezničkog teretnog prijevoza Europske unije, Željeznice 21, 18 (1), 7-13.

Pupavac, D., Kršulja, M. (2023). Procjena indeksa učinkovitosti država jugoistočne Europe, Željeznice 21, 22 (2) .

Sainz-Aja, J., et al. (2023). Parametric analysis of railway infrastructure for improved performance and lower life-cycle costs using machine learning techniques, Advances in Engineering Software, Volume 175, 103357, ISSN 0965-9978, https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2022.103357.

Solina, K., Abramović. B. (2022). Effects of Railway Market Liberalisation: European Union Perspective, **Sustainability** *14, no. 8: 4657. https://doi.org/10.3390/su14084657*

Uredba EU 913/2010

www.theglobaleconomy.com/rankings/railroad_quality (pristup: 15.07.2023).

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

RAIL TRAFFIC SAFETY BASED ON ADVANCED INTERNET TECHNOLOGIES

BEZBEDNOST ŽELEZNIČKOG SAOBRAĆAJA ZASNOVAN NA NAPREDNIM INTERNET TEHNOLOGIJAMA

Zoran G. Pavlović[a], Veljko Radičević[a], Marko Bursać[a], Miloš Milanović[a], Nevena Veljović[a]

[a] *Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Department of School of Railway Transport, 24 Starine Novaka St, Belgrade 11000, Serbia, zoran.pavlovic@vzs.edu.rs, veljko.radicevic@vzs.edu.rs, marko.bursac@vzs.edu.rs, milos.milanovic@vzs.edu.rs, nevena.veljovic@vzs.edu.rs*

Abstract: *The safety of railway traffic is directly related to the transportation and infrastructural capacities of the carrier, as well as what it applies from the available information and communication technologies. Today, the functioning of railway companies is unthinkable if the existing computer and network infrastructure is not improved with innovative advanced internet technologies. Currently, the European Train Control System (ETCS) is in use on the route Belgrade - Novi Sad, which is the basis for the regularity and regulation of traffic at a speed of 200 km/h. In the near future, the Novi Sad - Subotica railway will be modernized, as well as Belgrade - Niš, so that there is a need to maximize safety in all segments of traffic and transport. The aim of this paper is to present an innovative model for increasing safety on high-speed railways, which is based on block chain technologies. The model envisages the protection of information in all internet transactions between telecommunication devices (signals, balises), employees of the dispatch center who communicate with the train staff. The significance of the work is reflected in the methodological development of an innovative model for improving safety on high-speed railways.*

Key words: *railway security system, block chain, innovative model of electronic business*

Apstrakt: *Bezbednost železničkog saobraćaja je direktno povezana sa prevoznim i infrastrukturnim kapacitetima prevoznika kao i šta primenjuje od raspoloživih informaciono-komunikacionih tehnologija. Danas je nezamislivo funkcionisanje železničkih preduzeća,ako se postojeća računarska i mrežna infrastruktura nepoboljša inovativnim naprednim internet tehnologijama.Trenutno na relaciji Beograd – Novi Sad je u primeni Evropski sistem kontrole vozova (ETCS) koji osnova za redovitost i regulisawe saobraćaja pri brzini od 200km/h. U bliskoj budućnosti izvršiće se modernizacija pruge Novi Sad – Subotica kao i Beograd – Niš tako da se stvara potreba da se maksimalno poveća bezbednost u svim segmentima saobraćaja i transporta. Cilj u ovom radu je predstavljanje inovativnog modela za povećanje bezbednosti na prugama velikih brzina koji je zasnovan na blok čejn tehnologijama. Model predviđa zaštitu informacija u svim internet transakcijama između telekomunikacioih uređaja (signala, baliza), zaposlenih u dispečerskom centru koji komuniciraju sa voznim osobljem. Značaj rada se ogleda u metodološkom razvoju inovativnog modela za pobećanje bezbednosti na prugama velikin brzina.*

Ključne reči: *železnički sistem bezbednosti, blok čejn, inovativni model elektronskog poslovanja*

1. UVOD

Osnovna svrha računarskih sistema u železničkom preduzeću je sakupljanje, obrada, analiza podataka ali i bezbedno čuvanje. Razvojem računarskih sistema dolazi se do potrebe umrežavanja i međusobnog deljenja podataka i informacija. U svetu nauke svakog dana razvijaju se nova tehničko-tehnološka unapređenja u računarskim sistemima (npr. elektronskog poslovanja, 5G i najava 6G mreže, veštačke inteligencije, interneta inteligentnih uređaja, ekspertnih sistema, mašinskog učenja itd.). Železnička preduzeća u cilju poboljšanja svakodnevnih aktivnosti, vide šansu za unapređenje dosadašnjeg operativnog rada kroz primenu postojećih i

inovativnih rešenja. U suštini osnovu čini međusobno povezivanje, razmena podataka i informacija između zaiteresovanih strana na zaštićen i bezbedan način. Svaki propust ili zastoj u primeni navedenih rešenja može da prekine započete aktivnosti i odloži dalji rad. Da ne bi došlo do otkaza u radu moraju se primenjivati mere zaštite u računarskim sistemima kao i poboljšanje postojećih mehanizma.

U ovom radu analizira se nova tehnološka mogućnost u železničkom saobraćaju i transportu da primenom blok čejna, tehnologije koja se primenjuje u digitalnom bankarstvu kao i sada u ostalim relevantnim područjima privrede a u skladu sa osnovnim ciljem ovog rada i u železničkom preduzeću, poveća stepen bezbednosti za korisnike kao i za imovinu.

2. ANALIZA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

U praksi postoji veliki broj istraživanja koji se uglavnom odnose na primenu blok čejna u segmentima privrede a najmanje u saobraćaju. U nastavku prikazana su istraživanja koja se uglavnom zasnivaju na primeni u određenoj oblasti železničkog saobraćaja. Danas modernizacijom infrastrukture i voznih sredstava postojeći modeli bezbednosti nisu dovoljni.

Sistem automatske zaštite voza (ATP) predstavlja jezgro za osiguranje bezbednosti rada železnice. Trenutno, pravila promene stope otkaza sistema nisu dobro shvaćena i strategija održavanja nije prečišćena. U cilju poboljšanja sposobnosti zaštite i nivoa održavanja brzih vozova, autori (R. Kang, 2021) predlažu model mašinskog učenja primenom stabla odlučivanja za ekstrakciju karakteristika otkaza ATP sistema. Prvo, tip sistema, srednja radna kilometraža, srednje vreme servisiranja, itd. su izabrani kao parametri funkcije ATP otkaza, a kumulativna stopa otkaza je izabrana kao oznaka izlaza modela. Drugo, mašina za podršku, AdaBoost, veštačke neuronske mreže i model stabla odlučivanja su usvojeni za obuku i testiranje praktičnih podataka o greškama. Analiza performansi pokazuje da model učenja stabla odlučivanja ima bolju sposobnost generalizacije. Zbog toga je najpogodniji za analizu karakteristika kvara. Treće, analiza interpretabilnosti otkriva kvantitativni odnos između otkaza sistema i karakteristika. Konačno, izgrađen je inteligentni sistem održavanja za ATP sisteme koji realizuju prefinjeno održavanje tokom životnog ciklusa.

Virtuelno spajanje je obećavajuća inovacija koja ima za cilj povećanje prevoznih kapaciteta železnice. U poređenju sa postojećim sistemima železničke signalizacije, omogućava da dva ili više vozova voze sa smanjenim rastojanjem između njih. Međutim, tako smanjeno rastojanje između njih predstavljaja izazov za bezbednost kao i pretnju. U radu autori (Y. Zhang, 2022) razmatraju ovaj izazov tako što formalno opisuju i verifikuju pristup virtuelnom povezivanju. Predlažu opštu metodu modeliranja da opišu zaštitnu logiku za virtuelne sisteme za upravljanje spregom. Takođe opisuju se osnovni elementi upravljanja vozom u topološkim terminima i analizira se stanje linije virtuelne logike spajanja.

Uopšteno govoreći, voz se mora brzo zaustaviti kako bi se izbegao rizik ako postoji bilo kakva greška u železničkom sistemu. Međutim, za kvarove kočionog sistema u vozu, relevantni dokumenti i specifikacije ne pružaju teorijsku osnovu ili rešenja koja bi obezbedila bezbednost pri zaustavljanju voza sa greškom pri lomljenju. Za scenario praćenja, kada voz sa greškom pri kočenju prati normalni voz koji ide ispred, predlaže se proračunski model operacije praćenja između vozova sa koeficijentom otkaza. Otkrivanjem informacija o grešci pri kočenju voza i parametara rada voza ispred, model može izračunati minimalnu udaljenost bez sudara ili predvideti brzinu sudara i poziciju ova dva voza. Sprovedena je serija eksperimentalnih analiza prema višestrukim scenarijima kvarova, a istražuju se šeme rada koje mogu da izbegnu nesreće u sudaru. Eksperimentalni rezultati pokazuju da su stvarno rastojanje između neispravnog i prednjeg voza i maksimalno ubrzanje koje bi prednji voz mogao postići dva najkritičnija faktora. Konačno, na osnovu informacija dobijenih iz gore navedenih rezultata modela, sumira se proces proračuna šeme protiv sudara prednjeg voza i osmišljena je strategija zaštite koja obezbeđuje osnovu za proračun i ukupni okvir izvršenja za dispečerski sistem da obezbediti bezbednost ova dva voza (Z. Zhang, 2023).

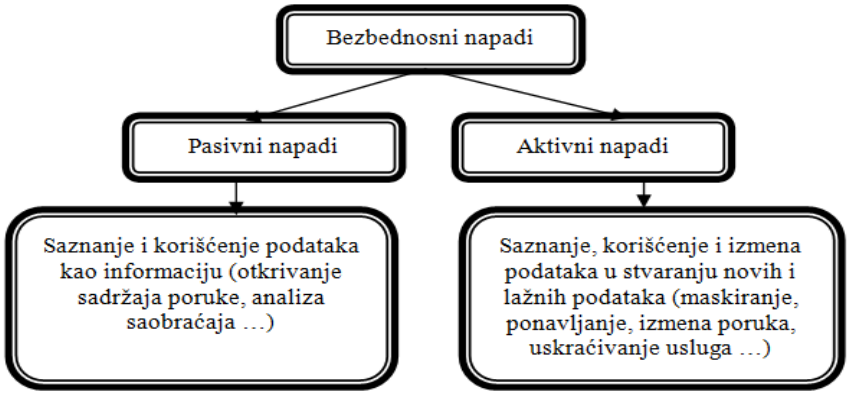
Predložena je šema energetski efikasne kontrole sa adaptivnim iterativnim učenjem zasnovana na proširenom posmatraču bez modela za praćenje brzine voza metroa sa spoljnim smetnjama i zaštitom od prekoračenja brzine pod ograničenjem vučne/kočne sile. Prvo, dinamika kretanja voza u kontinuitetu je formulisana u model podataka sa diskretnim vremenom uz uzimanje u obzir spoljašnjih poremećaja primenom iterativne dinamičke linearizacije. U međuvremenu, spoljašnji poremećaji i nepoznate nelinearne nesigurnosti voza se transformišu u novo stanje, koje se procenjuje pomoću ESO dizajniranog u domenu iteracije. Zatim je dizajniran energetski efikasan kontroler baziran na ESO-u sa sposobnošću učenja, koji omogućava vozu da postigne svrhu energetske efikasnosti smanjenjem ulazne sile. Dalje, razvijena je zaštita od prekoračenja brzine sa okidačem kako bi se osiguralo da voz radi u bezbednom opsegu brzine. Sve strategije upravljanja su dizajnirane pod ograničenjem na

vučnu/kočnu silu uzimajući u obzir praktična ograničenja sistema voza. Nijedna informacija o modelu nije uključena u čitav proces dizajna i to je čisti pristup iterativnom učenju koji je vođen podacima. Rigorozna matematička analiza dokazuje izvodljivost i robusnost predložene metode, koja može garantovati da voz radi bezbedno i pouzdano. (J. Zheng and Z. Hou, 2023)

3. OSNOVNA PODELA BEZBEDNOSNIH NAPADA

Radi lakšeg razumevanja značaja primene bezbednosnih sistema u železničkom saobraćaju i transportu, posebnu pažnju treba posvetiti vrstama napada koji mogu realno da se dogode svakoga dana u svakom trenutku tokom godine. Prilikom napada, zlonamerno lice može pomoću personalnog računara i raspoložive mreže, da pristupi hardverskim i softverskim resursima železničkog preduzeća. Računarski sistem železničkog preduzeća podrazumeva povezivanje svih uređaja (signalno sigurnosnih, telekomunikacionih) sa ostalim komponentama u centralnom dispečerskom centru. Tada postoji mogućnost preusmeravanja poruka čak i modifikacija istih. U nastavku prikazani su osnovni bezbednosni napadi koji mogu da utiču na dalji tok realizacije aktivnosti koje su vezane za bezbedno izvršavanje železničkog saobraćaja i transporta.

Osnovna podela bezbednosnih napada u računarskim sistemima odnosi se na pitanje „Kako se koriste podaci?“. Na osnovu toga može se reći da podela obuhvata pasivne i aktivne napade (slika 1).



Slika 1: Vrste bezbednosnih napada

Prisluškivanjem ili nadgledanjem dolazi se do saznanja i korišćenja podataka bez izmena, smatra se pasivnim napadom. To podrazumeva otkrivanje sadržaja poruke preko elektronske pošte ili nekog dodatka koji je prilog i sadrži poverljive informacije. Neautorizovano lice može da ima samo saznanje o poruci ako ona nije šifrovana. Tehnika za maskiranje sadržaja je šifrovanje. Kod šifrovanih poruka pored navedenog dolazi i do informacija koje se odnose na lokaciju korisnika, učestalost poruka I na osnovu toga može da donese pojedine zaključke o komunikaciji koja se odvija između korisnika ili uređaja u računarskih sistema.

Aktivne napade je teško sprečiti zbog velike raznovrsnosti i ranjivosti koje mogu biti fizičke (zabrana pristupa korinika hardveru i ulazno - izlaznim uređajima), softverske (sistemski zaštitni programi) i mrežne (zaštitni programi u komunikaciji). Izmena toka poruka ili izmena sadržaja predstavlja aktivni napad koji se može predstaviti u sledećim kategotijama:

- Maskiranje - je proces lažnog predstavljanja, kada primalac poruke smatra da je dobio poruku od osobe sa čije adrese je i poslata;
- Ponavljanje - podrazumeva hvatanje jedinice podataka i njeno naknadno ponavljanje da bi se postigao neovlašćen efekat;
- Izmena poruka - podrazumeva promenu dela ili cele poruke koja se usmeruje i šalje primaocu da bi se postigao neovlašćeni efekat;
- Uskraćivanje usluga - podrazumeva sprečavanje toka poruka za namensko korišćenje komunikacionih sredstava kao i njihovo upravljanje. Tok poruka može biti prekinut prema jednom primaocu ili poremećaj u mreži koji obuhvata više korisnika.

Do sada su navedene vrste potencijalnih bezbednosnih napada koji mogu biti primenjeni od strane zlonamernog lica sa osnovnom namerom da komunikaciju između uređaja i ostalih infrastrukturnih komponenti, zloupotrebi i naruši bezbednosni sistem železničkog preduzeća.

4. NAPREDNA TEHNOLOGIJA BEZBEDNOSTI – BLOK ČEJN

Blok čejn tehnologija je uvedena za zaštitu kripto valute bitkoina i primenjuje se u digitalnom bankarstvu. Na početku primenjuje se u oblastima finansija i prava putem raznih aplikacija. Blok čejn tehnologija obezbeđuje kontrolu za svaku transakciju u mreži. Blok čejnod nedavno privlači veliku pažnju industrije (Pavlović, 2021)(Pavlović Z., 2021a).

Blok čejn podrazumeva da svaki blok sadrži kriptografski nastavak prethodnog bloka, osim prvog bloka koji se ponekad naziva geneza blok. Takav nastavak mora da ispuni određeni kriterijum; treba da bude manji od ili jednak predhodnom i od srtukture skladišta ili izračunatog bloka (ova je struktura povezivanja lanca u nastavku). Pošto se povezivanje izračunava u jednom pravcu funkcijom čiji su izlazi ravnomerno raspoređeni, niko ne može namerno konfigurisati blok da zadovolji kriterijum. Umesto toga, oni treba da učestvuju u ponavljaju za promenu vrednosti u bloku i oni se stvaraju dok ne dobiju pravi nastavak za povezivanje. Stvaranje bloka je proces verovatnoće. Učesnici ili uređaji u transakcijama koje se odnose na razmenu digitalizovanih poruka učestvuju u održavanju lanaca blokova prema sledećem (Saito & Yamada, 2016)**:**

- Učesnik ili uređaj sakuplja podatke onako kako ih prima, i pokušava da stvori važeći blok gde se sadržaju dodaju u nastavci u lancu za naredno sastavljanje.
- Kada se izvrši transakcija u mreži, onda se emituje novo nastali blok.
- Ostale transakcije u mreži dobijaju blok i pokušaju da potvrde. Ako se uspešno potvrđen, oni priznaju da je poslednji blok u lancu povezan, i dalje prvi.

Blok čejn tehnologija je pokazala svoju znatnu prilagodljivost u poslednjih nekoliko godina u nizu tržišnih sektora gde je najveći deo fokusa u sektoru finansijskih usluga. Blok čejn izaziva optimizam koji je retko viđen u istoriji naprednih tehnologija. On je nova tehnološka revolucija, koja će imati veliki uticaj na društvo kao izum interneta. U izveštaju Svetskog ekonomskog foruma koji je objavljen u septembru 2015. godine, 58 % svih istraživanja i ispitanika su pokazali da očekuju da do 2025, 10% globalnog bruto domaćeg proizvoda bude sačuvano korišćenjem blok čejn technologije (Mettler, 2016)**.**

Pristup, ciljevi i potencijali blok čejn još uvek su u velikoj meri nepoznati društvu. Funkcionalnost principa blok čejn može se objasniti koristeći koncept bitkoin transakcija. Ako je bitkoin transakcija, na primer, od novčanik A do novčanika B, ove informacije se istovremeno dele u osnovni bitcoin blok čejn. Informacije o bitcoin transakciji kombinuju se u blok informacija označenim sa vremenskim markerom i dodaje kao novi blok na postojeći bitkoin blok čejn. Sadržaj ove decentralizovane baze podataka je dostupan svim uključenim stranama. Osim toga, pošto su sve transakcije obrađene od strane korisnika preko određenog pseudonima, informacije o sadržaju bitkoin su potpuno anonimne.

Struktura jednog blok čejn je da blok koji se sastoji od više transakcija je povezana sa prethodnim blokom u obliku povezanih lanaca blokova. Da bi se obezbedila pouzdanost, kada je novi blok generisan i dodaje se prethodnom bloku. Da bi se uspešno završio napad na blok čejn tehnologiju, napadač mora da kontroliše više od 50 % resursa na celoj mreži (poznat kao napad na 51%). Veruje se da blok čejn tehnologija ima veliki potencijal za upravljanje ugovorima, kao što je upravljanje digitalnim pravima, jer je blok čejn jak protiv napada i teško je promeniti tok digitalne valute gde sistem radi bez centralnog organa. (Watanabe, Fujimura, Nakadaira, & Miyazaki, 2016)**.**

Uvođenje blok čejn tehnologije i uz pomoć blokova moguće je pratiti sav novac i sve transakcije u sistemu. Blok čejn aplikacije mogu ugradili svoju vlastitu informaciju koja je nastala u transakcijama i često se koristeći deo zapisa transakcije izgrađenom za skladištenje suvišnih informacija. Ako više ljudi pokušava da skladišti i blok čejn raste. Njegova priroda je da se stari podaci ne mogu arhivirati ko zna gde. Svaki deo lanca se zasniva na njegovom prethodnom. Svaki novi blok se sastoji od svih predhodnih podataka, koji sadrži informacije o transakcijama koje su se dogodile u mreži dok je blok bio napravljen (Bradbury, 2015).

Blok čejn je tehnologija u razvoju za decentralizovana i transakciona deljenja podataka preko interneta. To omogućava nove oblike distribuirane softverske arhitekture. S obzirom da blok čejn može da se posmatra kao softver konektor koji prati rezultate performanse i kvalitet atributa sistema (na primer, bezbednost, privatnost, skalabilnosti i održivost). Učesnici trebaju verovati svakoj komponenti u sistemu. Struktura blok čejn podataka je sa vremenskim oznakama lista blokova, koja snima podatke o transakcijama koje su bilo kada dogodile u blok čejn mreži. Zato blok čejn obezbeđuje skladištenje podataka, koja omogućava ubacivanje transakcije bez ažuriranja ili brisanja postojećih transakcija na blok čejn. Čitava mreža dostiže konsenzus pre transakcija koje su uključene u nepromenljivo skladištenje podataka (Xu, et al., 2016).

5. MODEL BEZBEDNOSTI ZASNOVAN NA BLOK ČEJNU

5.1. Osnova arhitekture modela bezbednosti zasnovane na blok čejnu

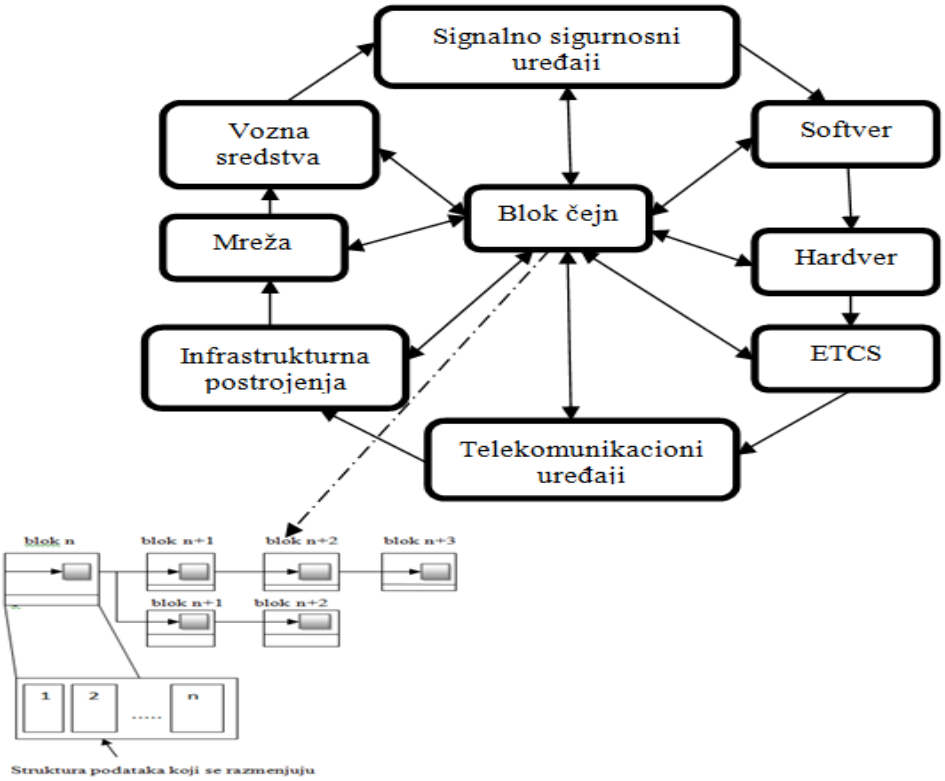
Na osnovu analizirane dostupne literature za potrebe izrade rada može se zaključiti da železnički saobraćajni i transportni sistem nije u potpunosti bezbedan. U republici Srbiji trenutno je najatraktivniji i ujedno kritičan deo pruge za velike brzine (200km/h) na relaciji Beograd Centar - Novi Sad. Železnica je veliki i složen sistem u kome se rešavanje konkretnih problema odvija sporo jer postoji veliki broj ograničenja. Razvoj interneta inteligentnih uređaja, informacionih tehnologija omogućio je identifikaciju problema kao i pronalaženje rešenja (Stanisavljević, 2023). Primena poslovnih modela u železničkim preduzećima koji su zasnovani na naprednim internet tehnologija su u velikoj meri zastupljeni (Pavlović Z, 2020) (Pavlović., 2020a).

Inovativni model bezbednosti kao i modeliranje je kompleksan proces koji obuhvata šest koraka (Pavlović., 2020a):

- Poslovna arhitektura obuhvata viziju železničkog preduzeća koja stvara potrebne uslove za pružanje kvalitetnije usluge, kao ekonomski i ekološki prihvatljive usluge. Pored vizije u poslovnoj arhitekturi imaju unapred određene ciljeve među kojima su najvažniji: podizanje kvaliteta prevoznih usluga i razvoj savremenih informacionih sistema, njihovo uvođenje u poslovanje u cilju pružanja kvalitetnijih usluga korisnicima prevoza, modernizacija prodajne mreže, povećanje bezbednosti i uvođenje savremenog poslovno-informacionog sistema.
- Informaciona arhitektura treba da zadovolji potrebne neophodne informacije koje su vezane za ispunjenje ciljeva i vizije koje su navedene u poslovnoj arhitekturi kroz ispitivanje svakog objekta, trenutnu dostupnost informacija i determinisanje novih potrebnih informacija za ostvarivanje planiranih aktivnosti putem računarske mreže.
- Arhitektura podataka obuhvata analizu podataka koji već postoje u bazama i informacije koje se mogu dobiti uključujući i veb generisane podatke. Količina podataka koja se generiše svaki dan je u neprekidnom rastu.
- Arhitektura aplikacija mora da zadovolji pitanja o skalabilnosti, sigurnosti, broju i veličini servera, mreža, i sposobnost čitanja podataka u realnom vremenu. Pristupa se sloju prezentacije koji sadrži komponente korisničkog interfejsa i komponente procesa. Sledeći je sloj servisa poslovanja - interfejsi servisa koji obuhvataju poslovne procese, poslovne komponente i poslovne objekte. Poslednji je sloj dodatnih servisa ili sloj podataka koji sadrži komponente pristupa podacima, izvore podataka, agente usluga i same usluge.
- Tehnička arhitektura obuhvata ispitivanje hardvera i softvera za podršku analizama u prethodnim koracima gde se stavlja akcenat na aplikaciju.
- Organizaciona arhitektura obuhvata ljudske resurse i postupke koji se zahtevaju u svim prethodnim koracima, gde je od velike važnosti da se reše pitanja zakonskih, administrativnih i finansijskih ograničenja, koja mogu nastati u projektu.

5.2. Modeliranje arhitekture blok čejn bezbednosti

U osnovi inovativna arhitektura obuhvata komponente koje posredno i neposredno učestvuju u komunikaciji i razmenjuju podatke u digitalnom obliku putem računarskih mreža. Osnovne komponente su hardver i softver železničkog preduzeća, signalno sigurnosni i telekomunikacioni uređaji, ETCS, infrastrukturna postrojenja, vozna sredstva kao i međusobna mrežna povezanost žično ili bežično (slika 2).



Slika2:Komponente modela bezbednosti

Komponente modela su međusobno povezane u cilju razmene podataka u železničkom preduzeću. U jednom trenutku na celoj teritoriji železničkog preduzeća može da se nezavisno odvija veliki broj procesa. Svaki proces mora da se odvija preko blok čejna. Primer može biti nailazak voza na slobodan pružni odsek gde signal sa lokomotive i signala istovremeno šalje informaciju gde se nalazi … dispečer istovremeno ispostavlja nalog za laganu vožnju … kod približavanja lokomotive putnom prelazu informaciju koja se automatski reguliše branike i slično. Slika 2 prikazuje generisanje blokova koji se realizuju u svim i navedenim procesima u međusobnoj komunikaciji između svih komponenti u sistemu u železničkom preduzeću. Na taj način sposobnost blok čejn tehnologije pruža visok stepen bezbednosti.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom radu prikazani su postojećih modeli bezbednosti na osnovu modernizacije železničke infrastructure i prevoznih voznih sredstava na pruzi velikih brzina na relaciji Beograd Centar – Novi Sad. Trenutno u izgradnji je nastavak pruge za velike brzine od Novog Sada do Subotice i u najavi rekonstrukcija na relaciji Beograd Centar – Niš.Zbog navedenog i u skladu sa vizijom i misijom železničkog preduzeća potrebno je razmatrati i analizirati nove modele bezbednosti. U ovom radu prikazane su polazne osnove za razvoj i implementaciju inovativnog modela koji može postati realnost. Železnička preduzeća već primenjuju i imaju raširenu računarsku mrežu na teritoriji železničke infrastructure, primenu elektronskog poslovanja i nadogradnjom postojećih komponenti sa tehnologijom blok čejn u velikoj meri može se povećati bezbednost. U radu je prikazano osnovno funkcionisanje blok čejna gde se ističe značajprimene i istovremeno odgovora na veliki broj digitalizovanih procesa koji se realizuju u istom trenutku između ljudi, ljudi i uređaja i između uređaja. Posebno treba napomenuti da svaka pojedinačna aktivnosti, primenom blok čejna se nadograđuje na predhodni blok koji je već generisan i na taj način stvara se lanac blokova koji je praktično i velika zaštita. Primena novih voznih sredstava kao i sistema za evropsko regulisanje saobraćaja i transporta podrazumeva i uvođenje inovativnih modela koji mogu da prate i obuhvate nove bezbednosne zahteve.

Pravci daljeg istraživanja moraju biti usmereni prema železnici u cilju prezentovanja primene inovativnih tehnologija koje su zasnovane na blok čejnu. Na taj način železnica može da sagleda pokazatelje i ulogu blok čejna kroz primenu inovativne tehnologije. Na osnovu ovog modela primene blok čejna u povećanju bezbednosti u železničkom saobraćaju, potrebno je uraditi detaljanu analizu železničkih uređaja koji se trenutno primenjuje i uzeti u obzir inovativnu tehnologiju koja se ne dovodi u pitanje.

7. LITERATURA

Bradbury, D. (2015). In blocks [SecurityBitcoin]. Engineering & Technology (Volume: 10, Issue: 2, March 2015), , 68-71.

J. Zheng and Z. Hou. (2023). "ESO-Based Model-Free Adaptive Iterative Learning Energy-Efficient Control for Subway Train With Disturbances and Over-Speed Protection,. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 24, no. 8, , pp. 8136-8148.

Mettler, M. (2016). Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here, . e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 2016 IEEE 18th International Conference on, Date of Conference: 14-16 Sept. 2016.

Pavlović Z, B. M. (2020). Contactless ICT Transaction Model Of The Urban Transport Service. Research journal TRANSPORT, ISSN: 1648-4142 / eISSN: 1648-3480, Vol 35 No 5, , 500-510.

Pavlović, Z. G. (2021). Tehnologije za zaštitu podataka u digitalnim poslovnim procesima. FBIM Transactions, 9(2), doi:10.12709/fbim.09.09.02.07 , 63-70.

Pavlović, Z. G. (2021a). Use of information technologies in railway transport,. 2021 20th International Symposium INFOTEH-JAHORINA doi: 10.1109/INFOTEH510, (pp. 1-4). East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina,.

Pavlović., Z. (2020a). Model elektronskog poslovanja u železničkom saobraćaju zasnovan na naprednim internet tehnologijama, doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, FON.

R. Kang, J. W. (2021). Analysis of Failure Features of High-Speed Automatic Train Protection System,. IEEE Access, vol. 9, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3113381 , pp. 128734-128746.

Saito, K., & Yamada, H. (2016). What's So Different about Blockchain? Blockchain is a ProbabilisticState Machine . Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW), 2016 IEEE 36th International Conference on , Date of Conference: 27-30 June.

Stanisavljević, N. a. (2023). Internal Stakeholders' Readiness for Developing Smart Railway Services Through Crowd-Based Open Innovations. In Marketing and Smart Technologies : Proceedings of ICMarkTech 2022, Volume 2 (pp. 189-206). Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd.

Watanabe, H., Fujimura, S., Nakadaira, A., & Miyazaki, Y. (2016). Blockchain contract: Securing a blockchain applied to smart contracts,. Consumer Electronics (ICCE), 2016 IEEE International Conference on, Date of Conference: 7-11 .

Xu, X., Pautasso, C., Zhu, L., Gramoli, V., Ponomarev, A., Tran, A. B., et al. (2016). The Blockchain as a Software Connector,., (pp. Software Architecture (WICSA), 2016 13th Working IEEE/IFIP Conference on, Date of Conference: 5-8 April 2016).

Y. Zhang, H. W. (2022). A Train Protection Logic Based on Topological Manifolds for Virtual Coupling,. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 23, no. 8, doi: 10.1109/TITS.2021.3108840 , pp. 11930-11945, .

Z. Zhang, J. W. (2023). Research on Minimum Non-Collision Distance and Protection Strategy for Normal Train to Avoid Rear-End Accidents With Braking-Fault Train,. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 24, no. 4, doi: 10.1109/TITS.2022.3233568. , pp. 4306-4319,.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

DYNAMICS OF EXECUTION OF EVENTS IN THE PROCESS STRUCTURES OF THE TRAFFIC INSPECTION

DINAMIKA IZVRŠENJA DOGAĐAJA U PROCESNIM STRUKTURAMA POSLOVA SAOBRAĆAJNE INSPEKCIJE

Aleksandar Đukić[a], Radenka Bjelošević[b], Milan Vasiljević[a], Milorad Banjanin[c], Mirko Stojčić[b]

[a] *Bosnia and Herzegovina, djukicaleksandar1990@gmail.com, milanvasiljevic84@gamil.com*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, bjelosevicradenka@gmail.com, mirko.stojcic@sf.ues.rs.ba*

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

Abstract: *The focus of the research in this paper belongs to the tasks, processes, events, activities and actions of the traffic inspection with the goal of improving flows in the traffic system and safety in road traffic. Traffic inspection is discursively designated as a specialized function of the traffic system in a certain geo-area, and it is organizationally situated most often as a unit of the state inspectorate or the republican administration for inspection affairs responsible for the field of traffic. The management of the execution of events in the process structures of the traffic inspection is based on the connection of data from the diary of the execution of events in road traffic that functions in the geo-area of Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina. For this purpose, the paper presents an exploratory business research project in which an ensemble of traffic inspectors participates, who in a functionally designed diary for the execution of events investigate and connect data types with actions, activities, cases, the host and executor of the event, the object on which traffic inspection events are performed , the location and time interval of the execution of the event, the importance and periodicity of certain types of events. Related data are processed, selected and edited into process models with the aim of creating a big data basis for the formation of a digital platform that enables the automation of traffic inspection business processes.*

Key words: *traffic inspection jobs, types of knowledge of individual inspectors, related data, action, activity, event, process, event inspection log*

Apstrakt*: Fokus istraživanja u ovom radu pripada poslovima, procesima, događajima, aktivnostima i akcijama saobraćajne inspekcije sa ciljnom orijentacijom na unapređenje tokova u saobraćajnom sistemu i bezbjednosti u drumskom saobraćaju. Saobaraćajna inspekcija se diskursno označava kao specijalizovana funkcija saobraćajnog sistema na određenom geo-području, a organizaciono je situirana najčešće kao jedinica državnog inspektorata ili republičke uprave za inspekcijske poslove nadležna za oblast saobraćaja. Upravljanje izvršenjem događaja u procesnim strukturama saobraćajne inspekcije se zasniva na rezultatima istraživanja o povezivanju podataka prikupljenim pomoću dnevnika izvršenja događaja u drumskom saobraćaju na geo-području Republike Srpske, BiH. U tu svrhu u radu se predstavlja projekat eksplorativnog poslovnog istraživanja u kome učestvuje ansambl saobraćajnih inspektora koji u funkcionalno dizajniranom dnevniku za izvršenje događaja istražuju i povezuju tipove podataka sa akcijama, aktivnostima, slučajevima, domaćinom i izvršiocem događaja, objektom nad kojim se izvršavaju događaji saobraćajne inspekcije, lokacijom i vremenskim intervalom izvršenja događaja, značajem i periodičnošću pojedinih tipova događaja. Povezani podaci se obrađuju, selektuju i uređuju u modele procesa sa ciljem stvaranja big data osnove za formiranje digitalne platforme koja omogućava automatizaciju poslovnih procesa saobraćajne inspekcije.*

Ključne riječi*: poslovi saobraćajne inspekcije, vidovi znanja individualnih izvšilaca, povezani podaci, akcija, aktivnost, događaj, proces, dnevnik izvšenja događaja*

1. UVOD

Kao i u drugim oblastima i djelatnostima pojedinih dinamičkih organizacija i sistema poslovi saobraćajne inspekcije su višedimenzionalne strukture. Klasifikuju se kao prosti, složeni ili kompleksni i kodiraju u dimenzijama znanja, vještina i orijentacija na individualnom nivou njihovih izvršilaca, a na organizacionom nivou u dimenzijama tehnologije, procesnih struktura, kulture i strategije. Znanja i vještine na individualnom nivou kao i tehnologije i procesi rada na organizacionom nivou su dimenzije sadržajne strukture poslova. Istovremeno su orijentacije individualnih izvršilaca, organizaciona kultura i strategije dimenzije kontekstualne strukture poslova. U sadržajnoj srukturi poslova individualna znanja se implementiraju u vidu podataka, informacija, stečenog konceptualnog znanja, proceduralog primijenjenog znanja, inteligencije i mudrosti u ukupnom kapacitetu [1] koji izvršilac dijeli sa ostalim u procesnim strukturama saobraćajne inspekcije. Ovakav stav zasniva se na činjenici da se poslovi izvršavaju sa ciljem rješavanja problema u prostim situacijama (gdje se rješenje pronalazi na jednoj liniji izvršenja), složenim (gdje se rješenje pronalazi na više različitih linija) i kompleksnim saobraćajnim situacijama (gde je rješenje moguće pronaći rješavanjem eksponencijale funkcije u kombinaciji većeg ili velikog broja linija posla). U kontekstualnoj strukturi poslova saobraćajne inspekcije značajan je uticaj faktora „dinamičke gustine društva“ kao sociološko-tehnološke kategorije. Uvaženi francuski sociolog Drucker (Druker, 1911), [2] još na početku prošlog vijeka uveo je ovaj konstrukt i objasnio da dinamička gustina društva predstavlja stanje funkcionisanja društva sa gustom mrežom interakcija koje izazivaju transformacione promjene struktura ali ne na način promptno već sa prelazima iz jednog u drugo stanje društvene stvarnosti. Iako transformacione promjene pojedinih struktura nisu trenutne one su u savremenom društvu veoma brze a naročito se brzo transformišu poslovi. Danas se poslovi veoma brzo transformišu na platformi digitalizacije i izvršenja digitalnih procesa.

2. PODACI I POVEZIVANJE PODATAKA U POSLOVIMA I PROCESIMA SAOBRAĆAJNE INSPEKCIJE

U radu [3, 4, 5, 6] definiše se da je *podatak* „sirova kodirana činjenica iz realnog svijeta“ odnosno „podatak je atributivni iskaz nekog entiteta“ pri čemu je „entitet svaki objekat, svaka jedinica posmatranja, svaka realna činjenica ili pojava koju čovek registruje čulima, manifestuje u emocijama ili konstruiše u procesu razmišljanja, rezonovanja, zaključivanja i odlučivanja“. Od značaja je istaći da podaci ne postoje kao vidljivi predmeti u realnosti i na takav način se ne mogu ni posjedovati, ali se mogu posjedovati kao memorisani u računarskoj bazi podataka, štampani na papiru, pisani na traci, flopi diskovima, CD, DVD, ili na sličan način koji je podesan za odgovarajući prenos podataka. Podaci su osnova za nastanak informacija. Međutim, moraju se kombinovati i integrisati sa drugim podacima u procesu obrade. Obradom se podaci konvertuju u informacije koje su funkcije samih podataka i njihove obrade. Zbog toga se informacija definiše kao „semantička interpretacija podataka“ u kojoj su obrađeni i povezani podaci sa značenjem i vrijednosti za primaoca ili korisnika.

Istraživački podaci (eng. *Data Set*) predstavljaju skup objekata i njihovih atributa [2]. Atributivna svojstva ili karakteristike objekta mogu iskazati, na primjer, temperaturu u učionici, boju automobla, veličinu ekrana, itd. Atributi su poznati i kao promjenljive veličine (varijable), polja, karakteristike, a skup atributa opisuje objekat koji može biti slog, tačka, slučaj, primjer, entitet, instanca. U opštem, atribut se može izjednačiti sa *sugestivnom varijablom,* koju istraživači koriste za istraživanje nekih dimenzija proučavanih pojmovnih kategorija ili vrijednosti objekata, ili sa *osnovnim konceptom* koji se koristi za označavanje naziva, osobine, pojave ili predikata nekog objekta. Svaki objekat karakteriše i skup operacija koje se mogu izvršavati nad njim, pri čemu se može mijenjati stanje objekta, a sam redoslijed operacija takođe utiče na ponašanje tog objekta. Atributi se mogu odnositi i na drugačije vrste informacija koje, na primjer, mogu opisati prisustvo određenih semantičkih entiteta koji su nosioci informacija. Ovi entiteti mogu biti definisani na različite načine, a u zavisnosti od njihovog značenja u tekstu (koji je smisaona cjelina sastavljena od više rečeničnih iskaza povezanih različitim vrstama semantičkih i sintaksičkih veza u logičkoj (sadržaj) i fizičkoj tj. grafičkoj (forma) strukturi) i to u odnosu na klasifikaciju koja se sprovodi. Semantički entitet je bilo koja jedinica sa nekim značenjem ili strukturom koje se mogu nedvosmisleno definisati [3, 4, 5, 6, 7, 8,]. Primjeri semantičkih entiteta su imena autora, toponimi, imena i prezimena istraživača, email adrese, lista stavki u receptu, listing značajnih datuma od URL do fotografije, određena fraza ili određena struktura fraze, broj nepraznih linija u grafičkoj strukturi teksta itd. Kod predstavljanja dokumenata semantičkim entitetima prvo se definišu semantički entiteti za koje se pretpostavlja da mogu uticati na klasifikaciju dokumenta, a zatim se dokument predstavlja atributima koji označavaju prisustvo ili odsustvo broja ili frekvencije određenog semantičkog entiteta (objekta) u tekstu.

Dakle, objekti u informacionom procesiranju [3] su definisani sa vrijednosnim atributima pojedinačnih predmeta (stvarnih ili apstraktnih), sa dobro definisanom ulogom u domenu problema koji se rješava, a određeni su svojim

identitetom, stanjem i ponašanjem. *Identitet objekta* je jedinstven tokom njegovog životnog vijeka a određuju ga interfejs i implementacija u određenom sistemu. *Interfejs* je vidljiva veza između pojedinih elemenata objekta ili između više objekata u skupu koji čine sistem. *Implementacija* je skrivena dimenzija objekta i označava njegov sadržaj, funkcije i uloge u sistemu, odnosno, u interakcionom polju više objekata koji pripadaju različitim sistemima. *Stanje sistema* opisuje osnovne karakteristike skupa objekata sistema, skupa njihovih međusobnih veza i skupa vrijednosti atributa u datom trenutku vremena. Svaki objekat u sistemu sadrži dio stanja tog sistema, a isto tako svako stanje u sistemu pripada nekom objektu u interakcionom polju. Veza između dva objekta nosi informaciju koju objekti imaju jedan o drugom, kao što su informacije o operacijama koje objekat može da izvrši. *Ponašanje sistema* posmatra se kroz interakciju objekata tog sistema pri čemu [3] „interakcija opisuje očekivano ponašanje koje obuhvata skup poruka koje se razmjenjuju između objekata u komunikaciji radi izvršavanja odgovarajućeg zadatka u tom trenutku".

Pored atributivnog, podaci dobijaju i vrijednosno značenje koje se razvija njihovom obradom i iskazuje vrijednosnim *atributima informacionog kvaliteta* [3,] u više dimenzija (vrijeme, sadržaj, forma, relevantnost, lokacija) generisane informacije koja je „semantička interpretacija podatka". U dimenziji *vremenskog kvaliteta* vrijednosni atributi su tačnost, upotrebljivost, dostupnost (za period prošlosti, sadašnjosti, budućnosti) i aktuelnost informacije. „Informacija je jedino aktuelna i korisna ukoliko je dostupna u vrijeme kada je potrebna istraživaču, donosiocu odluka ili korisniku. Suprotan stav je da informacija nije aktuelna ukoliko je vremenski zastarila". Vrijednosni atributi *kvaliteta sadržaja* su preciznost, tačnost, konciznost, obim i performanse (izmjerene u aktivnostima, ostvarene u realizaciji operativnih ciljeva i efikasnosti resursa) informacije. U dimenziji *kvaliteta forme* vrijednosni atributi su jasnoća, razumljivost, cjelovitost ili detalji u skraćenoj formi, tekstualnost (tekstualni iskazi u deskriptivnom, numeričkom, grafičkom ili drugom predstavljanju) i transmitivnost ili skladištenje informacija na mediju (kao što su štampa na papiru, video-displej na ekranu, multimedijski zapis, kompjuterski dokument). Informacija ima *kvalitet relevantnosti* ako je njena vrijednost veća od vrijednosti uloženih resursa u njeno procesiranje. Relevantna informacija je bezuslovno i aktuelna i blagovremena, dok obrnuto uslov nije obavezujuće ispunjen, tj. akteuelnost informacije ne mora označavati i njenu relevantnost. Samo određene informacije su relevantne za donosioce odluka u datom konteksu. Vrijednost i upotrebljivost informacija koji ne zadovoljavaju ove uslove su kritično ograničeni. Informacija koja je potrebna korisniku, istraživaču ili drugom donosiocu odluke mora biti saopštena na adekvatnoj lokaciji koja podrazumijeva κvalitet informacionog toka iz baze podataka ka korisniku. Neke informacije se apsorbuju a neke se odbacuju (one koje nemaju smisla za korisnika). Što je manje informacija koje se odbacuju sistem bolje komunicira sa korisnikom. Atributi dimenzije informacionog *kvaliteta lokacije* su umreženost, konektivnost, transmitivnost ili brzina prenosa, skalabilnost ili proširivost, interoperabilnost ili sposobnost zajedničkog funkcionisanja sistema na putu do cilja.

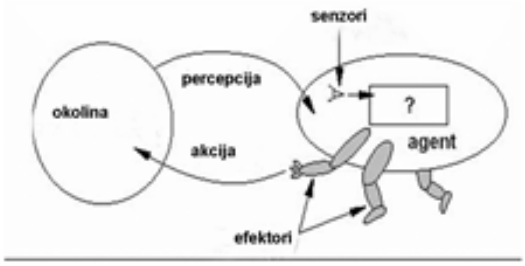
3. POSTUPAK VERIFIKACIJE SMISLA I ISTINITOSTI U ISKAZIMA I ISKAZNIM FORMULAMA

U savremenim poslovima saobraćajne inspekcije izvršioci brojnih tipova inspekcijskih događaja su saobraćajni inspektori i/ili komunikacioni agenti ili agenti upavljanja koji funkcionišu u pojedinim softverskim aplikacijama ili u sajberfizičkim entitetima koji učestvuju u upravljanju dinamikom tokova saobraćaja. Svakog agenta, bilo ljudskog bilo softverskog karakterišu sljedeće osobine: 1. okruženje : upravljačka okolina ili okolina pod kojim senzori rade; 2. senzori: koji omogućavaju agentima da opažaju okolinu; 3. efektori: daju odgovor na percepciju. Agent opaža okolinu koristeći senzore i čuva sve informacije koje je prikupio u toku sekvence opažanja. Akcije koje je agent u mogućnosti da izvrši zavise od sekvence opažanja. Za efikasno i efektivno reagovanje agenta odgovorna je funkcija mapiranja. Funkcija mapiranja mapira listu perceptivnih sekvenci tokom akcije agenta, te se na osnovu toga sastavlja tabela akcija kao odgovor na svaku sekvencu opažanja[1, 4, 6, 7, 8].

U analizi dinamike zvršenja događaja od značaja je korištenje principa organizacione informacione teorije. Tvorac te teorije[12] Karl Veik (Karl Weick, 2001), razvio je pristup opisu procesa na bazi tretmana informacija koja neka organizacija prima iz okruženja, sakuplja ih i koristi za upravljanje. Po uzoru na njegovo gledište Saobraćajna inspekcija se može posmatrati kao tip organizacije koja uzima iz okruženja često konfuzne ili nejasne informacije za koje treba napraviti smisao. U radu [3] Banjanin objašnjava smisao kao konstrukt čiju komunikacionu vrijednost formiraju četiri konstrukciona elementa: informacija, koja smislu daje pouzdanost o istinitosti, rasuđivanje i otkrivanje vrijednosti infromacionog kvaliteta, predstavljanje kojim se otkriva značenje informacije koja pokreće akciju čija je startna tačka odluka ili upravljačka odluka. Dakle, informacija nema smisla ako ne proizvodi određenu akciju pri čemu je odluka ta cjelina koju formiraju informacioni sadržaj, vrijednosti utvrđene kroz rasuđivanje i značenje otkriveno predstavljanjem. Poznat je stav da „nešto ima smisla ako se može verifikovati" tj. pokazati istinitim kao očigledno kroz opažanje. Iako se verifikacija najčešće

utvrđuje empirijski kroz opažanje, često je neophodan analitički pristup kao logička ili matematička tautologija [12]. Po definiciji iskazna formula koja je uvijek tačna naziva se tautologija. Drugim riječima „svaka iskazna formulu koja je tačna za sve istinitosne vrijednosti iskaznih slova (p, q, r, a, P, O,…) koja figurišu u njoj je jedna tautologija“. [12, 13]

Suština verifikacije smisla informacije ili teksta sa više informacija je u strogom razgraničenju nenaučnog od naučnog pristupa koji koristi naučna objašnjenja i obrazloženja iskaza [3,5,12]. Primijenjeno na poslove saobraćajne inspekcije to znači da svi učesnici u dinamici inspekcijskih akcija, aktivnosti, događaja, slučajeva, transakcionih događaja, procesa moraju da djeluju proaktivno tako da naprave smisao iz svih relevantnih informacija dobijenih iz okoline i iz organizacione sredine.



Slika 1. Sekvanca opžanja

Program pomoću koga agent funkcioniše predstavlja funkciju na osnovu koje se vrši mapiranje percepcije u toku akcije i mora biti kompatibilan sa arhitekturom agenta. Uopšteno, **arhitektura agenta omogućava da percepcija putem senzora bude prilagođena programu, zatim da upravlja programom i prenosti odgovarajuće akcije na efektore.** Odnos između agenta, arhitekture i programa mogu biti predstavljene na sledeći način:

Agent = Arhitektura + Program. [4, 9, 10, 11, 12].

Te činjenice ukazuju na mogućnost uvođenja modalne logike u analizu dizajna agenata koji imaju neku predstavu o svijetu u kome djeluju tako da mogu da uče u pojedinim situacionim interakcijama i da na taj način dolaze do novih zaključaka na osnovu kojih mogu da djeluju.

Poznato je da je modalna logika - proširenje klasične logike "modalitetima" istinitosti (subjektivnim konceptima), kao što su npr. "šta mora (nužno) biti istinito" i "šta može (moguće) biti istinito“ [13]. Za dalju analizu istinitosti iskaza uvodi se *koherentni sistem naučnog znanja* koji je predstavljen iskaznom formulom:

$$Z_{pr} = I_r \,\&\, r \,\&\, P_{rp} \,\&\, p \qquad (1)$$

Interpretacija ove iskazne formule sistema naučnog znanja $\boldsymbol{Z_{pr}}$ vrši se preko sledećih zaključaka[5]:

- postoji razlika između *predmeta znanja* ili *sadržaja* ***p***, samog *iskaza znanja* ***r*** koji se pridružuje sadržaju ***p*** i *interpretanta* ***a*** kao *saznajnog subjekta* koji vrši to pridruživanje;
- postoji trijada interpretanta **a**, sadržaja **p** i iskaza **r** u kojoj važi relacija (**a** zna neko **p** na osnovu **r**) gdje **a** (subjekat saznanja) pridružuje dva parametra (**r-p**) a za prirodu tog pridruživanja može se reći da je **r** model za **p** i da **r** i **p** mogu imati istu ili sličnu strukturu.
- postoji saznajni subjekat ili subjekat saznanja (označen kao interpretant a) koga uvažava savremena logika kao faktor ili činilac čije saznajne moći limitiraju količinu i kvalitet saznanja, pa se kapacitet saznajnog subjekta mora uzeti u obzir pri analizi saznajnog procesa.

Uočava se, prvo, da u iskaznoj formuli figurišu nepoznate p i r. Postavlja se pitanje šta je to **a** i koja je njegova uloga. Za dalju analizu može se formirati “svijet” W u kojem je **a** subjekat saznavanja ili interpretant značenja pojedinih iskaznih simbola i iskaznih formula. Dakle, **a** je konkretna individua (izvršilac akcije, događaja, aktivnosti ili procesa) ili agent koji postoji u tom svijetu. (U ovom konkretnom slučaju to je svijet ansambla agenata saobraćajne inspekcije). Rješenje date iskazne formule treba da bude **slučaj** da se desi da činilac **a** dođe do spoznaje, tj. da **a** zna neko **p** na osnovu **r.** Da bi se to desilo mora da postoji neko **r.** Pri tome, iskaz **r** obezbjeđuje istinitost slučaja p, a to p je istinito u svakoj spoznatoj alternativi dostupnoj subjektu saznavanja ili agentu **a.** [13]

Analizira se situacija na čiji pravac razvoja utiču različiti faktori koji dovode činioca **a** do spoznaje. U formiranom svijetu W, može se pretpostaviti da činilac **a** ima uticaj, tj. određenim sredstvima, on može da izmijeni okolnosti date situacije. Očito, da bi došlo do spoznaje, moraju biti ispunjeni svi uslovi koje iskazna

formula zahtijeva. Nijedan ovaj uslov sam po sebi nije dovoljan. Dakle, ti uslovi istovremeno moraju biti i potrebni.

Iskazna formula se može posmatrati i na drugi način[13]: Za svako **p** iz svijeta W, postoji **r** iz tog svijeta tako da za neku situaciju **q**, **a** učini da se desi slučaj **p**. Može se to reći i ovako: Za svako **p** iz svijeta W postoji neko **r** iz tog svijeta koji dokazuje istinitost iskaza **p**, a ovaj omogućava spoznaju činioca **a** za svaku alternativu koja može da se dogodi u tom svijetu. Vidi se da je, zapravo, **r** potreban uslov za **p**, tj. **p** će se desiti pod uslovom **r**.

Ako se dublje posmatra iskazna formula u njoj se uočavaju i iskazni simbol **P** i **I**. Simbol **P** se može koristiti u smislu "istinito", tj. da neki iskaz vrijedi, a ako nešto "treba da" bude slučaj može se označiti sa O. Istina slučaja **p** je neophodan uslov da se desi spoznaja činioca **a**. Da bi nešto bio slučaj ili "obavezno", potreban je neophodan uslov za određenu "stvar" **I**. Dakle, **I** je iskazna konstanta, a ne promijenljiva.

U opštem slučaju neophodan uslov neophodnog prijedloga nije neophodan uslov istinitosti tog prijedloga, nego njegove neophodnosti i zavisi od toga da li je moguć ili ne. Iskaz $P_p \& P_q$ je ekvivalentan sa P(pVq), tj. vrijedi slučaj **p** ili slučaj **q** ako i samo ako može biti slučaj **p**, ali takođe može biti i slučaj **q**. U iskaznoj formuli postoji P_{pr} , što znači da važi i **p** i **r**, s tim da **p** vrijedi pod uslovom ispunjenja **r.**[13]

Dakle, dizajn programa zavisi od cilja koji se želi postići, kao i od sredine u kojoj agent treba da djeluje, a sredina može biti realna i vještačka.

4. MODELOVANJE DINAMIKE IZVRŠENJA DOGAĐAJA U PROCESNIM STRUKTURAMA SAOBRAĆAJNE INSPEKCIJE

Kod modela upravljanja poslovima saobraćajne inspekcije pored koncepata koji opisuju objekte inspekcijskog nadzora uvode se i konceprti za opis dinamike izvršavanja događaja u inspekcijskim procesima: akcija, aktivnost, tip događaja, transakcija-transakcioni događaji, lokacija, interval vremena izvršenja događaja itd.

Akcija (action) je izraz kojim se opisuje neka funkcija sistema. Rezultat akcije može biti promjena stanja sistema, koja se, na primjer, realizuje slanjem poruke nekom objektu u sistemu i modifikacijom vrijednosti atributa posmatranog objekta. Prema [3,5] „akcija je jednopotezna aktivnost na „liniji kretanja" sistema ili objekta". Istovremeno, „akcija je promjena vrijednosti atributa nekog entiteta odnosno objekta". Kod korisničke akcije u digitalnom procesirnju podataka to uključuje izbor neke stavke iz računarskog menija (klik miša, pomjeranje kursora i sl.). U kontekstu digitalnog informacionog procesiranja „akcija je bilo koji program koji može da uključuje operacije nad bazom podataka i implicitno ili eksplicitno generiše nove događaje" [3,5]. Sa druge strane „aktivnost je skup događaja koji mijenjaju stanje jednog ili više entiteta" [3, 5], a svaku promjenu stanja prati prelaz tog entiteta iz jednog u drugo stanje. Trajanje aktivnosti se može unaprijed definisati, ali može da zavisi i od ispunjenja nekih uslova u modelu, tako da je vrijeme završetka takve aktivnosti nepoznato.

Događaj predstavlja „diskretnu promjenu stanja entiteta u sistemu ili njegovom okruženju". Između dva uzastopna događaja stanje sistema se ne mijenja. Događaj može nastupiti zbog ulaska/izlaska privremenog entiteta u, odnosno iz sistema (primjer je ulazak novog putnika u autobus, izlazak putnika iz autobusa) ili zbog promjene atributa pojedinih objekata sistema (primjer je prevozno sredstvo u sistemu transporta postaje slobodno ili zauzeto za operacije prevoza putnika). Događaji su rigidni ili uslovni i mogu da nastupe tek kada je ispunjen uslov njihovog nastupanja. Obično su povezani sa zauzimanjem nekog resursa, odnosno sa početkom aktivnosti. Suprotno tome su fleksibilni ili bezuslovni događaji kod kojih je jedini uslov da tekuće vrijeme obrade bude jednako vremenu njegovog nastupanja. To je, po pravilu, planirano vrijeme završetka neke aktivnosti. Obično su povezani sa oslobađanjem resursa koji su bili aktivirani u toku trajanja aktivnosti [3,14].

Prema [14] događaj **e** je definisan kao:

$$e = (E, A, T, Th, P, L, z, I) \tag{2}$$

gdje E označava tip događaja, **e**∈E{poslovni, obrazovni-učenje, društveni, porodični, zabavni, lični, transportni, hazardni-rušilački};

- A predstavlja aktivnost, **a**∈A_{cte} gdje je A_{cte} skup aktivnosti koje pripadaju tipu događaja e

- T je vremenski interval, **t**=(S_t,S_t+D_{ur}), S_t je početna tačka, D_{ur} je trajanje; t_h označava fleksibilnost događaja, t_h∈{rigidan-krut, fleksibilan}.

Vremenski intervali rigidnih događaja moraju se striktno poštovati, što je važna karakteristika sistema javnog gradskog transporta putnika, jer se po definisanom-rigidnom intervalu planira red vožnje, dok se vremenski intervali fleksibilnih događaja mogu prilagoditi prema određenim zahtjevima ili uticajima iz okoline sistema;

- P predstavlja domaćina i učesnika, $p=(p_{host},p_{part})$, u kome - p_{host} označava domaćina u skupu p_{host} domaćina svih događaja, tj. $p_{host} \in p_{host}$;

- p_{part} je učesnik-participant u skupu p_{part} svih učesnika događaja, odnosno, $p_{part} \in p_{part}$;

- L označava lokaciju, $L=(L_{name},L_{long}, L_{la})$,

- L_{name}, je naziv, L_{long} je geografska dužina, L_{la} je geografska širina lokacije;

- z označava periodičnost, z∈{jednom, svakog dana, svake sedmice, svakog mjeseca, svake godine}

- I je simbol koji predstavlja važnost događaja, i∈{važno, normalno}

U konvencionalnom značenju događaj se može definisati kao „percepcija određenog zbivanja, doživljaja, posmatranog toka, procesa ili strukture u izvjesnim društvenim kontekstima“, odnosno kao „percepcija ishoda operacija u eksperimentalnim kontekstima“. U statističkoj obradi podataka riječ događaj se koristi za opis nekog statističkog izraza. U teoriji vjerovatnoće i informacionoj teoriji događaji se klasifikuju kao sigurni, nemogući ili nepredvidivi-slučajni. Posebna instanca nepredvidivih ili slučajnih događaja su disruptivni ili hazardni koji su značajni i kod istraživanja transportnih sistema i procesa jer frekventno proizvode izuzetno teške biološke, tehničke, tehnološke, ekonomske, socijalne, mentalne, psihološke i druge posljedice za učesnike u saobraćaju i u transportnim mrežama.

Zbog toga, u efikasnom upravljanju događajima značajan uticaj imaju monitoring, detekcija i upravljanje događajima u tokovima saobraćaja i transportnim procesima. Pogodna teorijsko-metodološka osnova za upravljanje događajima mogu biti adaptirani modeli sistema SNEM (Supply Network Event Management).

Prethodno pomenuti prelazi pri promjeni stanja u eksploataciji transportnih sistema, pored krutih-rigidnih ili fleksibilnih mogu biti i transaktivni događaji. Transakcija predstavlja prelaz sistema iz trenutnog stanja u novo, promijenjeno stanje. Ta promjena stanja uslovljena je nekim događajem koji se može desiti u okviru sistema ili može predstavljati poruku proslijeđenu od strane spoljašnjeg uticaja ili korisnika sistema. U uslužnim sistemima, u koje spadaju i transportni sistemi, frekventno se izvode elektronske transakcije koje su danas široko zastupljene u sistemima naplate troškova transportne usluge.

E-transakcije su primitivni događaji u prenosu vrijednosnih i informacionih jedinica ili vrijednosnih dokumenata kroz mrežu. U pravilu se izvode kao periodične finansijske, računovodstvene i druge rutinske akcije u sklopu procesa ili zadataka sa ponavljajućim procesiranjem informacija. Za to procesiranje najčešće se koristi softverska aplikacija u sistemu procesiranja transakcija TPS (Transaction Processing Systems). TPS je informacioni sistem (IS) koji podržava informaciono procesiranje [3, 5] uz zadovoljavanje uslova konzistentnosti baza podataka. To znači da stanja baze podataka prije i poslije transakcije moraju biti konzistentna pa se u tom kontekstu E-transakcija može definisati kao „jedinica konzistentnosti“ baze podataka.

Uslov konzistentnosti transakcije je ispunjen kada su njeni efekti sačuvani u bazi podataka, tj. efekti transakcije se nemogu izgubiti nakon njenog izvršenja, čak i u slučaju kada se desi neki ozbiljan otkaz informacionog sistema ili aktivnog procesa operativnog sistema. Pored toga, konzistentost označava i međusobnu izolovanost efekata u slučaju kada se dvije ili više transakcija izvršavaju istovremeno.

Ukratko, e-transakcija je elektronska razmjena informacionih, vrijednosnih i tehničkih dokumenata ili poruka koje prate robu, novac i usluge u prometu, u on-line bankarstvu pomoću on-line servisa, virtuelnom bankarstvu i drugim modelima komunikacije u e-poslovanju između učesnika preko računarskih mreža.

Sredstva pomoću kojih se realizuju bankarske transakcije su elektronski ili digitali novac, e-čekovi, e-kreditne kartice, šifrovane kreditne kartice, plaćanje putem potvrde treće strane ..

Modeli plaćanja u e-poslovnim transakcijama realizuju se u sukcesivnim transakcijskim događajima *cash-like – pretplata, suma novca se uzima od kupca prije nego što se trgovina obavi. Instrumenti su Smart card, bankovni čekovi;

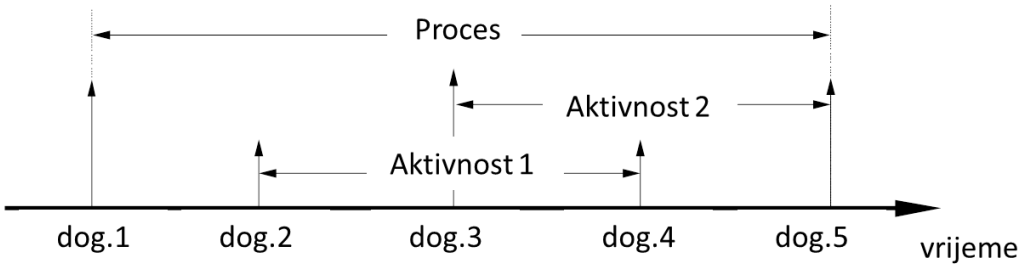
*check-like – plaćanje se obavlja u trnasakcijskim događajima

- pay-now: u trenutku kupovine (bankomati, ATM-Automated teller mashine) ili

- pay-later : po obavljenoj kupovini (sistem kreditnih kartica).

U komunikacijskom procesu ljudskih agenata pojam transakcija označava jedinicu interpersonalne interakcije. Jedan agent (ili osoba), komunicirajući sa dugim daje stimulus ili transakcionu draž a za uzvrat od drugog dobija transakcioni odgovor.

Proces je niz uzastopnih, logički povezanih događaja kroz koje prolazi neki privremeni objekat (primjer je autobus na liniji transporta putnika). Drugim riječima, proces je hronološki uređena sekvenca događaja koja opisuje jednu pojavu od nastajanja do terminiranja ili transakcionih događaja u interakcionom polju agenata.



Slika 2. Odnos akcija, aktivnosti, događaja i procesa

5. DNEVNIK IZVRŠENJA DOGAĐAJA

Dnevnik izvršenja događaja (E) se poredi sa modelom poslovnih procesa iz postojećeg Informacionog sistema koji u svom radu koristi saobraćajna inspekcija. Kao što je već rečeno, tip događaja može biti poslovni, društveni, obrazovni, fleksibilni ili bezuslovni, rigidni ili uslovni, hazardni ili rušilački, sigurni, nemogući ili slučajni, transakcijski događaj, događaj saobraćajne nezgode, događaj kriminalnih radnji i dr.

Izvršilac: _____ Datum:_____

(E) TIP događaja	(A) AKTIVNOST Skup aktivnosti	(T) TRAJANJE Interval vremena	(P) DOMAĆIN učesnik	(O)OBJEKAT inspeksijskih aktivnosti	(L) LOKACIJA objekat	(z) PERIODIČNOST događaja	(I) ZNAČAJ događaja

Slika 3. Dnevnik izvršenja događaja

Dnevnik izvršenja događaja se kreira od skupa instanci procesa [14] (pojedinačni događaji (e1, e2, e3,) u E, akcije-(Ao,a, b,c,) kao jednopotezne aktivnosti koja menja vrednosti atributa objekta, pojedinačne aktivnosti (a1, a2, a3,..) u skup A, vremenski interval izvršenja(trajanje sa registrovanim početkom i završetkom), utrošeni resursi (informacioni, fizički, energetski, finansijski, društveni, medijski,), korištene tehnike (anketa, saslušanje, intervju, konverzacijski dijalog, pisana beleška, on-sajt posmatarnje (uviđaj na licu mesta), instrumenti (upitnici, aketni listovi, apleti, aplikacije, softveri, kamere, senzori, tehnički mjerni instrumenti, kontrolne standardne norme, zakoni, uredbe, pravilnici, naredbe, narudžbe, priznanice, identifikacioni dokumenti) i metode (analize, sinteze, indukcije, dedukcije, vizuelizacije podataka, algoritmizacije tokova, ispisivanja putanje dnevnika izvršenja događaja,) za izvršenje poslovnog procesa, drugi elementi iz događaja), slučajevi procesa unutar kojih se događaj izvršava).

- Slučaj se sastoji od sekvence događaja [14] (e1,2,3,..n) koji su izvršeni u okviru jedne pojave procesa. Značaj događaja podrazumijeva da je prost, složen ili kompleksan, začajan u određenom tipu događaja ili je normalan slučaj.

- Periodičnost može biti iskazana sa frekvencijom: jednom, svakog dana, svake sedmice, svakog mjeseca, svake godine.

- U izradi dnevnika sekvancijalno se bilježe podaci o domaćinu-subjektu ili instituciji za koju se događaj vezuje, objektu ispekcijskih aktivnosti u procesnoj strukturi i svim parametrima lokacije događaja-mjesto, ulica i broj,

determinacija lokacijskih dimenzija objekta na lokaciji, tako da svaki događaj odgovara pojedinačnoj aktivnosti odnosno dobro definisanom koraku procesa.

- Svaki događaj pripada određenom slučaju procesa odnosno instanci izvršenja posla.

- Kod izrade dnevnika izvršenja događaja mogu se pojaviti problemi kvaliteta podataka koji označavaju nedostajuće podatke (koji se odnose na slučaj, događaj-kao „raštrkani događaj“, vezu između događaja kao „neuhvatljiv slučaj“ naziv aktivnosti, atributi slučajnog događaja, vremenska odrednica, netačne podatke, neprecizne podatke, irelevantne podatke (vezani za slučaj, količinu podataka, događaj i kolateralni događaj, nivo detaljnosti događaja, kompleksnost i klasterovanje putanja u izvršenju događaja).

6. ZAKLJUČAK

Na izabranom području istraživanje poslova saobraćajne inspekcije nije vršeno uz primjenu nekog razvijenog naučnog metoda specijalno prilagođenog za tu svrhu. Neki statistički podaci ukazuju samo na performansne vrijednosti varijabli koje su propisane određenim zakonskim normama, internim pravilima ili uredbama koje nisu prošle kroz naučnoistraživačku verifikaciju. U radu je prikazan jedan originalan pristup izučavanja dinamike izvršenja događaja u procesnim strukturama poslova saobraćajne inspekcije koji uvezuje u sistemsku cjelinu čovjeka, tehnologiju,, procese i okolinu preko koherentnog sistema naučnog znanja. Ciljna orijentacija je na stvaranju baze znanja standardizovanih poslova, zadataka i procedura saobraćajne inspekcije preko povezanih podataka o tipu događaja, aktivnostima, izvršiocima, objektima, lokacijama, značaju i periodičnosti pojedinih tipova događaja u prostim, složenim i kompleksnim inspekcijskim poslovima i procesima. U tu svrhu konstruisan je Dnevnik izvršenja događaja koji će omogućiti da se ti podaci povežu u koherentan sistem i da se baza podataka unaprijeđenog informacionog sistema koristi za automatizaciju procesa saobraćajne inspekcije. Konačan cilj je povećanje efektivnosti i efikasnosti u radu saobračajne inspekcije na zadacima razvoja saobraćajnog sistema i Sistema bezbjednosti drumskog saobraćaja u Republici Srpskoj BiH.

7. LITERATURA

[1] Milorad K. Banjanin, Aleksandar Đukić, Mirko Stojčić, Milan Vasiljević, „Machine learning models in the classification and evaluation of traffic inspection jobs in road traffic and transport,“ 13. International Scientific Conference SED 2023.

[2] Durkheim, E. and P. Fauconnet (1903/1982). Sociology and the social sciences. In: Durkheim (1895/1982a), pp. 175-208.

[3] Milorad Banjanin, Zoran Ćurguz, Aleksandar Đukić, Mirko Stojčić, (2022) „Metodološko-istraživački aspekti digitalnog tretmana velikih podataka u naučnoj komunikaciji“ Godišnjak Srpske akademije obrazovanja SAO2022, Beograd

[4] A. Đukić, R. Bjelošević, M. Stojčić, M. K. Banjanin, “Network Model of Multiagent Communication of Traffic Inspection for Supervision and Control of Passenger Transportation in Road and City Traffic”, Croatian Society for Information, Communication and Electronic Technology – MIPRO, MIPRO 2023 - 46th Convention, Croatia, Opatija, 22 - 26 May 2023 (paper accepted).

[5] Banjanin M, Gojković P. (2009), Analitičke procedure u inženjerskim disciplinama,(2009) Univerzitet u Istočnom Sarajevu-Saobraćajni fakultet, Doboj, stranica 442, UDK COBISS.BH-ID 781336, ISBN 978-99955-36-07-7

[6] M. Banjanin, M. Vasiljević, I. Milanović: " Baze znanja softverskih agenata zasnovane na Karnapovim Q- predikatima i Bajesovoj formuli", Šesta matematička konferencija Republike Srpske, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Filozofski fakultet, Pale, 2016.

[7] M. Stojčić, M. Banjanin, E.Đuić: " Digitalizacija prostornih podataka primenom Nikvist- Šenonove teoreme uzorkovanja signala", Treća matematička konferencija Republike Srpske, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet za proizvodnju i menadžment , Trebinje, 2013.

[8] Banjanin M. „Multiagentna komunikacija u kontekstu inteligentnih transportnih sistema“ / XVI Telekomunikacioni forum TELFOR 2008. – Vol. 16, No. 1, str. 37–40. Elektrotehnički fakultet , Beograd, 2008, [9] T. Fourez, N. Verstaevel, F. Migeon, F. Schettini and F. Amblard, „An ensemble Multi-Agent System for non-linear classification“, arXiv preprint arXiv:2209.06824, 2022

[10] https://www.projectpro.io/article/bagging-vs-boosting-in-machine-learning/579 (01.05.2023.)

[11] D. Davidson. „Subjective, Intersubjective, Objective“. Oxford University Press, 2001.

[12] B. Žanić. U perspektivi dinamične semantike: valjanost praktičnog zaključka, University of Split, January 2005.

[13] .M. Vasiljević, I. Milanović, M. Banjanin: " Ontološka analiza semantičke korektnosti Hilpineove jednačine naučnog znanja", Peta matematička konferencija Republike Srpske, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet za proizvodnju i menadžment , Trebinje, 2015.

[14] Jiahua Tang 1,Du Zhang 1,,Xibin Sun 2 andHaiou Qin 3, Improving Temporal Event Scheduling through STEP Perpetual Learning, Sustainability 2022, 14(23), 16178; https://doi.org/10.3390/su142316178*

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

APPLICATION OF DIGITAL SOLUTIONS IN POSTAL SERVICES

PRIMENA DIGITALNIH REŠENJA U OBLASTI POŠTANSKOG SAOBRAĆAJA

Biljana Grgurović[a], Slavica Radosavljenić[a], Jelena Milutinović[a], Stevan Veličković[a]

[a] Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Department of High School of Information and Communication Technologies, Zdravka Čelara 16, Belgrade 11000, Serbia, biljana.grgurovic@ict.edu.rs, slavica.radosavljevic@ict.edu.rs, jelena.milutinovic@ict.edu.rs, stevan.velickovic@ict.edu.rs

Abstract: *The traditional role of postal operators is changing. The default high competition from private courier companies is supplemented by another type of competition - digital alternatives. Aside from the possibility of the loss of a part of the market, cost-effectiveness is one of the main drivers of digitalization. Although the use of new technologies is never a low investment to begin with, it justifies its use in the long term. The authors aim to present an overview of the possibilities of moving digital transformations from the danger zone into the zone that simplifies and improves the work of postal systems and allows them to remain relevant factors in the industry. Based on several trends that have emerged in the postal industries in developed countries, as well as based on the current method of operations of postal operators in Serbia, the paper offers suggestions for new technologies that could be applied in this area.*

Key words: *postal services, digital transformation*

Apstrakt*: Tradicionalna uloga poštanskih operatora se menja. Podrazumevajuća konkurencija privatnih kurirskih kompanija dopunjena je još jednim vidom konkurencije – digitalnim alternativama. Osim mogućnosti gubitka dela tržišta, uštede su jedan od dominantnih pokretača digitalizacije. Iako upotreba novih tehnologija nikada u startu nije jeftina, ona dugoročno opravdava svoju upotrebu. Autori u radu daju prikaz mogućnosti kako se digitalne transformacije mogu iz zone opasnosti prevesti u zonu koja olakšava i unapređuje rad poštanskih sistema i omogućava im da ostanu relevantni faktori na ovom tržištu. Na osnovu nekoliko trendova koji su se pojavili u poštanskoj industriji razvijenih zemalja, kao i na osnovu trenutnog načina funkcionisanja poštanskih operatora u Srbiji, u radu su dati predlozi novih tehnologija koje bi se mogle primeniti na ovom području.*

Ključne reči: *poštanski saobraćaj, digitalna transformacija*

1. UVOD

Kako se poštanski operatori stalno takmiče u pridobijanju korisnika u današnjem visoko inovativnom i globalnom okruženju, mogućnost zauzimanja novih tržišta u ovoj industriji postaje sve složenija. Najnovija tehnološka dostignuća pružaju nove opcije i doprinose dizajnu i razvoju novih proizvoda/usluga. Prema istraživanjima, svetsko tržište digitalne transformacije će do 2025. godine vredeti 798 milijardi dolara (Project ICT Hub Belgrade: Playground of Innovations, 2018). Ideja proaktivnosti u savremnom procesu poslovanja podrazumeva unapred predviđanje potrebe kupaca, identifikovanje prilike za unapređenje i jasno definisanje rešenja pre nego što kupci čak i zatraže. Time se stavlja do znanja da je poslovanje usmereno na izgradnju dugoročnih odnosa sa kupcima, povećanje prodaje i poboljšanje ukupnog iskustva kupca.

Digitalna transformacija, prema (The Enterprisers Project, n.d.), predstavlja integraciju digitalne tehnologije u sve oblasti poslovanja. Definicija je prilično jednostavna, ali prirodan izazov u ovom procesu jeste činjenica da je transformacija ta koja redovno dovodi u pitanje trenutno stanje, terajući ga na rast, razvoj i inoviranje. To praktično znači odbacivanje dugogodišnje tradicionalne prakse i prihvatanje stalnih promena.

Digitalna transformacija se ne može više posmatrati samo kao ideja ili ideal. Vanredne okolnosti, poput pandemije COVID 19, ukazuju na značaj i neminovnost prisustva kompanija u digitalnom okruženju. Iako je COVID-19 bio poremećaj koji je ubrzao pokretanju digitalne transformacije, postoje i drugi razlozi zbog kojih tradicionalno poslovanje treba da se transformiše u digitalno (Deloitte Digital, n.d).

Planiranje digitalizacije poštanskog sistema može se definisati kao proces koji vodi ka potpunoj optimizaciji poštansko-logističkih-transportnih aktivnosti – koje sprovode operatori – uz podršku novih tehnologija i definisanjem zajedničkih operacija, prioriteta i mogućih mera. Proces sprovođenja digitalizacije je značajan izazov za većinu provajdera poštansko-logističkih usluga, a posebno onih koji već na početku te transformacije zaostaju u primenjenoj tehnologiji. U cilju sagledavanja postojećih prepreka, postavljenih zahteva i nekih od mogućih rešenja u radu su opisani aspekti transformacije, razlozi i zahtevani preduslovi transformacije u ovoj oblasti. Opštim metodološkim pristupom analizirana je dostupna literatura iz ovog područja, predstavljeni su preduslovi i naznačeni mogući prvi koraci za digitalnu transformaciju javnog poštanskog operatora u Srbiji.

2. ASPEKTI TRANSFORMACIJE

Ključne aspekte transformacije poštansko-logističkih sistema možemo posmatrati na različite načine. Autori su se vodili aspektima koji se najčešće pojavljuju kao izazov u izmeni načina poslovanja u ovoj oblasti.

Automatizacija procesa. Savremeno poštansko-logističko poslovanje često uključuje automatizaciju različitih procesa, kao što su praćenje zaliha, upravljanje porudžbinama i planiranje ruta dostave (Ala-Risku i dr., 2010). Ovo pomaže u eliminisanju moguće ljudske greške, povećanju efikasnosti i smanjenju troškova (Seghezzi i dr., 2022).

Inovativna rešenja i autonomne tehnologije. Implementacija tehnoloških rešenja, kao što su pametni uređaji za praćenje, IoT (Internet of Things), veštačka inteligencija i analitika podataka, omogućava bolje upravljanje poštansko-logističkim procesima. Inovativnim rešenjima dolazi se do ideja kako poboljšati poštansko-logističke procese, kao što su praćenje pošiljki putem IoT uređaja ili primena veštačke inteligencije za bolje upravljanje zalihama (Song i dr., 2021; Woschank i dr., 2020). Automatizacija, robotika i autonomna vozila mogu se ugraditi u poštansko-logistički proces kako bi se poboljšala efikasnost, tačnost i brzina kroz optimizaciju ruta, bolje upravljanje zalihama i brže reagovanje na promene.

E-trgovina i e-logistika. S porastom e-trgovine, logistički sektor se takođe mora prilagoditi. To uključuje razvoj brže i pouzdanije isporuke, kao i praćenje porudžbina u realnom vremenu (Zennar i dr. 2022). Praćenje i vidljivost u realnom vremenu doprinosi informisanju kupaca o vremenu dostave, kao i o eventualnim izmenama vezanim za njihove porudžbine. Ovo omogućava kupcima da prate status i lokaciju svojih pošiljki, smanjujući zabrinutost oko isporuke i poboljšavajući sveukupno iskustvo. Pored toga, pružanje pravovremenih informacija i savetovanje kupaca o promenama u zakonodavstvu ili regulativama, mogu uticati na logističke operacije, omogućavajući pravovremene pripreme. Prodavac može delovati kao savetnik kupcu, pružajući mu stručne savete o optimizaciji logističkih procesa i smanjenju troškova.

Održivost. Transformacijom poštansko-logističkih procesa prelazi se na održive prakse radi smanjenja uticaja na životnu sredinu. Pored korišćenja električnih vozila, ekološki prihvatljivo pakovanje i zelena logistička rešenja dobijaju sve značajnu ulogu. Optimizacija ruta i isporuka organizovana i praćena poštansko-logističkim platformama osigurava bržu i isplativiju isporuku (Golinska-Dawson i dr., 2023). Uzimajući u obzir faktore kao što su saobraćajni uslovi, vremenske prilike i odredišta za isporuku, prodavci mogu da smanje vreme isporuke i troškove goriva. Savremeno poštansko-logističko poslovanje sve više postavlja naglasak na održivost (Stank i dr., 2019), što znači smanjenje emisija ugljenika, upotrebu ekološki prihvatljivih pakovanja i transportnih sredstava, kao i bolje upravljanje otpadom.

Saradnja i povezivanje. U savremenom poslovnom okruženju, poštanske i logističke kompanije često sarađuju s drugim akterima u lancu snabdevanja kako bi poboljšale efikasnost. To uključuje bolju komunikaciju s dobavljačima, trgovcima i drugim partnerima. Efikasna komunikacija je ključna u logistici. Saradnja sa pouzdanim partnerima omogućuje nesmetano kretanje pošiljki i robe. Ovo uključuje deljenje podataka i uvid u optimizaciju celog lanca snabdevanja (Marchet i dr., 2017a). Proaktivnost poštansko-logističkog sistema sastoji se u obaveštavanju korisnika o njihovim uslugama ili porudžbinama putem različitih kanala, kao što su obaveštenja putem e-pošte i SMS-a. Pružalac usluge (provajder ili prodavac) treba da bude spreman da brzo reaguje na bilo kakve probleme ili izazove sa isporukama ili logistikom kako bi minimizirao negativne efekte na kupca.

Prediktivna analitika sa prilagođavanjem ponuda. Koristeći istorijske podatke i algoritme mašinskog učenja, pružaoci poštansko-logističkih usluga mogu predvideti potencijalna kašnjenja ili poremećaje isporuke. Identifikovanjem obrazaca i trendova, oni mogu da preduzmu preventivne mere kako bi minimizirali ili u potpunosti izbegli probleme. Na osnovu prethodnih interakcija i potreba kupca, pružalac usluga (provajder ili prodavac) može kreirati personalizovane ponude i rešenja koja će najbolje odgovarati njihovim specifičnim zahtevima. Veoma važan aspekt predstavlja upravljanje izuzecima, kada se sistemski predviđaju procesi za rešavanje izuzetaka, kao što su odložene isporuke ili oštećena roba (Birkel i dr., 2020). Procedure ovih slučajeva zahtevaju brzu komunikaciju sa kupcima i obezbeđenje odgovarajućih rešenja kako bi se minimizirali bilo kakvi negativni uticaji na korisničko iskustvo.

Prilagodljivost. Savremeno poštansko-logističko poslovanje zahteva visok nivo prilagodljivosti kako bi se brzo reagovalo na promene u tržištu. Pre svega dobro definisanje sistema za upravljanje zalihama omogućuje optimalne nivoe zaliha. Ovi sistemi mogu automatski pokrenuti tačke ponovnog naručivanja i pomoći u sprečavanju zastoja ili situacija prevelikih zaliha (Leończuk i dr., 2019). Pored uobičajenog poslovanja potrebno je reagovati i na neočekivane događaje kao što su prirodne katastrofe ili pandemije (Rozhkov i dr., 2022).

Podaci i analitika. Prikupljanje i analiza podataka igraju ključnu ulogu u optimizaciji poslovnih procesa. Ovo omogućava bolje razumevanje potreba kupaca, praćenje performansi i identifikaciju oblasti za poboljšanje. Analizom podataka o performansama logistike identifikuju se oblasti poboljšanja (Praet i Martens, 2020). Implementacijom promena i optimizacije kontinuirano se unapređuje celokupni poštansko-logistički proces. Građenjem dugoročnih odnosa sa kupcima, razvija se poverenje i kontinuirano radi na unapređenju poštansko-logističkih procesa.

3. RAZLOZI I PREDUSLOVI DIGITALNE TRANSFORMACIJE U POŠTANSKOM SEKTORU

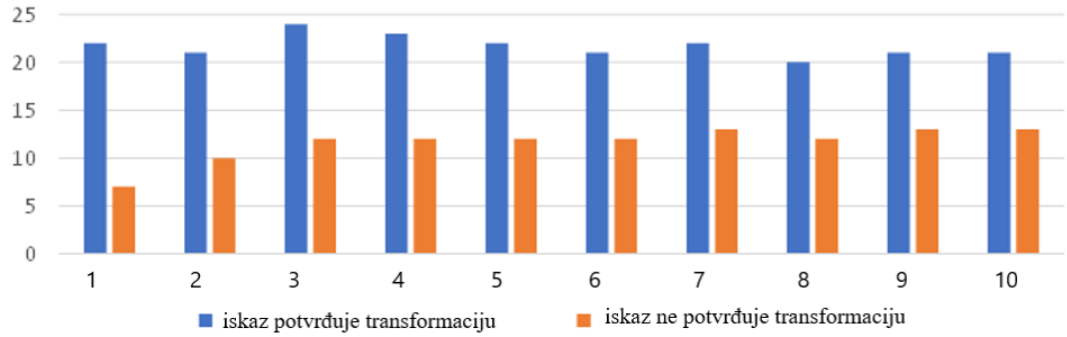
Uštede su jedan od dominantnih pokretača digitalizacije. Iako upotreba novih tehnologija nikada u startu nije jeftina, ona dugoročno opravdava svoju upotrebu.

Sve veći broj kompanija uključuje se u održive prakse. Poznato je da milenijalci (generacija Y) i generacija Z, koji preuzimaju potrošački prostor, daju prednost preduzećima koja podržavaju društvene i ekološke ciljeve. Sa svojim zahtevima i visokim očekivanjima, milenijalci su jedna od najvažnijih tržišnih niša, jer oni imaju sve veću kupovnu moć i sposobnost uticaja na njihove prijatelje i porodicu. Milenijalci generalno nisu lojalni brendovima, ali mogu postati ljubitelji brendova ako su njihova očekivanja ispunjena. Oni su digitalni urođenici, brza generacija i „uvek uključeni“ kupci, žele da imaju sve, bilo kada, bilo gde. Frustrirani su ako rade za poslodavca koji ne pruža nikakve ažurirane uređaje, ako spavaju u hotelu koji nema dobru internet vezu, ako kupuju u supermarketu kome nedostaje samouslužna kasa, ako prisustvuju događaju za koji je potrebna štampana karta, ako ih finansijski izveštaji čekaju u banci, ako treba da budu dostupni tokom radnog vremena za preuzimanje paketa, itd. Čekanje kao pojam nije u više u rečniku. Generacije koje slede milenijalce biće još više sjedinjene sa dostupnim tehnologijama.

Devalvacija fizičke adrese je očigledna. Sa porastom zanimanja nezavisnih od lokacije i „radnih stanica“, sve je veći broj onih koji više nemaju striktno definisanu fizičku adresu (Augsburg, 2022).

U ovom kontekstu, uloga provajdere poštansko-logističkih usluga je značajna i podrazumeva olakšavanje omni-kanal interakcije i komunikacije među ljudima, uz minimiziranje njihovog ekološkog otiska. Kao razlozi se mogu navesti i potreba za unapređenjem ključnih procesa i sistema, konkurentskim pozicioniranjem, otpornošći na buduća dešavanja, povećanjem sigurnosti, ali sve to je posledica usaglašavanja sa potrebama i željama nove generacije korisnika.

Istraživanje (McKinsey & Company, 2018) otkrilo je da je stopa uspeha transformacije relativno niska i kreće se oko jedne trećine, ali kada su ključni faktori postavljeni dobro, ispitanici su do tri puta jače uvideli uspešnu digitalnu transformaciju (slika 1). Međutim, dalja studija je otkrila da i drugi faktori utiču na ovu stopu, uključujući nedostatak investicija i posvećenosti digitalnoj transformaciji. Prema (McKinsey & Company, 2018) uspešne kompanije su u stvari one koje primenjuju više tehnologija i koriste sofisticiranije tehnologije kao što su veštačka inteligencija, internet stvari i napredne tehnike neuronskog mašinskog učenja.



1 - menadžment je postavio jasne osnove transformacije; 2 – digitalni alati omogućavaju bolji pristup informacijama u celoj organizaciji; 3 –korišćenje digitalne samouslužne tehnologije od strane zaposlenih i/ili poslovnih partnera; 4 - menadžeri podstiču značaj digitalne transformacije; 5 – ljudi na ključnim mestima su obezbedili saradnju između delova preduzeća vezanu za transformaciju; 6 – izvršena je modifikacija standardnih procedura kako bi bile uključene digitalne tehnologije; 7 – viši rukovodioci su podstaknuti da eksperimentišu sa novim idejama; 8 - zaposleni na ključnim mestima su podstaknuti da pronađu nedostatke u starom načinu rada; 9 – zaposleni na ključnim mestima su više uključeni u razvoj nego tokom ranijih inicijativa; 10 – viši menadžeri su obezbedili saradnju između jedinica na inicijativama za transformaciju

Slika 1. Prikaz uspešnosti faktora digitalne transformacije, prema (McKinsey & Company, 2018)

Ešerov (Esher, 2021) izveštaj o budućnosti pošte govori o trendovima koji su se pojavili u poštanskoj industriji od početka pandemije. Najizraženiji su postojani potencijal e-trgovine, povećan značaj podataka i funkcija samoposluživanja, kao i rast broja aplikacija za poštanske usluge. Iako postoje brojni izazovi u poštanskoj industriji, postoji isto toliko, ako ne i više, rešenja. Takođe, u izveštaju se navodi i kontinuirani problem sa uručenjem pošiljaka u međunarodnom saobraćaju, kao i pojačan pritisak na potrebu realizacije digitalne transformacije.

Da bi se govorilo o digitalnoj transformaciji u bilo kojoj oblasti, pa i u poštanskom saobraćaju, neophodno je paralelno realizovati transformaciju procesa, transformaciju radnih operacija i transformaciju odnosa sa korisnicima i zaposlenim kao njenim glavnim komponentama.

Jedna transakciona promena nije transformacija procesa. To je samo noviji način da se uradi ista stvar. Kako stvarno transformisati proces da bi se posao obavio efikasnije? Jedno od rešenja je onlajn platforma koja štedi vreme, prostor, uloženi živi rad, doprinosi efikasnosti. Kao primer može poslužiti digitalno poštansko sanduče, kome mogu pristupiti samo korisnici sa eID-om. Bezbednije je od e-pošte i omogućava razmenu informacija bez neželjenih poruka. Prednost ovakvog načina komunikacije sa svojim korisnicima već su uvidele mnoge vlade (npr. irska vlada) kao i kompanije (npr. Danske Bank) čiji je sadržaj dostupan članovima na mreži.

Kancelarijski način poslovanja i realizacije radnih operacija moguće je ubrzati primenom digitalnih rešenja. Poboljšanje angažovanja zaposlenih i ubrzavanje procesa sprovođenja konkretnih oparacija postiže se kroz olakšan pristup svim relevantnim informacijama koje su neophodne zaposlenim u svakodnevnom poslovanju, eliminisanje komplikovanih radnih operacija koje se stalno ponavljaju i omogućavanje zaposlenim da se fokusiraju na konkretne radne zadatke. Ovo se prvenstveno odnosi na pristup uputstvima, procedurama i pravilnicima, odnosno svim onim dokumentima koji definišu neku promenu. Ako je bilo šta promenjeno u realizaciji neke operacije, zaposleni ne sme biti doveden u poziciju pravljenja greške ili dodatnog utroška vremena na pronalaženje rešenja.

Podrazumeva se da su zaposleni obučeni za korišćenje digitalnih tehnologija, kao i da je predviđeni poslovni model prilagodljiv novim zahtevima poslovnog okruženja tako da omogućava kontinuiranu optimizaciju. Imperativ svega je da privatnost i sigurnost korisnika mora biti u potpunosti osigurana. U cilju unapređenja poslovanja, kompanije bi o klijentima trebalo da prikupe veliki broj informacija naročito onih koje bi se mogle iskoristiti za predviđanje korisničkog ponašanja (Čelik, 2021).

4. PREDLOG DIGITALNE TRANSFORMACIJE U POŠTANSKOM SAOBRAĆAJU SRBIJE

Zakoračiti u digitalnu sferu ne znači nužno da sve treba digitalizovati. Reč je o stvaranju novih mogućnosti i diverzifikaciji kroz digitalno ili hibridno okruženje koje bi predstavljalo sinergiju fizičkog i elektronskog. Umesto lansiranja potpuno nove digitalne pošte, poštanski sektor Srbije bi trebalo da se fokusira na neke ključne strateške prioritete i iskoristi postojeće resurse.

Procedura digitalne transformacije sigurno nije laka, posebno za javnog poštanskog operatora koji je često "zaglavljen" u tradicionalnom načinu poslovanja. U nastavku rada autori će dati predlog za par primera dobre prakse koji se mogu primeniti i na području Srbije.

4.1 Digitalno (virtuelno) poštansko sanduče

Kao i širom planete, tako i na području Republike Srbije, široka prihvaćenost elektronske pošte, društvenih mreža i mobilne tehnologije, dovela je do značajnog smanjenja obima pismonosnih pošiljaka što se može videti u izveštajima nadležnog regulatornog tela (Ratel, 2021). Iako izgleda da su fizička i digitalna pošta dve veoma različite stvari, postoji očigledna sinergija između njih. Postojeća infrastruktura i dalje može činiti okosnicu za komunikaciju između građana, kompanija i državne uprave.

Digitalno (virtuelno) poštansko sanduče podrazumeva digitalizovanu verziju poštanskih pošiljaka, koje se procesuiraju, sortiraju i skeniraju, kako bi bile isporučene korisnicima u elektronskom (najčešće .pdf ili .jpg) formatu, putem digitalnog medija (digitalnog poštanskog sandučeta). Korisnik može pogledati sadržaj pa se odlučiti na dalje korake, poput uništavanja, recikliranja ili prosleđivanja pošiljke na neku drugu adresu i sl. Korisnik je u mogućnosti da kontroliše svoje virtuelno sanduče bilo kada i bilo gde (7/24/365), ukoliko ima pristup internetu. Kako je sve više korisnika koji svoj posao obavljaju na daljinu i nemaju fizičke adrese firmi, nazire se velika prednost virtuelnog poštanskog sandučeta u odnosu na klasično poštansko sanduče, naročito po pitanju razdvajanja privatne od poslovne pošte. Fizički, ovo razdvajanje je moguće i zakupom poštanskih fah sandučića u jedinicama poštanske mreže, čime se ograničava vreme preuzimanja pošiljki na radno vreme same jedinice poštanske mreže, gde se fah nalazi. Naravno, digitalno poštansko sanduče može se koristiti kako za poslovnu tako i za privatnu poštu.

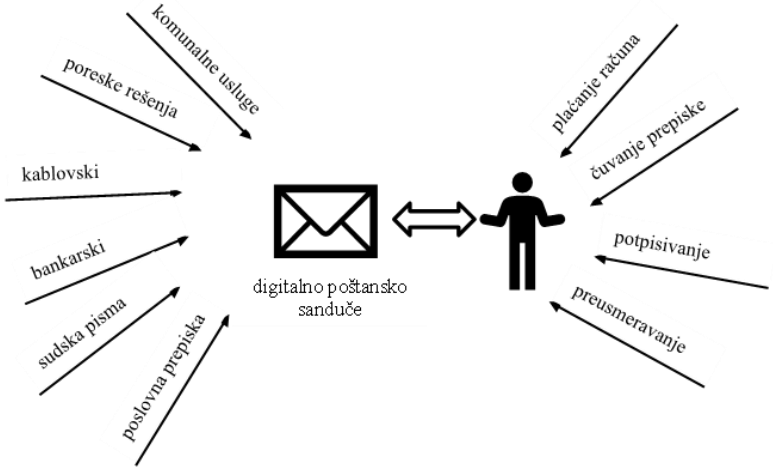
Sistem bezbednosti digitalnog poštanskog sandučeta podrazumeva autorizovani pristup i procedure rukovanja prispelom poštanskom pošiljkom, od ulaska u poštanski sistem, preko sortiranja, skeniranja do otvaranja i postupanja na osnovu uputstva korisnika.

Prednosti koje se ostvaruju upotrebom virtuelnog poštanskog sandučeta su brz, bezbedan i lak korisnički pristup; smanjena pojava neželjene pošte (spam); pojednostavljenje upravljanja svojom poštom; optimizacija troškova štampanja i pripreme papirnih dokumenata; ekološka prihvatljivost; mogućnost podešavnja više imena po nalogu, kao i mogućnost preusmeravanja pošiljaka.

Kada pričamo o primeni u poštanskom sistemu Srbije, možda nije dobro poređenje sa poštanskim sistemom na području Danske, koja raspolaže digitalnim poštanskim sandučićima više od 20 godina, ali ipak neki zaključci istraživanja sprovedenih na ovom području se mogu iskoristiti (Augsburg, 2023).

Usluge koje su klijentima potrebne su često mešavina digitalnih komunikacija i pisama. Pismonosna pošiljka nije samo pitanje zadovoljenja potreba preostale grupe stanovništva koja se nije digitalizovala. Ona je i dalje važna za poslovne klijente, a mogućnost veze sa fizičkom distribucijom je svakako prednost poštanskih operatora. Digitalno poštansko sanduče predstavlja "ulaz" fizičke poštanske mreže u kibernetički prostor.

Pošta Srbije na svom zvaničnom sajtu, u delu e-usluge, u ponudi ima samo dve podkategorije: Pošta net i Elektronski sertifikati i vremenski žigovi. Sa ovog mesta se može obezbediti i pristup isključivo verifikovanim korisnicima čija je privatnost zagarantovana sigurnoj platformi koja odgovara korporativnom vizuelnom identitetu kompanije. Ovakav bezbedni kanal za isporuku omogućavao bi korisnicima da vide, upravljaju i organizuju svoju digitalnu komunikaciju od više provajdera na jednoj lokaciji, putem jedne prijave, da na pojednostavljen način plaćaju račune, otpremaju i čuvaju dokumenata, primaju važna obaveštenja i podsetnike. To su samo neke su od mnogih prednosti povećane digitalne komunikacije vezane za optimizaciju vremena korisnika koje bi Pošta Srbije mogla da iskoristi. Prednosti postojeće infrastrukture se mogu koristiti i za pružanje agencijskih usluga kako državnom tako i privatnom sektoru u skladu sa ovlašćenjima dobijenim od nadležnog regulatornog tela.



Slika 2. Primena digitalnog poštanskog sandučeta

Već sada RJ "Hibridna pošta" koja funkcioniše u sklopu "Pošta Srbije" nudu usluge koje su kombinacija tradicionalne i elektronske usluge kroz tri objedinjena tehnološka procesa: informatička obrada; dizajn, priprema, štampa i dorada; uručenje gotovih grafičkih proizvoda (Pošta, 2023). Ako se uzme u obzir da je jedan od ključnih aspekata digitalne transformacije i održivost, taj aspekt bi bio zadovoljen time da se umesto papirne pošte koja se dostavlja na fizičku adresu u okviru ove RJ izvrši njeno preusmeravanje i omogući isporuka istog sadržaja putem digitalnog sandučeta. Kao velika prednost, pored brzine koja utiče na sveukupni kvalitet izvršenja usluge i sigurne isporuke, može se ponuditi i pojednostavljivanje radnih procesa u vezi sa plaćanjem računa ili potpisom dokumenta kvalifikovanim sertifikatom za elektronski potpis. Kao primer može poslužiti iskustvo ruske pošte koja ima razvijenu uslugu elektronskog preporučenog pisma koja podrazumeva da je čitanje takve e-pošte ekvivalentno uručenju pošiljke uz potpis.

4.2. Aplikacija za poštanske usluge

Mobilnu tehnologiju moguće je posmatrati i kao most između oflajn i onlajn sveta. Prema (Search Engine Watch, 2013) 50% svih mobilnih pretraga se sprovode u nadi da će se pronaći rešenje u lokalu, a 61% tih pretraga rezultira kupovinom. Ako je prvo korisničko iskustvo pozitivno, definitivno će biti smanjen obim budućih pretrage, a moguće je da će biti i preuzeta mobilna aplikacija koja je do tog iskustva i dovela.

Mnogobrojnim brendovima koji mobilnu tehnologiju koriste da komuniciraju sa svojim potrošačima, pridružila se i Pošta Srbije koja je pokrenula sopstvenu mobilnu aplikaciju za *iOS* i *Android* operativne sisteme. Ova aplikacija omogućava korisnicima da upravljaju zahtevima za slanje post-ekspres pošiljaka, da prate status svojih pošiljaka, izračunaju cenu poštarine za usluge u međunarodnom i unutrašnjem poštanskom saobraćaju korišćenjem kalkulatora cena, pronađu najbližu poštu, kao i poštanski adresni kod – PAK, jednostavno kupuju u internet prodavnici Pošte Srbije „eFilatelija", da postave pitanje ili pošalju sugestiju i komentar.

Poznato je da uručenje onlajn kupljenog proizvoda postaje prava briga za potrošača. Već funkcioniše onlajn kontrola u procesu prenosa pošiljaka putem praćenja i mogućnosti preusmeravanje preuzimanja putem paketomata. Koristeći iskustvo svetskog lidera u isporuci pošiljki širom sveta (FedEx) primaocima se mogu ponuditi i dodatne opcije kroz aplikaciju. Neke od njih su davanje dodatnih instrukcije o uručenju, davanje ovlašćenja da se paket može ostaviti bez potpisa, odlaganje uručenja do 14 dana, zahtevanje da se paket ostavi na nekoj od definisanih lokacija gde će ga primalac podići, zahtevanje tačnog vremena i mesta uručenja nakon neuspelog pokušaja, itd.

Upotreba IoPT tehnologije koja uz pomoć senzora prikuplja različite podatke je osmišljena tako da olakšava donošenje ispravnih odluka. Mnogo opcija za senzorske aplikacije unutar pošte, daju mogućnost korisniku da u zavisnosti od lokacije na kojoj se nalazi, prati broj korisnika u redu čekanja, ima procenu u realnom vremenu i da se opredeli za najbližu poštu u kojoj je najmanja gužva ili koja nudi uslugu koja mu je potrebna (Milutinović & Grgurović, 2017).

Opcija onlajn slanja pismonosne pošiljke upotrebom aplikacije ne samo da predstavlja dodatni kvalitet za korisnika, već može uticati i na povećanje broja pošiljaka, odnosno prihoda koji se ostvaruju. U zavisnosti od zahteva korisnika, pošiljka može biti uručena putem digitalnog poštanskog sandučeta ili štampana, kovertirana i fizički dostavljena. Obe varijante mogu podrazumevati potvrdu o izvršenoj usluzi putem aplikacije.

Prilagođavanje poslovanja novim zahtevima može biti olakšano i korišćenjem virtualnog asistenta ili gejmifikacijom. Ovim putem dodatno se usluge prilagođavaju milenijalcima, kao novoj generaciji korisnika, koja osim što ne poznaje reč čekanje, ne prihvata opciju utroška vremena na traženje informacija.

5. UMESTO ZAKLJUČKA

Uprkos širenju digitalizacije, mnogi poštansko-logistički operatori se ne pripremaju adekvatno za promene koje nastaju uticajem digitalnih trendova. Neadekvatan odgovor na digitalne mogućnosti uglavnom se pravda nedostatkom resursa ili drugim prioritetima. Na taj način se jaz između digitalno razvijenih, srednje razvijenih i nerazvijenih operatora u ovoj oblasti sve više povećava.

Kao prvi značajan korak u digitalizaciji poštanskog sektora, imajući na umu karakteristike korisnika novog doba, autori vide agilnost da se prikupe podaci, oslušne tržište i transformiše u vrednost, ne samo za korisnika, već i za dalji razvoj. Poštanski sektor ima prednost u razvijenoj mreže i velikom broju ekspozitura, putem kojih može biti stalno povezana sa korisnicima kroz mobilne uređaje. Na taj način se može pratiti raspoloženje korisnika, razumeti njihovo ponašanje, pa kroz analizu podataka osmisliti i ponuditi relevantno rešenje u pravo vreme i na pravi način, uz adekvatno ulaganje.

Svesni digitalnih trendova, kao i trenutne društvene situacije na našem području, autori izdvajaju moguće pravce digitalne transformacije poslovanja u poštansko-logističkom sektoru. Dalje razvijanje i primena pojedinačnih rešenja zavise od mnogobrojnih faktora, koje bi u budućim istraživanjima trebalo uzeti u obzir. Jedno je izvesno, a to je da pomak u karakteristikama generacija korisnika dolazi stasavanjem milenijalaca, donoseći sve veću upotrebu mobilnih tehnologija i aplikacija, ne samo za komunikaciju, već za prikupljanje podataka, ispitivanje navika i trendova, pa sve do pružanja usluga.

6. LITERATURA

Ala-Risku, T., Collin, J., Holmström, J. and Vuorinen, J., 2010. "Site inventory tracking in the project supply chain: problem description and solution proposal in a very large telecom project", Supply Chain Management, Vol. 15 No. 3, pp. 252-260. https://doi.org/10.1108/13598541011040008.

Augsburg, C., (2022, November 30). A guide to offering digital solutions for the postal industry. Parcel and Postal Technology International. https://www.parcelandpostaltechnologyinternational.com/opinion/a-guide-to-offering-digital-solutions-for-the-postal-industry.html

Augsburg, C., (2023, January 11). A digital partnership transformed a postal service provider into a Nordic front-runner. Parcel and Postal Technology International. https://www.parcelandpostaltechnologyinternational.com/opinion/a-digital-partnership-transformed-a-postal-service-provider-into-a-nordic-front-runner.html

Birkel, H., Kopyto, M. and Lutz, C., 2020. Challenges of Applying Predictive Analytics in Transport Logistics. In Proceedings of the 2020 on Computers and People Research Conference (SIGMIS-CPR'20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 144–151. https://doi.org/10.1145/3378539.3393864

Čelik, P., 2021, Digitalna transformacija, Akademska misao, Beograd, ISBN 978-86-7466-865-8

Deloitte Digital, (2023, May 5), Creating a Smart Post Office appealing to Millennials Insights from a Digital-native, https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/be/Documents/technology/deloittedigital/DD_POV_Smart%20Post%20Office_v7.pdf

Esher, (2021, August 12), The Future of Posts 2021 Survey Results Indicate Ecommerce Parcels Is the Top Growth Opportunity for Posts, https://www.eschergroup.com/blog/escher- release-the-future-of-posts-report-2021

Golinska-Dawson, P., Werner-Lewandowska, K., Kolinska, K. & Kolinski, A., 2023. Impact of Market Drivers on the Digital Maturity of Logistics Processes in a Supply Chain. Sustainability. 2023; 15(4):3120. https://doi.org/10.3390/su15043120

Leończuk, D., Ryciuk, U., Szymczak, M., Nazarko, J., 2019. Measuring Performance of Adaptive Supply Chains. In: Kawa, A., Maryniak, A. (eds) SMART Supply Network. EcoProduction. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91668-2_5

Marchet, G., Melacini, M., Sassi, C. and Tappia, E., 2017a., "Assessing efficiency and innovation in the 3PL industry: an empirical analysis", International Journal of Logistics Research and Applications, Vol. 20 No. 1, pp. 53-72

McKinsey & Company, (2018, October 29), Unlocking success in digital transformations, https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/unlocking-success-in-digital-transformations

Milutinović, J., & Grgurović, B., 2017. Primena Internet of Things u poštanskom saobraćaju, Regionalna naučno-stručna konferencija INFOFEST 2017, 24. Festival Infromatičkih postignuća, 24-30, Budva, 2017.

Praet, S., & Martens, D., 2020. Efficient parcel delivery by predicting customers' locations. Decision Sciences, 51(5), 1202–1231

Project ICT Hub Belgrade: Playground of Innovations, (2023, August 29) Project "ICT Hub Belgrade – Playground of Innovations" Funded by the United States Agency for International Development (USAID) and implemented by the ICT Hub, 2018, https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00W7DG.pdf

Pošta, Usluge hibridne pošte, https://www.posta.rs/cir/privreda/usluga.aspx?usluga=logisticke-usluge/hibridna-posta/usluge-hibridne-poste 5.5.2023.

Ratel, 2022, Pregled tržišta elektronskih komunikacija i poštanskih usluga u Republici Srbiji u 2021. godini, https://www.ratel.rs/uploads/documents/empire_plugin/Ratel_Pregled_Trzista_WEB%20opt.pdf.

Rozhkov, M., Ivanov, D., Blackhurst, J. & Nair, A., 2022. Adapting supply chain operations in anticipation of and during the COVID-19 pandemic, Omega, Volume 110, ISSN 0305-0483, https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102635

Seghezzi, A., Mangiaracina, R. and Tumino, A., 2022. "E-grocery logistics: exploring the gap between research and practice", The International Journal of Logistics Management, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0096

Search Engine Watch, 2013, 315 Businesses Boost Rankings by Optimizing Their Google+ Local Pages [Study], https://www.searchenginewatch.com/2013/11/07/315-businesses-boost-rankings-by-optimizing-their-google-local-pages-study/

Song, Y., Yu, F. R., Zhou, L., Yang X. and He, Z., 2021. "Applications of the Internet of Things (IoT) in Smart Logistics: A Comprehensive Survey," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 8, no. 6, pp. 4250-4274, 15 March15, 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3034385

Stank, T., Esper, T., Goldsby, T., Zinn, W. and Autry, C., 2019. "Toward a Digitally Dominant Paradigm for twenty-first century supply chain scholarship", International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol. 49 No. 10, pp. 956-971

The Enterprisers Project, What is digital transformation? https://enterprisersproject.com/what-is-digital-transformation#q1

Woschank, M., Rauch, E. & Zsifkovits, H., 2020. A Review of Further Directions for Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Smart Logistics. Sustainability. 2020; 12(9):3760. https://doi.org/10.3390/su12093760

Zennar, I., Finco, S., Calzavara, M. & Persona, A., 2022. Implementing E-Commerce from Logistic Perspective: Literature Review and Methodological Framework. Sustainability. 2022; 14(2):911. https://doi.org/10.3390/su14020911

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

THE USE OF BIG POSTAL DATA AS A NEW BUSINESS OPPORTUNITY FOR POSTAL OPERATORS

UPOTREBA VELIKIH POŠTANSKIH PODATAKA KAO NOVA POSLOVNA MOGUĆNOST POŠTANSKIH OPERATORA

Jelena Milutinović[a], Slavica Radosavljenić[a], Biljana Grgurović[a], Stevan Veličković[a]

[a] Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Department of High School of Information and Communication Technologies, Zdravka Čelara 16, Belgrade 11000, Serbia, jelena.milutinovic@ict.edu.rs, slavica.radosavljevic@ict.edu.rs, biljana.grgurovic@ict.edu.rs, stevan.velickovic@ict.edu.rs

Abstract: *The transfer of information, and transportation of goods, and passengers at the national and international level represent a picture of the social and economic activities of the population of the observed area, while the values of measurable standardized socio-demographic and economic parameters indicate local specificity. In this paper, the authors examine how different traffic flows are interconnected, as well as potential connections between traffic flows and measured indicators. Special attention is paid to postal services, taking into account their presence in every, even the smallest community, based on the concept of universal postal service. Passive data collection in the postal sector on a daily basis requires significantly fewer resources than a comprehensive survey of socio-demographic parameters. The paper considers the possibility of using and analyzing postal data as a new business opportunity in the field of business process optimization, the development of new services, and cooperation with big users and government organizations.*

Key words: *postal data, postal services, socio-economic indicators, transport*

Apstrakt*: Prenos informacija, prevoz robe i putnika na nacionalnom i međunarodnom nivou predstavlja sliku društvenih i ekonomskih aktivnosti stanovništva posmatrane oblasti, dok vrednosti merljivih standardizovanih sociodemografskih i ekonomskih parametara ukazuju na lokalnu specifičnost. U ovom radu autori ispituju na koji način su različiti saobraćajni tokovi međusobno povezani, kao i potencijalne veze između saobraćajnih tokova i merenih indikatora. Posebna pažnja je posvećena poštanskim službama imajući u vidu njihovo prisustvo u svakoj, pa i najmanjoj zajednici, na osnovu koncepta univerzalne poštanske usluge. Svakodnevno pasivno prikupljanje podataka u poštanskom sektoru na dnevnom nivou zahteva znatno manje resursa od sveobuhvatnog istraživanja sociodemografskih parametara. U radu se razmatra mogućnost korišćenja i analize poštanskih podataka kao nova poslovna mogućnost u domenu optimizacije poslovnih procesa, razvoja novih usluga, saradnje sa velikim korisnicima i državnim organizacijama.*

Ključne riječi: *poštanski podaci, poštanske usluge, socio-ekonomski indikatori, saobraćaj*

1. UVOD

Poštanske uprave 192 zemlje čine Svetski poštanski savez (SPS), specijalizovanu agenciju Ujedinjenih nacija (UN). SPS predstavlja drugi najstariji vid multilateralne saradnje u svetu i njegova uloga je da koordinira poštansku politiku i pravila, omogućava saradnju i razmenu najboljih praksi među članicama i čini jedinstvenu teritoriju za razmenu poštanskih pošiljaka. Iz tog razloga ne izgleda neobično da je SPS preuzeo glavnu ulogu u realizaciji Ciljeva održivog razvoja (*engl. Sustainable Development Goals, SDG*) Ujedinjenih nacija (UN General Assembly, 2015). Ovi ciljevi se ostvaruju kroz integraciju fizičkih, elektronskih i finansijskih mreža sa ljudskim faktorom, diversifikacijom i razvojem usluga i poslovnih modela upotrebom novih tehnologija (Dobrodolac i dr. 2016).

Poštanski sektor je drugi najveći faktor, posle bankarskog sektora, koji doprinosi socijalnoj, ekonomskoj i finansijskoj inkluziji širom sveta, posebno za ranjive i ugrožene grupe stanovništva, ali doprinosi i razvoju poslovnog sektora, naročito malih i srednjih preduzeća. Velika količina podataka, koja se dnevno prikuplja u preko 660.000 pošta širom sveta, bazirana na automatizovanom sistemu, smanjuje greške u unosu i predstavlja jedinstvenu bazu koja se kontinuirano ažurira, istinito odražavajući aktivnosti fizičkih i pravnih lica koje se mogu objediniti i analizirati na lokalnom, regionalnom, nacionalnom i međunarodnom nivou (Ralević i dr. 2016).

Cilj rada jeste sagledavanje mogućnosti za komercijalnu upotrebu poštanskih podataka kroz optimizaciju poslovnih procesa, smanjenje troškova, interakciju sa klijentima, razvoj novih usluga i aplikacija, podršku vladinim uslugama i ekonomskom rastu. U ovom radu je predstavljen model gde se odabrani parametar poštanske aktivnosti može uzeti kao relevantan za analizu regionalnog razvoja, poređenje karakteristika administrativnih jedinica do nivoa okruga, opština, lokalnih samouprava i sela. Korišćenjem ovog parametra kao indikatora postiže se sistematičan pristup klasifikaciji naselja koji odslikava društvene i privredne aktivnosti stanovništva.

Nakon početnih razmatranja aktuelnih promena u poštanskom sektoru i potencijala korišćenja velikih poštanskih podataka, nudi se kratak pregled literature iz razmatrane oblasti koja se bave primenom poštanskih podataka, kao i iskustva velikih poštanskih operatora i uprava. U drugom delu rada izvršena je analiza poštanskog saobraćaja kao indikatora aktivnosti pravnih i fizičkih lica na teritoriji Republike Srbije. Na kraju su data zaključna razmatranja.

2. POŠTANSKI PODACI I MOGUĆNOSTI PRIMENE

Supstitucija pismonosnih pošiljaka pogađa nacionalne pošte širom sveta, tako da je poštanski sektor prinuđen da pokuša da pronađe nove oblasti poslovanja. Poštanski operatori razmatraju promenu strategije koja se sastoji od tri glavna bloka: digitalne transformacije, stvaranja ekosistema za e-trgovinu i organizacione transformacije (Anvarovna, 2022).

Četvrta industrijska revolucija u kombinaciji sa liberalizacijom i globalizacijom podstiče nove potrebe kupaca, povećanu i promenljivu konkurenciju, kao i razvoj novih poslovnih modela u poštanskom sektoru. Pojam Četvrte industrijske revolucije prvi put je upotrebio Klaus Schwab, direktor Svetskog ekonomskog foruma, 2015. godine. Glavna karakteristika je uklanjanje barijera između ljudi i mašina, a nosioci su veštačka inteligencija, nanotehnologija, IoT - *Internet of things*, robotika, 3D štampači, biotehnologija, pametni gradovi i druge tehnologije u razvoju. Ove promene zahtevaju učešće i angažovanje pojedinaca, kompanija i država. U javnom sektoru razvoj informacionih tehnologija i informacionih sistema, razvoj velikih podataka (*engl. Big data*) i analitike zahteva da posao upravljanja informacionim sistemima bude poveren najvišem strateškom nivou. Informacione tehnologije nisu samo pokretači poslovnih procesa poštanskih operatora - oni postaju jezgro razvoja poštanskog sektora koji vrši sinergiju virtuelnog i fizičkog sveta (Otsetova i Dudin, 2018). Opadajući trošak prikupljanja, obrade i skladištenja podataka, u kombinaciji sa brzom akumulacijom novih izvora podataka i analitičkih alata, omogućava poštanskim operatorima da izvuku vrednost iz veoma velikih količina internih i eksternih podataka kao podršku poboljšanim operativnim, poslovnim i strateškim odlukama.

Prema definiciji koju su uvele kompanija IBM i Oracle, za neki informacioni resurs kažemo da ima Big Data osobine ako ga karakteriše: velika količina podataka (Volume), velika raznovrsnost podataka (Variety) i velika brzina pristizanja podataka (Velocity). Pored ovih, značajne su još dve karakteristike: vrednost koja se odnosi na upotrebljivost i primenljivost ovih skupova podataka i kvalitet, odnosno pouzdanost i tačnost.

Veliki podaci se efikasno koriste u brojnim oblastima: Automobilska industrija, Visoka tehnologija i industrija, Nafta i gas, Sektor telekomunikacija, Medicina, Maloprodaja, Proizvodi široke potrošnje, Mediji i šou biznis, Sektor putovanja i transporta, Finansijske usluge, Društveni mediji i onlajn usluge, Javne usluge, Obrazovanje i istraživanje, Zdravstvene usluge (Özköse, et all, 2015)… U preglednom radu (Govindan i dr, 2018) autori su u periodu 2012-2018. analizirali 313 radova iz relevantnih časopisa koji se bave analitikom velikih podataka i utvrdili da najviše radova dolazi iz SAD, Kine, Ujedinjenog Kraljevstva, Indije i Nemačke, a da su, po oblastima, najzastupljeniji Inženjerstvo (35,8%), Računarske nauke (35,1%), Biznis i menadžment (29,1%), Odlučivanje, Medicina, Sociologija, Matematika itd…

Očigledno je da savremeni informacioni resursi u poštanskom saobraćaju imaju sve tri nabrojane osobine što znači da se mogu okarakterisati kao Big Data. Veliki podaci su generalno podaci „koji su prethodno ignorisani“, što znači da su ili prikupljeni, ali nisu analizirani ili uopšte nisu prikupljani dok organizacije nisu prepoznale njihovu vrednost. Pošte bi mogle da iskoriste svoju univerzalnu reputaciju pouzdanog „upravljača

informacijama“ kroz ulogu treće strane od poverenja i da učestvuju u revoluciji „otvorenih podataka“ tako što će poštanske podatke učiniti javno dostupnim inovatorima za razvoj novih usluga i aplikacija. Međutim, da bi uspeli, moraće da osmisle transparentne politike podataka, uspostave alate i strategije za njihovu efikasnu analizu i kombinuju novu kulturu orijentisanu na digitalne podatke sa svojim tradicionalnim poslovnim pristupom. Već 2013. godine 10 vodećih logističkih kompanija (USPS, DHL Express, UPS, Maersk, FeDex Corporation, La Poste, COSCO, Japan Post, NEC Japan, Royal Mail) implementirale su Big Data strategije preduzimajući odgovarajuće korake kako bi poboljšali konkurentnost u domenu logistike i upravljanja lancima snabdevanja (Zhong i dr., 2016).

Analitika velikih podataka može da podrži bilo koju poštansku delatnost — pošiljke, logistiku, maloprodaju ili finansijske usluge. Takođe, može da podrži različite poslovne ciljeve - od optimizacije procesa i smanjenja troškova do interakcije sa klijentima ili stvaranja prihoda. Strategije otvorenih podataka takođe mogu pomoći poštanskim operaterima da preispitaju i inoviraju svoju misiju „javnih usluga“ u podršci vladinim uslugama i ekonomskom rastu (Trimble, 2016).

Najznačajnije oblasti buduće primene velikih podataka u poštanskom saobraćaju su:

1. Optimizacija poslovnih procesa – prerada i dostava pošiljaka, efikasan raspored osoblja i vozila, predviđanje zahteva korisnika, smanjenje neuspeha dostave (Rubens, 2014.), smanjenje troškova transporta dinamičkim rutiranjem (UPS). DHL je razvio alat za analizu korelacija između spoljnih faktora kao što su vremenske prilike, epidemije gripa, Google trendovi i podataka o dostavi čiji je rezultat model koji omogućava predviđanje količine paketa i broja potrebnih kurira za dostavu i vozila. Pošta Australije koristi prediktivnu analitiku za razvoj dnevnih prognoza prodaje i predviđanje profitabilnosti proizvoda. La Poste je opremila nova električna vozila senzorima koji prate vitalnu statistiku vozila. Australia Post je razvila informacioni sistem koji je integralan sa postojećim i budućim operacijama gradskog transporta, i, putem koga, ostvaruje urbanu operativnu efikasnost i projektovane ciljeve održivosti koji su postavljeni za korporaciju (Hassall, i dr., 2012). Autori (Hu i sar., 2015) analizirajući postojeće podatke China Post predložili su okvir sistema za rudarenje poštanskih podataka u okruženju velikih podataka koji pomaže razvijanju bolje marketinške strategije uštedom troškova i povećanjem efikasnosti. USPS je zabeležila najveći napredak u implementaciji tehnologija velikih podataka, veštačke inteligencije i digitalnih platformi — uključujući aplikacije, pametne bar-kodove i QR kodove. U kontekstu digitalne transformacije i Industrije 4.0. autori (Mostarac i dr., 2021) ističu značaj digitalizacije tehnološke faze sortiranja jer tačnost sortiranja paketa smanjuje pogrešno usmeravanje i mogući gubitak paketa.
2. Širenje ponude proizvoda - *Crowdshipping* usluga povezuje pojedinačne pošiljaoce paketa koji traže fleksibilne isporuke sa povremenim dostavljačima paketa korišćenjem ad hoc mobilnih aplikacija (npr. platforma DHL-a MyWays). Platforma SoPost u Velikoj Britaniji omogućava ljudima da koriste Facebook i Twitter naloge kao svoju poštansku adresu za dostavu poklona ili uzoraka proizvoda, a da se stvarni detalji isporuke ne dele. Hibridni model slanja pošte kombinuje elektronske adrese sa fizičkim adresama sa ciljem da identifikuje informacije o mestu dostave zajedno sa povezanim imejlovima, društvenim mrežama i drugim nalozima. Povezivanje fizičke adrese sa elektronskim identitetom kako bi se doprlo do potrošača i dobila informacija o njihovim preferencijama za isporuku može uštedeti milijarde dolara u procesu dostave pošiljaka. Prodavnice ličnih podataka (engl. *Personal data stores - PDS*) predstavljaju sigurno mesto za čuvanje i pristup ličnim podacima (upravljanje identitetom uz usluge bezbedne autentifikacije) i omogućavaju pojedincima da sami upravljaju prikupljanjem i korišćenjem svojih ličnih podataka (na primer usluge Australia Post, NZ Post, Norway Post, Post Denmark i La Poste). Još jedan primer ulaska poštanskih operatora na tržište velikih podataka je lansiranje „platforme povezanih objekata“. Zahvaljujući ovoj platformi, kompanije će moći da razvijaju usluge oko svojih povezanih objekata (čuvanje i analiza podataka, naplata i veza sa fizičkim uslugama koje pružaju poštari na vratima); a potrošači mogu da preuzimaju i kontrolišu podatke iz svojih ličnih povezanih objekata (Norman, 2015).
3. Podrška ekonomskom rastu - Poštanski veliki podaci mogu pomoći trgovcima da izaberu nove maloprodajne lokacije. DHL je predstavio rešenje za geomarketing koje omogućava preduzećima da analiziraju lokaciju i potencijal tržišta. Ovi podaci se kombinuju sa eksternim socio-demografskim i stambenim podacima, kao i statistikom o obrascima potrošnje. Ove platforme mogu da skladište i poštanske i nepoštanske velike podatke. Preduzetnici i vladine agencije bi joj slobodno pristupali i udruživali se kako bi osmislili nove usluge.

4. Podrška vladinim uslugama i politikama – Postavljanje senzora na sva poštanska vozila omogućava široku upotrebu prikupljenih podataka. Npr, senzori mogu da otkriju hemijske ili biološke agense ili radiološke materijale, stanje na putu ili oštećenja kako bi pomogli lokalnim zajednicama. Radeći sa SPS-om i drugim međunarodnim agencijama, UN predvode istraživanja za razvoj rešenja koja su zasnovana na velikim podacima i koja pružaju uvid u realnom vremenu za informisanje kreatora politike o temama kao što su javno zdravlje, bezbednost hrane, migracije, ekonomske aktivnosti i pomoć u slučaju katastrofa. Studija (Pavlovskaia i Kononova, 2018) opisuje funkcije i sredstva Russian Post u oblasti društveno značajnih inicijativa kroz integraciju urbanih informacionih sistema i sredstava poštanske službe, što u zbiru stvara dodatni kvalitet javnih usluga.

Pošte širom sveta razvijaju koncept Interneta poštanskih stvari (IoPT) stvaranjem mreže senzora koji se povezuju sa poštanskom infrastrukturom – poštanskim sandučićima, poštanskim vozilima, mašinama za sortiranje, poštanskim pošiljkama i poštanskim radnicima. Implementacija IoPT koncepta može doprineti unapređenju poslovanja u sledećim oblastima: transport i logistika, „pametne" poštanske zgrade, poboljšanje kvaliteta usluga, kao i „susedske" i socijalne usluge usmerene na aplikacije koje koriste prisustvo poštanskih vozila i dostavljača u lokalnoj zajednici. Povezana vozila i dostavljači bi prikupljali podatke preko specijalizovanih uređaja i pružali određene poštanske usluge ili usluge vezane za lokalnu zajednicu. Istraživanje sprovedeno u Južnoj Africi o velikim podacima, analitici i IoPT tehnologiji može poslužiti kao pomoć u unapređenju poštanskih operacija. Kako IoPT prikuplja ogromne količine podataka, važno je da prikupljeni podaci i analiza ovih velikih podataka prate interese i potrebe zajednica koje je pošta osmislila pri čemu se IKT mora koristiti u cilju povećanja angažovanja zajednice (Trimble, 2016).

Efikasno upravljanje ovim podacima je veliki izazov koji zahteva novi način razmišljanja. Da bi zaposleni u poštanskom sistemu uspešno mogli da uvedu nove usluge, neophodno je da ovladaju posebnim znanjima u sledećim oblastima: rudarenje podataka; upravljanje znanjem; optimizacija tradicionalnih poštanskih usluga; modeliranje i simulacija; inovacije u poslovanju e-pošte; inovacije u e-finansijama; inovacije u e-upravi i korišćenje IKT za uključivanje zaposlenih i angažovanje zajednice (Trimble i Keeling, 2013).

Strukturirana priroda poštanskih podataka koji su prikupljeni rutinskim operacijama ne zahteva nikakva dodatna finansijska ulaganja, a njihova analiza će biti mnogo jednostavnija od one koja je potrebna u obradi drugih vrsta podataka kao što su tvitovi, Google pretrage, lokacija mobilnih telefona... Sve su to veoma optimistične vesti o budućnosti poštanskih podataka i njihove potencijalne upotrebe u različite svrhe. Jedino upozorenje je vezano za privatnost, što se mora veoma pažljivo razmotriti - nove politike privatnosti prilagođene novom scenariju moraju biti pravilno definisane i primenjene (Martinez-Alvaro, O. i Nunez-Gonzalez, A. 2016). Postoji nekoliko prepreka za usvajanje novih tehnologija, kao što su „pravni, tehnički, finansijski i regulatorni" izazovi koji dolaze od strane savezne vlade (Marsh i Piscioneri, 2015). Takođe, tehnologije zasnovane na veštačkoj inteligenciji pojednostavljuju brojne aktivnosti i operacije u okviru dostave, ali u isto vreme predstavljaju izvesnu pretnju za poslove ljudi čije aktivnosti mogu da zamene (Jucha, 2021). Autor (Gunther, 2017) opisuje tri izazova za evropske poštanske operatore, aktivne na B2B tržištu, koji dostavljaju adresovanu poštu za poslovne klijente kao što su banke i komunalna preduzeća – ograničenje interesima zainteresovanih strana, potcenjivanje razvoja organizacionih modela i ograničenja dominantnim, tradicionalnim poslovnim modelom.

3. ANALIZA POŠTANSKIH PODATAKA

Oblast saobraćaja i komunikacija je od posebnog značaja za razvoj jednog društva. Ilustracije radi, Evropska unija je transport i poštanske usluge označila kao usluge od opšteg ekonomskog interesa – SGEI (engl. *Services of General Economic Interest*). Efikasnost ovog sektora utiče na privredu i razvoj zemlje.

SPS ima najveću harmonizovanu bazu podataka koji se prikupljaju u realnom vremenu na svetu. Ona predstavlja otiske onoga što globalno stanovništvo radi. Naročito u zemljama u kojima su broj pretplatnika mobilne telefonije i stope penetracije interneta niske, ljudi i dalje stvaraju digitalne otiske kroz interakciju sa poštanskim sistemom. Više od 100 milijardi zapisa dostupno je iz glavnog izvora velikih poštanskih podataka dobijenih putem elektronske razmene podataka - EDI (engl. *Electronic data interchange*) na POST*Net-u, koje takođe razmenjuju imenovani operatori sa partnerima u lancu snabdevanja, kao što su avio-kompanije i carina (Mirza, 2013).

SPS-ov Integrisani indeks za poštanski razvoj (engl. *Integrated Index for Postal Development 2IPD*) je kompozitni indeks koji daje pregled poštanskog razvoja širom sveta. Osnovni ulaz u ovo merenje sastoji se od podataka SPS-a, uključujući poštanske velike podatke (sa milijardama zapisa snimljenih od 2013. godine),

zvanične statistike SPS-a (više od 100 indikatora) i ključne ankete SPS-a. Specifični i kompleksni izvori iz kojih se vrši konsolidacija podataka koji učestvuju u ovom kompozitnom indeksu čine ga najsveobuhvatnijom merom poštanskih usluga na globalnom nivou. 2IPD nudi referentnu ocenu učinka (od 0 do 100) duž četiri dimenzije poštanskog razvoja: pouzdanost, doseg, relevantnost i otpornost. Indeks, zapravo, daje smernice kako podstaći razvoj pošte i maksimizirati efikasnost poštanske infrastrukture (UPU, 2017).

U radu (Hristova i dr. 2016), autori su razmatrali višestruke međunarodne mreže fizičkih i digitalnih tokova, uključujući, po prvi put, međunarodnu poštansku mrežu. Mereći poziciju svake zemlje u mrežama trgovine, pošte, migracija, međunarodnih letova, IP i digitalnih komunikacija, oni grade proksije za neke ključne socioekonomske indikatore i procenjuju meru globalnog stepena povezanosti primenjujući teoriju multipleksa u šest mreža koje objašnjavaju snagu odnosa između zemalja i zaključuju da zemlje sa zajedničkim članstvom u zajednici preko više mreža imaju sličnije socioekonomske profile.

Caraka i dr. (2017) sproveli su statističku analizu podataka o poštanskoj mreži i podataka o trgovini u okviru zemalja ASEAN (Asocijacija nacija Jugoistočne Azije). Autori takođe procenjuju kako PND - Postal Network Data može uticati na druge socioekonomske pokazatelje među zemljama ASEAN-a. Oni koriste statističku analizu kao što je korelacija za merenje odnosa ulaznih i izlaznih poštanskih tokova sa osam socioekonomskih indikatora.

Slično istraživanje (Ralević i dr., 2020), ali na evropskom poštanskom tržištu, sprovedeno je za 26 evropskih zemalja gde je vršeno poređenje različitih saobraćajnih tokova (poštanski, robni i putnički tokovi). Zatim je urađena analiza međusobne povezanosti 14 socio-ekonomskih indikatora koji su svrstani u 6 grupa, kao i povezanosti saobraćajnih tokova sa ovim indikatorima. Dobijeni rezultati su saglasni sa istraživanjima na globalnom nivou.

Anson i dr. (2014) koriste tokove poštanskih paketa koje prikuplja SPS prilikom otpreme i kombinuju ih sa dnevnim podacima o kursu. Autori zaključuju da su međunarodni poštanski tokovi u značajnoj korelaciji sa tradicionalnim trgovinskim tokovima. Nova baza koja sadrži podatke o međunarodnim poštanskim tokovima smatra se dobrom zamenom za kratkoročne međunarodne trgovinske tokove e-trgovine i srodne tokove, te bi se mogla koristiti za različita istraživačka pitanja u međunarodnoj ekonomiji.

Martens et al. (2015) kritički analiziraju tipove indeksa koji mogu doprineti znanju o globalizaciji smatrajući da izvodljiva napredna strategija ne treba da teži da identifikuje najbolji kompozitni indeks globalizacije, već da radi na interdisciplinarnom načinu ka setu komplementarnih indeksa globalizacije. Posebno su istaknuta tri pitanja: fokus merenja (tj. aktivnosti ili politike); dimenzije merenja (tj. kulturne, ekološke, ekonomske, političke i/ili društvene); i merne jedinice (tj. lokalne, nacionalne, regionalne i/ili globalne). Pored toga, Anson i Helble (2013) uočili su problem fokusiranja na određenu tehnologiju da bi se uspešno opisao intenzitet i obim globalne komunikacije. Autori smatraju da se ovi specifični tokovi mogu ilustrovati podacima o poštanskim uslugama - sa tendencijom rasta prosečne težine paketa, može se zaključiti da se poštanske usluge sve više bave trgovinom (robom), umesto komunikacijom (poruke).

4. MODEL PRIMENE POŠTANSKIH PODATAKA NA TERITORIJI RS

Dobijeni rezultati (Ralević i dr., 2020) predstavljaju dobru polaznu osnovu za dalje istraživanje. Iz ovog rada je proistekla ideja da se i u okviru nacionalnih teritorija utvrdi na nivou okruga, opština i naselja poštanska aktivnost i uporedi sa robnim i putničkim tokovima. Da bi se, na osnovu siciodemografskih parametara, mogao pratiti razvoj i napredak lokalnih zajednica, neophodno je vršiti odgovarajuća merenja u kontinuitetu. Jedini podaci koji su dostupni su na nivou cele države kada se vrše zvanična merenja za evropske zemlje i taj podatak nije moguće primeniti na pojedinačne oblasti – okruge i opštine.

Za male, nerazvijene ili države u razvoju svako dodatno istraživanje i ispitivanje, obrada i analiza podataka ili merenje sociodemografskih parametara zahtevaju značajna sredstva i upotrebu resursa, pa mogućnost korišćenja podataka koji se svakodnevno pasivno prikupljaju za poštanski sistem predstavlja novu poslovnu mogućnost, a za državu uštedu značajnih sredstava i saradnju sa tradicionalnim partnerom od poverenja. Označavanje regiona sa niskom aktivnošću, socijalno i ekonomski isključenih je prvi korak u planiranju i razvijanju strategije razvoja nerazvijenih područja i njihovom povezivanju na regionalnom, nacionalnom i međunarodnom nivou.

U narednom delu izvršena je analiza teritorije RS koja je podeljena na 13 oblasti: Beograd, Niš, Jugoistočna Srbija, Novi Sad, Pomoravlje, Kopaonički region, Jugozapadna Srbija, Južni Banat, Srem, Istočna Srbija, Severna Vojvodina, Srednji i Severni Banat, Zapadna Srbija. U okviru ove podele teritorije RS na 13 oblasti dat

je procenat pisama koja se iz određene oblasti šalju (faza prijema), odnosno uručuju (faza uručenja) na godišnjem nivou.

Prema (Uredba, 2014) utvrđuje se jedinstvena lista razvijenosti regiona i jedinica lokalne samouprave (JLS). Regioni su prema stepenu razvijenosti razvrstani u razvijene i nedovoljno razvijene regione, a JLS u prvu, drugu, treću i četvrtu grupu i devastirana područja. Razvrstavanje regiona vrši se na osnovu vrednosti BDP-a po glavi stanovnika u regionu u odnosu na republički prosek za referentni period na način da razvijeni regioni ostvaruju vrednost BDP-a iznad vrednosti republičkog proseka, dok je kod nedovoljno razvijenih regiona vrednost BDP-a ispod vrednosti republičkog proseka. Za merenje stepena razvijenosti JLS kao osnovni pokazatelj koristi se ERO (zbir mase zarada i penzija u JLS i prihoda budžeta JLS po isključenju izvornih budžetskih prihoda i sredstava dobijenih od drugog organa na ime otklanjanja posledica vanrednih okolnosti, iskazan po glavi stanovnika) i korektivni pokazatelji - demografski pad ili rast, stopa nezaposlenosti i gustina naseljenosti, tako da je krajnji rezultat podela na: prvu grupu čiji je stepen razvijenosti iznad republičkog proseka, drugu grupu čiji je stepen razvijenosti u rasponu od 80% do 100% republičkog proseka, treću grupu čiji je stepen razvijenosti u rasponu od 60% do 80% republičkog proseka, četvrtu grupu čiji je stepen razvijenosti ispod 60% republičkog proseka i devastirana područja čiji je stepen razvijenosti ispod 50% republičkog proseka.

Na osnovu prethodne klasifikacije sve JLS za potrebe istraživanja su dobile oznaku 1-5 gde 1 označava pripadnost prvoj grupi, a 5 pripadnost grupi koja označava JLS iz devastiranih područja. Svakoj JLS - opštini koja pripada jednoj od 13 oblasti dodeljena je vrednost 1-5, a zatim je ocena razvijenosti oblasti dobijena kao srednja vrednost ocene svih opština u oblasti.

Podaci o prosečnim mesečnim prihodima i troškovima JPM za data područja dobijeni su na upit od Pošte Srbije, kao i prosečna vrednost ostvarenih norma minuta. Podaci o ukupnom broju stanovnika, broju naselja i broju domaćinstava su preuzeti iz Popisa, dok je, kombinovanjem podataka o površini posmatranog područja, dobijena i gustina naseljenosti. Kao izvor za stepen razvijenosti e-uprave, broj aktivnih privrednih društava i preduzetnika, vrednost izvoza u valuti evro, broj registrovanih nezaposlenih i prosečnu neto zaradu korišćena je baza Otvorenih podataka. Iz dokumenta geografska stratifikacija po oblastima dobijen je procenat pisama koja se sa određene oblasti (regiona) šalju (faza prijema), odnosno uručuju (faza uručenja).

Osnovna ideja o korišćenju poštanskih podataka koji su dostupni kod imenovanog poštanskog operatora za analizu aktivnosti fizičkih i pravnih lica, a samim tim i razvijenosti određenog područja, jeste što se ovi podaci prikupljaju svakodnevno u preko 1500 JPM na celoj teritoriji RS u kontinuitetu, tako da se, bez dodatnih resursa i angažovanja, mogu iskoristiti za praćenje karakteristika područja.

Dostupni podaci za 13 oblasti dati su u Tabeli 1 (zbog veličine i preglednosti integralna tabela je podeljena na delove 1a, 1b, 1c I 1d). To su: Oblast; Poštanski brojevi koji pripadaju određenoj oblasti; Stepen razvijenosti JLS prema Zakonu o regionalnom razvoju objedinjen na nivo oblasti; Poštanski parametri (Prosečni mesečni troškovi JPM određene oblasti; Prosečni mesečni prihodi JPM određene oblasti; Prosečna mesečna vrednost norma minuta za JPM posmatrane oblasti); Površina; Broj stanovnika; Gustina naseljenosti; Broj naselja i broj domaćinstava posmatrane oblasti; Stepen razvijenosti e-uprave; Broj privrednih subjekata (Broj preduzetnika; Broj privrednih društava;); Vrednost izvoza u valuti evro; Broj registrovanih nezaposlenih; Prosečna neto zarada za mesec prema opštini prebivališta zaposlenih objedinjena na nivou oblasti; Procenat poslatih i primljenih pošiljaka u datoj oblasti u odnosu na teritoriju RS.

Tabela 1a. Parametri 13 oblasti u Republici Srbiji

	Regija	Poštanski broj	Stepen razvijenost JLS prema Zakonu o regionalnom razvoju	Prosečni mesečni troškovi JPM	Prosečni mesečni prihodi JPM
Beograd	1	11	1,25	1.153.690,80	13.903.011,18
Niš	2	18	3,32	259.687,30	2.812.395,57
Jugoistočna Srbija	3	16 17	4,42	220.920,92	2.656.018,21
Novi Sad	4	21	1,92	479.882,28	5.421.094,54
Pomoravlje	5	34 35	2,54	347.956,50	4.216.748,42
Kopaonički region	6	36 37	3,43	346.588,79	4.390.510,47
Jugozapadna Srbija	7	31 32	2,62	334.544,05	4.336.035,02
Južni Banat	8	26	2,63	351.484,31	3.985.303,76
Srem	9	22	2,00	436.097,99	5.119.834,79

Istočna Srbija	10	12	19	3,13	258.517,01	3.030.986,87
Severna Vojvodina	11	24	25	1,90	430.335,44	4.683.111,92
Srednji i Severni Banat	12	23		2,63	352.281,70	3.681.983,46
Zapadna Srbija	13	14	15	3,00	289.063,99	3.547.459,78

Tabela 1b. Parametri 13 oblasti u Republici Srbiji

	Prosečna mesečna vrednost norma minuta za JPM	Površina (u km²)	Broj stanovnika	Gustina naseljenosti (broj stanovnika /km²)	Broj naselja
Beograd	23.605.108,85	4.784,00	1.877.196,00	392,39	215
Niš	4.650.834,03	8.016,00	537.613,00	67,07	764
Jugoistočna Srbija	3.984.416,25	5.766,00	391.972,00	67,98	655
Novi Sad	10.321.407,84	4.026,00	618.388,00	153,60	77
Pomoravlje	6.202.495,84	5.002,00	482.933,00	96,55	366
Kopaonički region	6.045.914,86	8.463,00	569.724,00	67,32	823
Jugozapadna Srbija	5.756.810,41	8.097,00	442.800,00	54,69	544
Južni Banat	6.312.726,73	4.246,00	279.461,00	65,82	94
Srem	8.281.347,72	3.485,00	299.060,00	85,81	109
Istočna Srbija	4.362.087,85	10.463,00	374.556,00	35,80	427
Severna Vojvodina	8.661.582,68	5.191,00	414.195,00	79,79	105
Srednji i Severni Banat	6.347.256,54	4.666,00	250.939,00	53,78	82
Zapadna Srbija	5.140.519,96	5.744,00	443.947,00	77,29	446

Tabela 1c. Parametri 13 oblasti u Republici Srbiji

	Broj domaćinstava	Stepen razvijenosti e-uprave	Broj aktivnih privrednih društava	Broj aktivnih preduzetnika	Broj privrednih subjekata
Beograd	670.588,00	0,58	69.830	80.667	150.497
Niš	195.888,00	0,35	6.304	17.726	24.030
Jugoistočna Srbija	114.050,00	0,28	3.741	12.474	16.215
Novi Sad	223.653,00	0,48	15.961	26.690	42.651
Pomoravlje	168.574,00	0,39	6.143	17.664	23.807
Kopaonički region	179.993,00	0,35	6.778	20.661	27.439
Jugozapadna Srbija	160.683,00	0,39	5.954	19.678	25.632
Južni Banat	101.503,00	0,39	4.021	9.986	14.007
Srem	105.031,00	0,48	4.429	10.063	14.492
Istočna Srbija	142.844,00	0,35	3.606	11.089	14.695
Severna Vojvodina	166.431,00	0,43	7.688	11.209	18.897
Srednji i Severni Banat	99.489,00	0,39	2.422	6.282	8.704
Zapadna Srbija	159.109,00	0,34	5.695	16.667	22.362

Tabela 1d. Parametri 13 oblasti u Republici Srbiji

	Vrednost izvoza u EUR	Broj registrovanih nezaposlenih	Prosečna neto zarada za mesec, prema opštini prebivališta	Poslato sa područja regiona	Primljeno na području regiona
Beograd	487.509.357,31	82.893	61.849,50	65,14	34,75
Niš	147.414.913,71	57.519	43.917,05	4,2	6,50
Jugoistočna Srbija	48.769.371,68	47.957	41.413,29	0,36	3,49
Novi Sad	201.575.919,56	35.314	47.089,54	7,26	10,61

Pomoravlje	175.142.879,72	52.221	45.028,85	2,20	6,08
Kopaonički region	43.824.712,15	71.074	42.978,07	6,38	5,74
Jugozapadna Srbija	87.188.016,76	32.037	45.347,38	1,59	5,76
Južni Banat	53.791.063,95	21.867	47.562,50	2,11	3,74
Srem	144.071.366,01	14.998	47.199,29	2,12	4,37
Istočna Srbija	99.987.659,95	26.123	47.784,13	1,42	4,96
Severna Vojvodina	119.036.183,41	23.427	47.181,80	4,40	6,28
Srednji i Severni Banat	58.286.032,94	14.595	47.455,50	1,49	2,73
Zapadna Srbija	90.365.393,66	35.051	46.204,93	1,32	4,97

Povezanost poštanskih usluga sa različitim segmentima funkcionisanja stanovništva određene regije može se utvrditi izračunavanjem koeficijenta korelacije. Kao parametar poštanskih usluga/poštanske aktivnosti određene oblasti uzeta je prosečna mesečna vrednost norma minuta u JPM na celoj teritoriji posmatrane oblasti.

Visok koeficijent korelacije sa brojem privrednih subjekata ukazuje na povezanost privrednih aktivnosti i poštanskog saobraćaja (Tabela 2 – zbog veličine i preglednosti, tabela je podeljena u dva dela). Ekonomska aktivnost područja predstavljena vrednošću izvoza visoko korelira sa ostvarenim poštanskim saobraćajem. Visok stepen korelacije postoji i između prosečne zarade i ostvarenog poštanskog saobraćaja. Takođe, visok stepen korelacije ostvareni poštanski saobraćaj ima i sa brojem stanovnika, odnosno domaćinstava i gustinom naseljenosti što znači da su ovi demografski parametri povezani sa ostvarenim poštanskim saobraćajem (PS). PS visoko korelira i sa stepenom razvijenosti e-uprave na način da razvijenost ovog segmenta znači i razvijenost PS. Broj registrovanih nezaposlenih lica pozitivno korelira sa ostvarenim PS, ali sa nižom vrednošću – dakle poštanske usluge su važne i korisnicima niže platežne moći, odnosno onima koji nisu u redovnim finansijskim tokovima.

Tabela 2. Koeficijent korelacije prosečne mesečne vrednosti norma minuta za JPM posmatrane oblasti i drugih parametara privredne i društvene aktivnosti stanovništva

	Stepen razvijenost JLS prema Zakonu o regionalnom razvoju	Broj stanovnika	Gustina naseljenosti (broj stanovnika /km²)	Broj domaćinstava	Stepen razvijenosti e-uprave
Prosečna mesečna vrednost norma minuta za JPM	-0,744409	0,918153657	0,972642627	0,93032242	0,8840545

	Broj privrednih subjekata	Vrednost izvoza u EUR	Broj registrovanih nezaposlenih	Prosečna neto zarada za mesec, prema opštini prebivališta
Prosečna mesečna vrednost norma minuta za JPM	0,94625225	0,929464	0,4719646	0,92631765

Važna vrednost koeficijenta korelacije koja je dobijena u ovoj analizi (-0,744) govori o visokom stepenu povezanosti razvijenosti područja po ustanovljenoj metodologiji i ostvarenog PS. Negativan znak govori o tome da najrazvijenija područja kojima je, po metodologiji, dodeljena vrednost 1, zapravo imaju najveći broj ostvarenih poštanskih usluga i obrnuto – devastirana područja kojima je dodeljena oznaka 5 imaju najmanji broj ostvarenih poštanskih usluga.

Iz prethodne analize se može zaključiti da parametri PS, u ovom slučaju ostvareni PS predstavljen prosečnim brojem norma minuta u posmatranoj oblasti, na dobar način aproksimira opsežne podatke o demografskim kretanjima, aktivnosti stanovništva i privrednoj aktivnosti područja, pa se, u daljem radu, ovaj parametar može uzeti kao relevantan za analizu regionalnog razvoja, poređenje karakteristika administrativnih jedinica do nivoa okruga, opština, lokalnih samouprava i sela. Takođe, zbog vrlo nejasne klasifikacije naselja koja je trenutno važeća i vrlo neprecizna, poštanski podaci bi mogli da budu odlučujući parametar za sistematičan pristup klasifikaciji naselja, merenje društvenih i privrednih aktivnosti stanovništva i sprovođenje korektivnih akcija ne

samo u domenu razvoja strategije i poštanske politike, već i u domenu saradnje sa lokalnom samoupravom, organima državne uprave i drugim davaocima usluga (Milutinović i Grgurović, 2017).

Aktivnosti pojedinih oblasti se mogu utvrditi prema broju registrovanih i neregistrovanih pisama u polazu i dolazu u MPS-u, odnosno broju pismonosnih pošiljaka za otpremne i prijemne JPM koje pripadaju određenim oblastima (Tabela 3). Koeficijent korelacije između stepena razvijenosti i obima poštanskog saobraćaja u polazu i dolazu su, redom, -0.78375 i -0.6834 što ukazuje na značajan stepen korelacije između razvijenosti regiona i obima poštanskog saobraćaja. Negativan znak govori o tome da razvijenije oblasti, okarakterisane nižom vrednošću stepena razvijenosti, imaju veći obim pismonosnog saobraćaja u MPS-u i obrnuto – manje razvijene oblasti karakteriše i niži stepen komunikacione aktivnosti.

Tabela 3. Učešće pojedinih oblasti, odnosno JPM koje pripadaju određenim oblastima u MPS-u

	Oblast	Stepen razvijenosti	Površinski polaz	Avionski polaz	Ukupno polaz	Dolaz
1	Beograd	1.25	55099	76637	131736	464194
2	Niš	3.316	5731	25803	31534	45471
3	Jugoistočna Srbija	4.417				
4	Novi Sad	1.923	33106	42873	75979	118136
5	Pomoravlje	2.538	5296	15204	20500	27766
6	Kopaonički region	3.429	4169	15009	19178	23193
7	Jugozapadna Srbija	2.615	5762	15449	21211	24838
8	Južni Banat	2.625	4564	9113	13677	
9	Srem	2	10645	26108	36753	24342
10	Istočna Srbija	3.133	1764	7006	8770	10713
11	Severna Vojvodina	1.9	17294	24903	42197	42902
12	Srednji i Severni Banat	2.625	3869	8171	12040	14796
13	Zapadna Srbija	3	10570	12031	22601	19775

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom radu predstavljena su iskustva i mogućnosti korišćenja poštanskih podataka - složenih skupova podataka koji u kombinaciji sa sofisticiranom, moćnom analitikom imaju veliki uticaj ne samo na mogućnosti naučnog istraživanja, već i na komercijalnu aktivnost. Pored toga, što njihovim korišćenjem, poštanski operatori mogu unaprediti i povećati efikasnost svojih aktivnosti, razviti nove i unaprediti postojeće usluge, u budućnosti oni mogu predstavljati značajno sredstvo razvoja društva kroz podršku ekonomskom razvoju, kao i vladinim uslugama i politikama.

Pored međusobnog poređenja zemalja putem poštanskih, sociodemografskih i ekoomskih parametara, autori smatraju korisnim utvrđivanje poštanske delatnosti na nivou regiona, okruga i naselja i njihovo upoređivanje sa tokovima robe i putnika, što je urađeno na regionalnom nivou u Republici Srbiji. Takođe je važno definisati specifične karakteristike ruralnih i urbanih područja, kao i različite parametre koji ih opisuju.

Svako dodatno istraživanje, obrada podataka i analiza u malim, nerazvijenim zemljama ili zemljama u razvoju koje ispituju karakteristike fizičkih i pravnih lica u određenoj oblasti putem standardizovanih parametara zahtevaju značajna sredstva i korišćenje resursa; stoga mogućnost korišćenja podataka koji se svakodnevno pasivno prikupljaju predstavlja novu mogućnost poslovanja i štedi značajne resurse za zemlju, a opravdanost ovakvog pristupa prikazana je u radu. Ogromne transportne kompanije, kao što su poštanski operateri ili avio-prevoznici, predstavljaju tradicionalne partnere od poverenja jedne države, shodno tome se očekuje uspešna saradnja na razmeni podataka.

Dobijeni podaci i rezultati sprovedenog modela predstavljaju dobru osnovu za dalja istraživanja. Ciljanje područja sa niskom aktivnošću, socijalno i ekonomski isključenih, predstavlja moćno oruđe u planiranju i rastu

nerazvijenih područja, razvijanju strategija i povezivanju na regionalnom, nacionalnom i međunarodnom nivou. Ograničenost primene ovog modela se može naći u specifičnostima lokalnih zajednica i opsegu poštanskih usluga koje se pružaju, tako da bi se, šira primena ovog modela mogla vezati za neki specifičan opseg usluga, npr univerzalnu poštansku uslugu, dok bi se, kroz saradnju sa drugim preduzetnicima i vladinim agencijama koji bi učestvovali u strategiji otvorenih podataka, mogli definisati i drugi parametri koji odslikavaju društvenu i ekonomsku aktivnost određenih zajednica.

Buduća istraživanja mogla bi se usmeriti na primenljivost modela na postojeću klasifikaciju naselja i već definisane kategorije, pronalaženje specifičnih indikatora koji opisuju ove oblasti i utvrđivanje zakonitosti vezano za povezanost određenih kategorija naselja sa poštanskim parametrima.

6. LITERATURA

Anson, J., Boffa, M., Helble, M. (2014). A Short-Run Analysis of Exchange Rates and International Trade with an Application to Australia, New Zealand, and Japan. Tokyo: Asian Development Bank Institute, ADBI Working Paper 471. https://doi.org/10.2139/ssrn.2419984

Ansón, J., Helble, M. (2013). A gravity model of international postal exchanges. In: Crew, M.A. & Kleindorfer, P.R. (Eds.). Reforming the postal sector in the face of electronic competition. 36-47. Cheltenham: Edward Elgar. https://doi.org/10.4337/9780857935809.00008

Anvarovna, S. D. (2022). Digital Transformation of National Postal Operators. Texas Journal of Multidisciplinary Studies, 5, 251-254.

Caraka, R. E., Wijaya, N., Ulkhaq, M. M., Saputra, P. M. A., Subair, M. (2017) Analysis of Correlations between Postal and Trade Network Data within ASEAN Countries and Beyond. Journal of Physics: Conference Series Vol. 1025. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1025/1/012117

Dobrodolac, M., Ralević, P., Švadlenka, L, Radojičić, V. (2016). Impact of a new concept of universal service obligations on revenue increase in the Post of Serbia, Promet - Traffic and Transportation 28 (3), 235-244, https://doi.org/10.7307/ptt.v28i3.1835

Govindan, K., Cheng, T. E., Mishra, N., & Shukla, N. (2018). Big data analytics and application for logistics and supply chain management. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 114, 343-349.

Günther, W. A., Mehrizi, M. H. R., Huysman, M., & Feldberg, F. (2017). Debating big data: A literature review on realizing value from big data. The Journal of Strategic Information Systems, 26(3), 191-209.)

Hristova, D., Rutherford, A., Anson, J., Luengo-Oroz, M., Mascolo, C. (2016). The international postal network and other global flows as proxies for national wellbeing, PloS One 11(6), e0155976. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155976

Hu, X., Jin, Y., & Wang, F. (2015, April). Research of Postal Data mining system based on big data. In 3rd International Conference on Mechatronics, Robotics and Automation (pp. 643-647). Atlantis Press.

Jucha, P. (2021). Use of artificial intelligence in last mile delivery. In SHS Web of Conferences (Vol. 92, p. 04011). EDP Sciences.

Marsh, B., & Piscioneri, P. (2015, June). The Internet of postal things. In 2015 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS) (pp. 3-4). IEEE.

Martens, P., Caselli, M., De Lombaerde, P., Figge, L., Scholte, J. A. (2015). New directions in globalization indices, Globalizations 12(2), 217-228. https://doi.org/10.1080/14747731.2014.944336

Martínez-Alvaro, O., & Nuñez-González, A. (2016). Information Related to Postal Flows and Big Data Analysis Potential. The Case of Spain. Transportation research procedia, 18, 256-263.

Milutinović J., Grgurović B. (2017). Primena Internet of Things u poštanskom saobraćaju, Regionalna naučno-stručna konferencija INFOFEST 2017, 24. Festival informatičkih postignuća, 24-30.9.2017, Budva

Mirza, F. 2013. Postal big data holds key to global development. Union Postale. No.4 p.13-16.

Mostarac, K., Kavran, Z., Rakić, E. (2019). Accessibility of universal postal service according to access points density criteria: case study of Bjelovar–Bilogora County, Croatia, Promet – Traffic & Transportation 31(2), 173-183. https://doi.org/10.7307/ptt.v31i2.3019

Norman, H. 2015, Big data issues: an opportunity for postal operators?, Parcel and Postal Technologies, available in https://www.parcelandpostaltechnologyinternational.com/features/big-data-issues-an-opportunity-for-postal-operators.html

Otsetova, A., & Dudin, E. (2018). Postal services in the conditions of fourth industrial revolution. International Journal of Advanced Research in IT and Engineering, 7(5), 1-13.

Özköse, H., Arı, E. S., & Gencer, C. (2015). Yesterday, today and tomorrow of big data. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 195, 1042-1050.

Pavlovskaya, M., & Kononova, O. (2018). The Smart city vision: The internet-of-postal-things (iopt) approach. Smart Cities and Regional Development (SCRD) Journal, 2(1), 57-69.

Ralevic P., Milutinovic J., Čubranac-Dobrodolac M., Dobrodolac M., (2020), Transportation volumes as the indicators of sociodemographic and economic characteristics of certain area, XII International Scientific Conference TRANSPORT PROBLEMS, Silesian University of Technology Faculty of Transport, Katowice, Poland

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, https://doi.org/10.1007/s10100-014-0369-0

Rubens, P. 2014. Big Data Analysis Figure it out. Postal Technology International. Available at www.postaltechnologyinternational.com/magazine_archive.p hp.

Trimble, J. (2016). Postal Service Development Requires ICT and Big Data. In Plenary Presentation for ADMI National Conference.

Trimble, J. (2016). Postal Service Development Requires ICT and Big Data. In Plenary Presentation for ADMI National Conference.

Trimble, J., & Keeling, H. (2013). Computational Intelligence and Computational Science used toward a Postal Information Systems Strategy. In Proc. Joint Int'l Conf Engg Educ and Research and Intl Conf on Info Tech (pp. 674-684).

United Nations – General Assembly. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. Available at: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E

UPU, 2017, Integrated Index for Postal Development (2IPD), 2016 results, http://www.upu.int/uploads/tx_sbdownloader/postalDevelopmentReport2017En.pdf

Uredba, 2014, Uredba o utvrđivanju jedinstvene liste razvijenosti regiona i jedinica lokalne samouprave za 2014. godinu, Službeni glasnik RS, br. 104/2014

Zhong, R. Y., Newman, S. T., Huang, G. Q., & Lan, S. (2016). Big Data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: Challenges, opportunities, and future perspectives. Computers & Industrial Engineering, 101, 572-591.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

TELEMATICS SYSTEMS IN DANGER GOOD TRANSPORT

TELEMATSKI SISTEMI U TRANSPORTU OPASNIH MATERIJA

Aleksandar Stjepanović[a], Miroslav Kostadinović[a], Goran Kuzmić[a], Mario Radonjić[b], Milana Sredojević[b]

[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, miroslav.kostadinovic@sf.ues.rs.ba, goran.kuzmic@sf.ues.rs.ba*

Bosnia and Herzegovina, marioradonjic87@gmail.com, milanasredojevic13@gmail.com

Abstract: *The transport of hazardous materials is one of the most demanding types of transport and as such requires constant monitoring and control of the entire transport process. By applying modern information and communication technologies in the form of telematics systems, it is possible to constantly monitor the transport process in real time. The paper analyzed the possibilities of implementing telematics systems for the control and monitoring of the transport of dangerous goods. A proposal for the realization of the system with the use of microcontroller devices based on Arduino Uno is given. The GPS global positioning system was used for tracking, and the GPRS mobile data exchange system was used for data exchange.*

Key words: *telematics systems, danger goods, microcontroller control*

Apstrakt*: Transport opasnih materija predstavlja jedan od najzahtjevnijih vidova transporta te kao takav iziskuje stalno praćenje i kontrolu cjelokupnog transportnog procesa. Primjenom savremenih informaciono-komunikacionih tehnologija u vidu telematskih sistema, moguće je stalno praćenje transportnog procesa u realnom vremenu. U radu su analizirane mogućnosti implementacije telematskih sistema za kontrolu i praćenje transporta opasnih materija. Dat je prijedlog realizacije sistema uz korišćenje mikrokontrolerskih uređaja na bazi Arduino Uno. Za praćenje je korišćen sistem globalnog pozicioniranja GPS, a za razmjenu podataka, sistem mobilne razmjene podataka GPRS.*

Ključne riječi: *telematski sistemi, opasne, materije, mikotkontrolersko upravljanje*

1. UVOD

Transport opasnih materija je jedan od najzahtjevnijih vidova transporta robe. Sam pojam opasne materije iziskuje posebnu pažnju u rukovanje a tako i prevozu. Imajući u vidu prirodu samog transporta ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route) robe, za transport opasne robe važe drugačija i mnogo rigoroznija pravila (Batarliene, 2010). Normativi u svim zemljama svijeta su daleko strožiji kod transporta opasnih materija, jer se često radi o transportu vrlo opasnih materija po zdravlje ljudi i životinja, koje mogu negativno uticati i na cjelokupni biljni i životinjski svijet. Koristeći određene normative i pravila moguće je bezbjednosne rizike svih učesnika transporta (kao i okoline) izbjeći ili svesti na najmanju moguću mjeru.

Pod pojmom opasne materije se podrazumjevaju, u najširem smislu, sve one materije i supstance koje u procesu proizvodnje ili tokom transporta i rukovanja mogu izazvati štetu po zdravlje ljudi i opasnost po okolinu. Opasne materije su svi oni proizvodi, poluproizvodi, sirovine i otpadni materijal koji mogu ugroziti život i zdravlje ljudi (Dilay, 2019). Takođe, ove materije mogu prouzrokovati kontaminaciju životne sredine ili nanijeti neku drugu vrstu štete. Prema tome, kako bi se minimalizovala ili redukovala bilo kakva nezgoda u vezi sa opasnom robom, neophodno je utvrditi regulative koje određuju pravila ponašanja svih lica koja dolaze u kontakt sa opasnom robom. Iz ovih razloga, pojam opasne robe definisan je domaćim zakonima, međunarodnim ugovorima, ali i drugim propisima. Drumski transport, koji je najčešće korišćeni oblik transporta, polako postaje jedna od

najvećih civilizacijskih pretnji (Stanisław; Krzysztof, 2012). Zagađenje vazduha, emisija buke, saobraćajne nezgode, zagušenja, zagađenje vode, povezani sa visokim troškovima koje moraju da snose svi stanovnici Zemlje, a ne samo korisnici transporta. Posljedice razvoja saobraćaja i njegovi negativni efekti već su uočljivi i budući efekti će se osjetiti tek u budućnosti. Razvoj transportnih preduzeća ne podrazumjeva samo povećanje njihovog voznog parka, već i uvođenje sve modernijih sistema kontrole i upravljanja (Ebrahimi;Tadic, 2018). Za efikasan transport potrebni su savremeni logistički sistemi koji pružaju brze i sveobuhvatne informacije o upravljanju i kontroli prevoznih sredstava. Aktuelni razvoj telekomunikacija i informacionih tehnologija omogućava uvođenje integrisane usluge koje se sastoje u kontinuiranom određivanju lokacije vozila i automatsko praćenje transporta u nacionalnom i međunarodnom transportu, ne samo u drumskom, već i u željezničkom, vazdušnom. Mobilnu lokaciju u osnovi karakterišu dva aspekta: mobilnost i informacija o lokaciji. Usluge mobilne lokacije su usluge koje koriste znanje o tome gdje se nalazi mobilni terminal sposoban za bežični prenos podataka (Hongli, i dr., 2018). Mobilna komunikacija postaje sve važnija tokom transportnog procesa. Kontinuiran razvoj puteva zahtjeva korišćenje efikasnog načina upravljanja teretom, omogućavajući njihovo lociranje, prijavljivanje statusa tereta i podataka o stanju vozila.

Trenutno se telematska rješenja koriste u drumskom transportu. Transportna telematika sastoji se od sledećih aspekata:

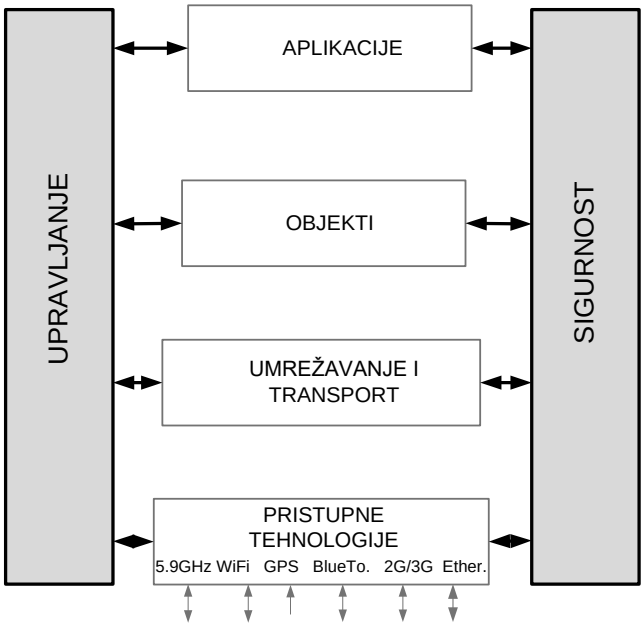
- Prenos informacija do i od vozila (telekomunikacije);
- Obrada informacija (Informaciona tehnologija);
- Korišćenje informacija za bezbjedan transport i efektivno korišćenje već postojećih tehnoloških rješenja.

U radu je dat prijedlog jednog telematskog rješenja terminalnog podsistema koji je smješten u vozilu, namijenjenog prikupljanju i slanju prikupljenih podataka iz vozila, a zasnovanog na jeftinim mikrokontrolerskim sklopovima integrisanim sa WiFi i GPRS modulima, namijenjenim za praćenje stanja tereta u vozilu te pravovremno slanje informacija u kontrolni centar. Pored toga u sistemu je implementiran sklop za određivanje lokacije vozila zasnovan na GPS (Global Positioning System) tehnologiji. Na osnovu dobijenih informacija moguće je u centru za praćenje i kontrolu u skladu sa stanjem vozila i tereta na terenu preduzeti potrebne aktivnosti. Kontrolor u svakom trenutku u centru za praćenje, ima informaciju o lokaciji vozila koje prevozi opasnu materiju i stanju vozila.

2. METODE

Evropski komitet za standardizaciju CEN (European Committee for Standardization) propisuje određene standarde koji su vezani za oblast inteligentnih transportnih sistema a odnose se na transport opasnih materija.

Prema standardu CEN/TC278 koji se odnosi na drumski transport i standardizaciju u oblasti inteligentnih transportnih sistema, obuhvatajući usluge i tehnike za postizanje bezbjednosti na putevima, ekološke održivosti i efikasnosti saobraćaja, kao i za poboljšanje iskustva putovanja, kroz primjenu informacionih i komunikacionih tehnologija između vozila/infrastrukture/drugih učesnika u saobraćaju. Bitno je napomenuti da još uvijek nije razvijen i standardizovan glavni model arhitekture u prevozu opasnih materija. Postoje različite vrste aplikacija koje se razmatraju, te različiti oblici komunikacije (Novacki ;Koczewski, 2019). Standardom ISO TC207 razvijen je preliminarni radni prijedlog pod oznakom ISO15638, a odnosi se na radni okvir kolaborativnih aplikacija koje regulišu vozila za prevoz tereta. Za komunikaciju se koristi CALM arhitektura (Communications access for land mobiles), uz upotrebu 5G, GSM, te drugih komunikacionih terhnologija. Arhitektura CALM daje preporuke za razvoj medijski nezavisnih aplikacija. Ona obrađuje temu komunikacije vozilo sa vozilom V2V (Vehicle to Vehicle) te komunikaciju vozilo/infrastruktura V2I (Vehicle to Infrastructure), te konstantni pristup Internetu kroz različite radio tehnologije. Ovaj standard podržava celularne mreže (2G/3G), komunikacija na bazi infracrvene svjetlosti IR (Infrared Light), mikrotalasni linkovi (CALM M5) , IEEE 802.11 a/b/g (WiFi), IEEE 802.11p (mobilni WiFi), mikrotalasi CALM DSRC (Dedicated Short Range Communications). Kao Internet protokol koristi se IPv6 koji manje ili više zamjenjuje IPv4 verziju protokola. Na slici 1. je prikazan pogled na arhitekturu ITS (Intelligent Transportation System) stanice.



Slika 1. Arhitektura ITS stanice sistema za praćenje prevoza opasnih materija

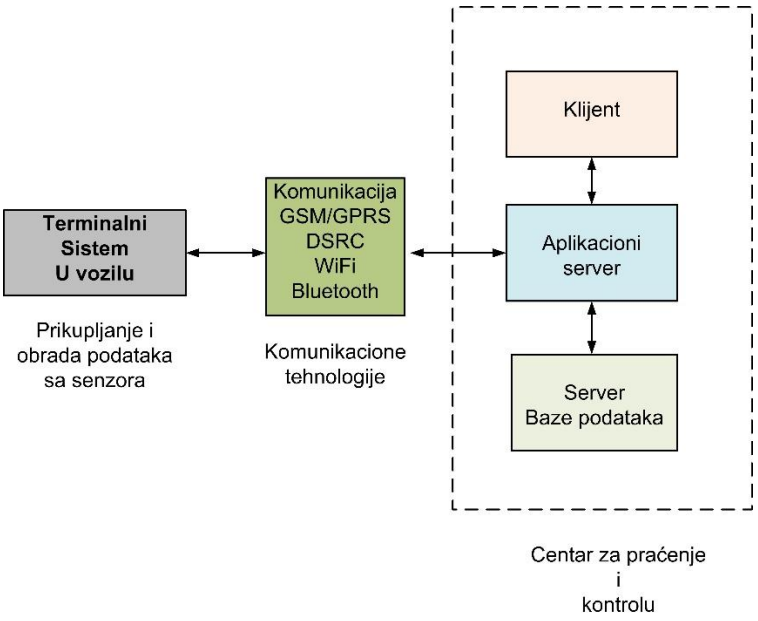
Kod prevoza opasnih tereta koriste se sistemi identifikacije vozila i roba koje se prevoze (Vrábel i dr., 2020). Glavne jedinice sistema daljinske identifikacije vozila i robe obuhvataju:

- TIP (Transport Information Portal) transportni informacioni portal,
- TVIMP (Transport Vehicle Information Mobile Portal) mobilni portal za informacije o transportu,
- sistem kontrole sadržaja (SMS, GPRS),
- mobilni telefon,
- jedinica za navođenje geografskog položaja vozila i robe.

Transportni informacioni portal je podsistem koji ima za cilj pružanje podataka o vozilima. Korisnici portala tamo mogu dobiti potrebne informacije i koristiti dodatne module i podsisteme. TVIMP portal (tj. mobilni portal za zajedničke informacije o transportu) je podsistem koji obavlja funkciju pružanja informacija o prevozu za korisnike portala. Ovaj portal je dizajniran da svi korisnici ovog portala obavljaju sledeće funkcije:

- Mobilna komponenta omogućava korisnicima da pretražuju portal sa telefonom ili drugim dostupnim uređajima, koristeći različite vrste pretraživača;
- Komponenta statičkih informacija, prikuplja i automatski ažurira statičke podatke.

Arhitektura telematskog sistema za praćenje transporta opasnih materija najčešće se sastoji od tri podsistema (Dilay, 2019). Centralni nadzorni sistem koji opslužuje dežurni operater i služi za prikupljanje, obradu, skladištenje i slanje podataka na terminalne uređaje koji se nalaze u transportnim sredstvima, zatim podsistem za komunikaciju zasnovan na različitim dostupnim komunikacionim tehnologijama (najčešće su to bežične komunikacione tehnologije, satelitska komunikacija, bežični prenos podataka putem GSM tehnike, tehnike za komunikaciju na kratkim udaljenostima, DSRC, WiFi, Bluetooth tehnologija i druge), te terminalni uređaji koji se nalaze u transportnim sredstvima a služe za prikupljanje, slanje i primanje podataka koji su bitni prilikom transporta opasnih materija. Na slici 2. prikazan je primjer sistema sa osnovnim elementima.

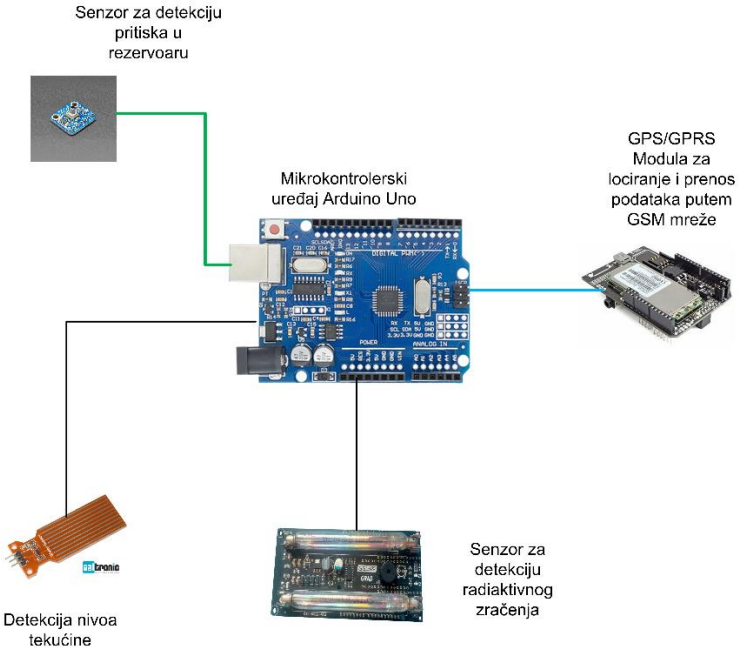


Slika 2. Arhitektura ITS stanice sistema za praćenje prevoza opasnih materija

Osnovna funkcija terminalnog sistema vozila je sakupljanje informacija, slanje informacija i sprovođenje naredbi koje su predate od strane centra za praćenje. Pomoću GPS modula koji je uglavnom odgovoran za prikupljanje informacija o položaju vozila, vrši se tačno određivanje lokacije vozila na terenu, a putem ZigBee modula vrši se prikupljanje informacija o stanju vozila i okruženju. U centralnoj procesorskoj jedinici se vrši obrada dobijenih podataka te se vrši njihovo slanje putem neke od komunikacionih tehnologija, najčešće GPRS/GSM tehnologije.

3. REZULTATI

Za analizu sistema za prevoz opasnih materija baziranog na inteligentnom transportnom sistemu, dat je prijedlog jednog dijela sistema sa slike 2. koji se odnosi na terminalni dio. Predloženo rješenje je bazirano na ekonomski pristupačnom rješenju sa mikrokontrolerskim sklopovima, uz korištenje GPS tehnologije za lociranje i praćenje vozila. Na slici 3. prikazan terminalni dio sistema koji se nalazi u transportnom vozilu.



Slika 3. Arhitektura terminalnog sklopa koji se nalazi u vozilu

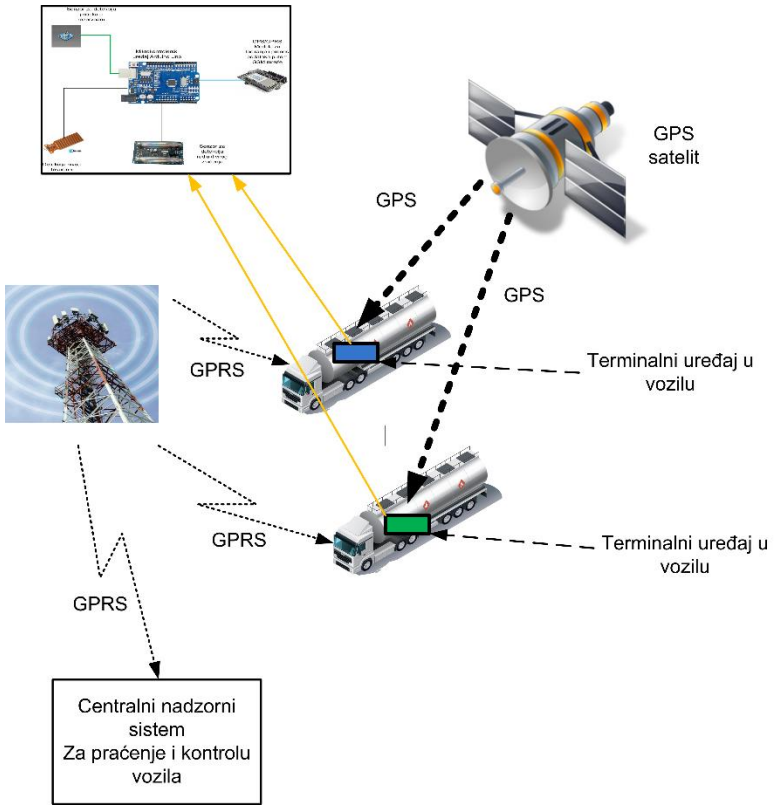
Sa slike 3. je vidljiva arhitektura terminalnog sklopa. Kao centralni dio iskorišten je mikrokontrolerski sklop na bazi Arduino Uno uređaja koj služi za prikupljanje podataka sa senzora, njihovu obradu, te slanje putem GPRS tehnologije do nadzornog centra. Predloženo rješenje je arhitekture otvorenog tipa, tako da postoji mogućnost

jednostavnog dodavanja novih senzora ili zamjene postojećih drugim tipovima. Pored prikupljanja neophodnih podataka vezano za stanje materijala koji se prevozi, sklop omogućava praćenje lokacije transportnog sredstva te stalnu komunikaciju sa vozaćem i vozilom.

Vozilo komunicira sa transportnom infrastrukturom putem implementirane tehnologije, u ovom slučaju GPRS. Pored pomenute tehnologije, moguća je laka implementacija WiFi, DSCR tehnologija čime predloženo rješenje dobija na univerzalnosti. Terminalni sklop je predviđen za prikupljanje podataka o radioaktivnom zračenju kod transporta radiaktivnih materijala, kao što je gorivo za nuklearna postrojenje ili nuklerni otpad. U slučaju transporta tečnih materijala predviđeno je i mjerenje nivoa tekućine u vozilu, te pravovremno obavještavanje u slučaju curenja iste.

Transport radiaktivnih materijala inače podliježe posebnim transportnim uslovima, te je ovdje naveden samo kao primjer primjene telematskih sistema u transportu opasnih materija.

Pored terminalnog dijela koji se nalazi u vozilu koje služi za transport, sistem za praćenje se sastoji od centralnog nadzonog sistema koji prikuplja sve podatke sa vozila te vrši njihovu obradu i smještanje u bazu podataka. Na slici 4. prikazana je arhitektura sistema za praćenje i nadzor, vozila u transportu opasnih materija.



Slika 4. Arhitektura sistema za praćenje i nadzor vozila u transportu opasnih materija

Na slici 4. prikazana je arhitektura telematskog sistema za praćenje i nadzor vozila u transportu opasnih materija. Komunikacija vozila sa centralnim dijelom sistema ostvaruje se putem GPRS tehnologije. Vozila u određenim vremenskim intervallima putem terminalnog uređaja šalju prikupljene podatke o stanju tereta i samog vozila. U slučaju nepredviđenih događaja, nesreće, curenje materijala, povećan nivo radiaktivnog zračenja, operator u nadzornom centru na osnovu prispjelih informacija reaguje i šalje odgovarajuće službe na teren, a vozača vozila upozorava da se zaustavi sa teretom. Aplikacija u nadzornom centru prati i vizuelno prikazuje na mapi sva vozila na terenu te na osnovu dobijenih informacija generiše neophodne alarme te na taj način upozorava odgovorno lice u nadzornom centru.

4. DISKUSIJA

U radu je predloženo rješenje terminalnog sklopa koji se implementira u transportnom sredstvu. Rješenje je bazirano na ekonomski pristupačnim komponentama baziranim na Arduino Uno mikrokontroleskom sklopu u sinergiji sa odgovarajućim senzorima. Predloženo rješenje je otvorene arhitekture, pa su potencijalne promjene ili proširenja vrlo lako ostvarivo. Predloženo rješenje u odnosu na komercijalna dostupna rješenja, se odlikuje

jednostavnošću, otvorenom arhitekturom, niskom cijenom, dostupnošću rezervih komponenti te zadovoljavajućom klasom tačnosti. Komercijalno dostupna rješenja iziskuju velika početna ulaganja te su najčešće specijalizovana i iziskuju nabavu kompletne opreme od istog proizvođača. Takođe arhitekture sistema su često zatvorenog tipa pa su proširenja ili eventualne izmjene na sistemu vrlo skupe.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Prevoz opasnih materija zahtjeva posebnu pažnju kod realizacije telematskih rješenja koja će zadovoljiti propisane standarde. Često su za te potrebne dostupna skupa i komercijalno nedostupna rješenja za ekonomski slabija preduzeća. Iz tog razloga u radu je predloženo rješenje zasnovano na lako dostupnm komponentama sa mogućnostima za daljnju nadogradnju i proširenje postojećeg sistema bez većih materijalnih ulaganja. Predložena arhitektura sistema obuhvata arhitekturu kompletnog sistema, te dio koji se nalazi u vozilu i dio centralnog nadzornog sistema koji je van vozila. Akcenat u radu je stavljen na terminalni dio koji se nalazi u vozilu.

6. LITERATURA

Batarliene, N.(2010). Implementation of advanced technologies and other means in dangerous freight transportation. Transport, Vol. 22, Issue 4, 290-295.

Dilay Ç. (2019). A system dynamics model for regulatory impact assessment in transport of dangerous goods. Journal of Simulation, 191-201.

Ebrahimi, H., Tadic, M. (2018). Optimization of Dangerous Goods Transport in Urban Zone. Decision Making:Applicationsin Management and Engineering, Vol.1, Issue 2, 131-152.

Hongli, Z.,Ning, Z., Yu, G.(2018). Safety Assessment Model for Dangerous Goods Transport by Air Carrier. MDPI-Sustainability, 10, 1-16.

Lewinski A., Perzynski T.(2019). Telematics as a Method for Improvement the Transport Safety. Archives of Transport System Telematics, Volume 12, Issue 3., 3-7.

Novacki, G., Koczewski, R. (2019). Modern Technology Application for the Road Transport of Dangerous Goods. Archives of Transport System Telematics, Volume 12, Issue 4., 3-9.

Stanisław I., Krzysztof M.(2012). Data Flows in an Integrated Urban Freight Transport Telematic System, Telematics in the Transport Environment, 79-86.

Vrábel J.,Jagelčák, J. Čermák, J., Ondruš J., Caban, J. (2020). Tracing of the dangerous goods and its tracking in the intermodal transport mode - the case study, 2020 XII International Science-Technical Conference AUTOMOTIVE SAFETY, 1-5.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

APPLICATION OF RFID TECHNOLOGY IN IDENTIFICATION AND MEASUREMENTS - CASE STUDY ATHLETIC RACE

PRIMJENA RFID TEHNOLOGIJE U IDENTIFIKACIJI I MJERENJU-STUDIJA SLUČAJA ATLETSKA TRKA

Žarko Jovanović

Bosnia and Herzegovina, jovanoviczarko@live.com

Abstract: *The paper presents the application of the RFID system in identification and measurement during the organization of mass events - from the aspect of a case study of an athletic race with several different distances with a joint mass start. The basic elements of the measurement system are presented and its functionality as well as the advantages and potential weaknesses of the system are described. Through the analysis of the obtained results of measuring the time of all participants in the 5 and 10 km race, the capabilities of the RFID system were tested and concrete conclusions were drawn. The application of this technology in the future will be primary and through technological progress the functionalities will be improved and the capacities of such systems based on RFID as well as combined with new modern technological solutions will be increased.*

Key words: *RFID tag, RFID antenna, measurement, identification, mass events*

Apstrakt*: U radu je prezentovana primjena RFID sistema u identifikaciji i mjerenju prilikom organizacije masovnih događaja-sa aspekta studije slučaja atletske trke sa više različitih distanci sa zajedničkim masovnim startom. Prikazani su osnovni elementi sistema za mjerenja i opisana je njegova funkcionalnost kao i prednosti i potencijalne slabosti sistema. Kroz analizu dobijenih rezultata mjerenja vremena svih učesnika trke na 5 i 10 km testirane su mogućnosti RFID sistema i izvedeni konkretni zaključci. Primjena ove tehnologije u budućnosti će biti primarna i kroz tehnološki napredak usavršavati će se funkcionalnosti i povećavati kapaciteti ovakvih sistema zasnovanih na RFID kao i kombinaciji sa novim savremenim tehnološkim rješenjima .*

Ključne riječi: *RFID tag, RFID antena, mjerenje, identifikacija, masovni događaji*

1. UVOD

Atletske trke su nevjerojatno popularni masovni sportski događaji koji privlače atletičare i gledaoce širom svijeta. U takvim takmičenjima, svaki trenutak može biti presudan, a mjerenje vremena igra ključnu ulogu u određivanju pobjednika i postavljanju novih rekorda.

RFID (Radio-Frequency Identification) tehnologija se koristi u različitim oblastima, uključujući transport, logistiku, praćenje inventara, kontrolu pristupa, ali je svoju primjenu pronašla i u sportu kao što je atletika za precizno merenje vremena (RFID chip timing). Prednosti uključuju visoku preciznost, brzu registraciju, automatsko praćenje i fleksibilnost u primjeni. Ipak, postoje izazovi kao što su troškovi implementacije, održavanje i potreba za obukom mjernog osoblja.

Kako bi se osigurala potpuna preciznost i pravednost u mjerenju vremena svih učesnika organizatori atletskih takmičenja koriste blagodati razvoja modernih mjerno-komunikaconih tehnologija i uz pomoć posebno obučenih atletskih sudija putem RFID tehnologije vrše kontrolu, analizu i verifikaciju postignutih rezultata.

Ubrzanim razvojem RFID tehnologija, razvijali su se i prvi sistemi za mjerenje vremena na atletskim događajima, u svom radu Finkenzeller (2003) navodi testiranja RFID transpondera na atletskim stazama, prvenstveno na trkama dužine 400 i 800 metara gdje broj trkača nije veči od broja dostupnh staza za trčanje te se RFID tag se postavljao na patike trkača. Testiranjem tehnologije RFID tagova koji koriste ultra-visoku

frekvenciju (UHF) u svom radu je opisao Howell (2009) i on predstavljaju osnovu modernih mjernih sistema jer je omogućena masovnija primjena kroz povećanje propusne moći mjerne opreme. Zbog sve veće dostupnosti RFID pasivne i aktivne opreme, došlo je do ekspanzije primjene ove tehnologije i pojave na tržištu sve većeg broja open-source rješenja, i samim tim RFID se nametnuo kao dominanti sistem za mjerenje. Mogućnosti nadogradnje ovog sistema i kombinaciju sa drugim modernim tehnologijama (NFC, GPS i QR-code tehnologija) opisali su Deconinck i Grynczel (2018) i trasirali i put ka daljnjem razvoju multifunkcionalnih RFID rješenja za mjerenje vremena.

Kao osnova istraživanja za ovaj rad koristio nam je konkretan primjer organizacije procesa mjerenja vremena na atletskom događaju sa velikim brojem učesnika. Pristup ovom istraživanju bio je sa aspekta dokazivanja prednosti automatskog mjerenja u odnosu na druge aktuelne metode mjerenja vremena. Sa tehničke strane analizirana je arhitektura i funkcionalnosti sistema za mjerenje vremena koji kao komunikacijsku tehnologiju koristi RFID kako bi ovu tehnologiju približili organizatorima atletskih događaja.

2. METODE MJERENJA VREMENA NA ATLETSKIM DOGAĐAJIMA

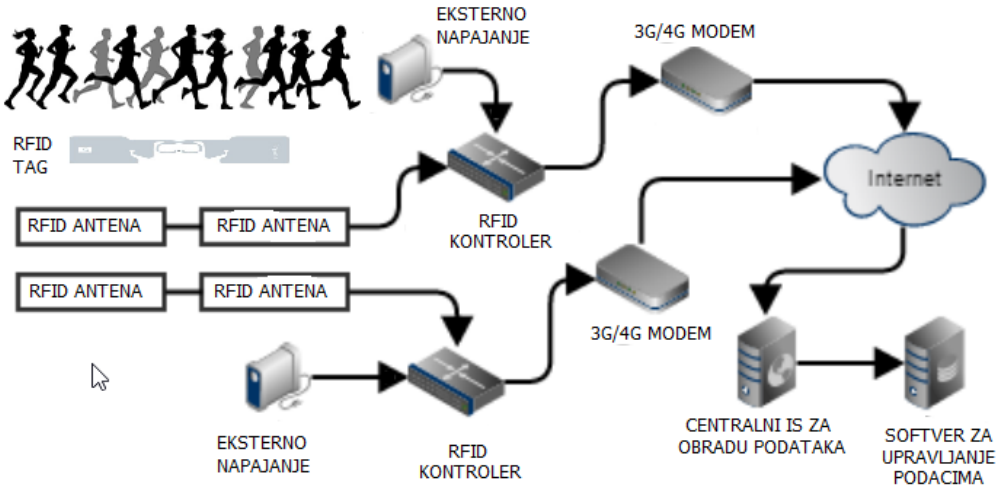
U ovom radu fokus je na analizi sistema za mjerenje vremena na tzv. atletskim disciplinama van atletske staze, koje podrazumjevaju discipline od 5000m do 42192m. Evo nekoliko ključnih metoda i tehnologija koje se koriste za mjerenje vremena na atletskim trkama:

- **Ručno mjerenje vremena:** Na manjim lokalnim maratonima ili trkama, vrijeme se može mjeriti ručno. Osoblje na startnoj i ciljnoj liniji koristi stopere i rukometarske satove za zabilježavanje vremena svakog trkača kada pređe ciljnu liniju. Ova metoda je najjednostavnija, ali manje precizna od automatizovanih metoda.
- **Korištenje startnih i ciljnih linija**: Na većim atletskim trkma, koristi se tehnika postavljanja elektronskih senzora na startnoj i ciljnoj liniji. Trkači nose brojeve sa integrisanim RFID čipovima koji se aktiviraju prilikom prelaska startne i ciljne linije. Ova tehnologija omogućava precizno mjerenje vremena svakog trkača i automatsko generisanje rezultata.
- **Trake za mjerenje vremena**: Neke trke koriste specijalne trake postavljene na stazi kako bi pratili vreme prolaska trkača na određenim tačkama. Trkači nose brojeve sa ugrađenim RFID čipovima koji se aktiviraju kada pređu preko trake. Ovo omogućava organizatorima da prate vreme trkača na različitim dijelovima staze i pruže informacije o vremenu prolaska na međuvremenskim kontrolama.
- **Chip Timing:** Ova tehnologija je postala standard na većini maratona. Svaki trkač nosi RFID čip, obično integrisan u njihov startni broj ili poseban čip na patici. Na startu i cilju, kao i na nekim međuvremenim tačkama, postavljaju se čitači koji automatski bilježe vrijeme trkača. Ovo omogućava precizno mjerenje vremena s tačnošću do nekoliko milisekundi.
- **Video analiza:** Na nekim maratonima koristi se video analiza za mjerenje vremena trkača. Kamere postavljene duž staze snimaju trkače, a softver za analizu video materijala koristi se za identifikaciju vremena prelaska ciljne linije.

Sve ove metode imaju svoje prednosti i mane, ali se često kombinuju kako bi se osigurala što veća preciznost i tačnost u mjerenju vremena trkača na maratonima. Važno je da organizatori trka pravilno odaberu odgovarajuću tehniku koja će zadovoljiti potrebe njihovog događaja i osigurati fer konkurenciju za sve učesnike.

3. ARHITEKTURA RFID SISTEMA ZA MJERENJE VREMENA NA ATLETSKIM DOGAĐAJIMA

Arhitektura RFID sistema za mjerenje vremena na atletskim događajima može biti složena, ali je ključno da se osigura precizno i pouzdano mjerenje vremena svakog trkača. Sastoji se od nekoliko ključnih komponenata koje omogućuju precizno mjerenje vremena.



Slika 1. Osnovni elementi arhitekture RFID sistema za mjerenje vremena

Na slici 1. prikazani su neki od osnovnih elemenata arhitekture RFID sistema za mjerenje vremena na atletskim trkama:

- RFID čipovi za trkače: Svaki trkač nosi RFID čip (tag) koji je povezan s njihovim trkačkim brojem ili identifikacijom. Ovi čipovi su pasivni i emitiraju RF signale kada su izloženi određenoj RF frekvenciji.
- RFID antene: Postavljaju se na različitim kontrolnim tačkama tokom trke. Ove antene emituju RF signale i čekaju odgovore od RFID čipova trkača.
- Mrežna oprema koja omogućava međusobnu komunikaciju između centralnog informacionog sistema i RFID kontrolera. U konkretnom slučaju koriste se 3G/4G modemi, ali se u praksi mogu koristiti i druge mrežne tehnologije koje omogućuju razmjenu podataka u realnom vremenu i dostupne su implementatorima mjerne opreme u konkretnim slučajevima.
- Centralni informacioni sistem za obradu podataka: Sve informacije koje se prikupljaju tokom maratona šalju se centralnom sistemu za obradu podataka. Ovde se podaci obrađuju i analiziraju kako bi se generisali rezultati trke i vremena svakog trkača.
- Softver za upravljanje podacima: Softver za upravljanje podacima omogućuje organizatorima trke da prate trkače u stvarnom vremenu, generišu rezultate i blagovremeno pruže povratne informacije trkačima i gledaocima.

3.1. Realizacija RFID sistema za mjerenje vremena na atletskom događaju

Organizacija rada RFID sistema za mjerenje vremena na atletskim događajima uključuje nekoliko ključnih koraka kako bi se precizno i pouzdano mjerilo vrijeme svakog trkača. Na konkretnom primjeru ulične trke u Modriči detaljno će biti predstavljen proces mjerenja vremena kao i oprema korištena za mjerenje vremena.

Sportski događaj „5. Ulična trka Modriča“ je atletska ulična trka koju je 24.06.2023 godine organizovalo UG „Atletsko rekreativni klub“ Modriča. U sklopu događaja održale su se trke na sledećim distancama:

- 10K u dužini od 10.000 metara – sertifikovana od strane WA/AIMS (dva kruga)
- 5K u dužini od 5304 metra (jedan krug)

Start/cilj trke nalazi se na Trgu dr Milan Jelić (šetalište). Trči se kroz naselja Modriča 1 i Modriča 3. Na stazi se nalaze dvije kontrolne tačke. Prva kontrolna tačka se nalazi na startno/ciljnoj kapiji dok se druga kontrolna tačka nalazi na udaljenosti od 4600 metara i trkači koji trče trku od 5K (jedan krug) jednom prolaze kroz ovu kontrolnu tačku, dok trkači koji učestvuju na trci od 10K dva puta(4600/9000m) u toku trke prolaze kroz ovu kontrolnu tačku i RFID sistem evidentira prolaze.

U tabeli 1. prikazana je potrebna oprema za realizaciju procesa mjerenja vremena na ovakvoj vrsti događaja.

Tabela 1. Spisak korištene opreme za mjerenje vremena

Vrsta opreme	Količina
RFID kontroler sapratećom opremom	2 kom
RFID antena sa pratećom opremom	6 kom
3G/4G modem	2 kom
RFID mjerna traka (5m)	2 kom
Laptop sa predinstaliranim IS za kontrolu vremena	2 kom
Službeni sat trke (led digitalni sat)	1 kom
RFID čipovi (integrisani u startni broj)	250 kom

Oprema navedena u tabeli 1. raspoređena je na dvije mjerne lokacije. Prva lokacija je prostor startno ciljne kapije (slika 3) i tu se nalazi mjerna oprema koja se sastoji službenog digitalnog sata (1kom), podna RFID traka (1kom), RFID kontrolera (1kom), RFID antena (4kom) kao i mrežna i informatička oprema koja omogućava nesmetan rad sistema za mjerenje opreme (3G/4G modem i laptopi). Na slici 2. prikazana je oprema koja je implementirana u prostoru startno ciljne ravnine i koja prikuplja i obrađuje pristigle informacije sa udaljenih mjernih mjesta kao i informacije sa lokalne mjerne opreme.

Slika 2. Mjerna oprema u prostoru startno-ciljne ravnine

Druga lokacija (kontrolno mjesto) se nalazi na 4.6/9.0 kilometru. Kontrolno mjesto se sastoji od sledeće mjerna opreme: podna RFID traka (5m) , RFID antene (2kom), RFID kontrolera (1 kom) kao i 3G/4G modema koji je povezan sa centralnim IS za mjerenje vremena i pomoću kojeg možemo vidjeti prolaze svih takmičara kroz kontrolno mjesto u realnom vremenu. Na ovom mjestu se takođe nalazi i sertifikovani atletski sudija koji prati rad RFID opreme i osigurava njenu ispravnost te vodi računa da svi trkači prođu kroz ovu kontrolnu tačku.

U realizaciji sistema mjerenja korišteni su RFID kontroleri proizvođača IMPINJ i njihove tehničke specifikacije prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2. Tehničke specifikacije RFID kontrolera proizvođača IMPINJ

Vrsta RFID protokola	EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 / ISO 18000-6Cac
Broj antenskih portova	4 monostatična antenska porta visokih performansi, 2 porta visoke performanse, optimisane za antene čitača Impinj (RP TNC)
Snaga emitovanja signala	+10,0 do +30,0 dBm (PoE)
	+10,0 do +32,5 dBm (eksterno univerzalno napajanje)
Osjetljivost prijemnika	-82 dBm

Povratni gubitak	10dB
Upravljačka konzola	RS-232 koristeći standardni Cisco stil upravljačkog kabla (DB-9 do RJ-45) Brzina prijenosa: 115200 Podaci: 8 bitni, bez kontrole protoka
Izvori napajanja	Power over Ethernet (PoE) IEEE 802.3af +24 VDC @ 800mA preko eksternog univerzalnog napajanja sa konektorom za zaključavanje,
Temperaturni opseg	-20°c do +50 °c
Dimenzije (V x Š x D)	(19 x 17,5 x 3 cm)
Težina	0,7kg

Za efikasno očitavanje velikog broja RFID tagova potrebno je obezbijediti dovoljan broj RFID antena, u konkretnom slučaju korišteno je 6 komada RFID antena proizvođača IMPINJ čije su tehničke karakteriste prikazane u tabeli 3.

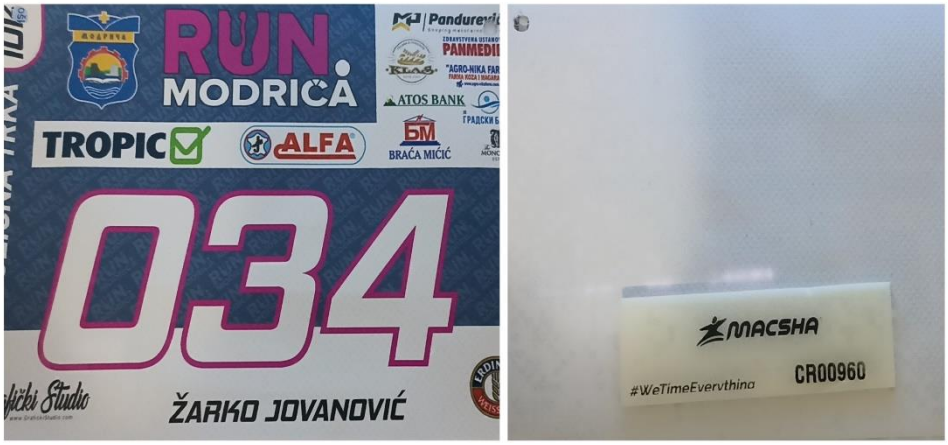
Tabela 3. Tehničke specifikacije RFID antene proizvođača IMPINJ

Mjerni parametri	Tipične vrijednost	Jedinice	Uslovi/Napomene
Frekvencijski opseg	865-868	MHz	
Pojačanje dalekog polja	5	dBI	
HPBW (x-z osa)	50°+3°	stepeni	3 dB širina snopa
HPBW (y-z osa)	100°+3°	stepeni	3 dB širina snopa
Varijacija uzorka (x-y ravan)	14	dBi	Između max i min
Polarizacija	Linearna		Paralelno sa kratkom osom
VSWR	1,5:1		
Ulazna impedansa	50	Ohm	
Ulazna snaga	30	dBm	33 dBm apsolutna maksimalna snaga
Elektostatičko pražnjenje	2	KV	Model ljudskog tijela

U tabeli 4. opisane su tehničke karakteristike korištenih RFID tagova koji su iz implementirani u startne brojeva svih učenika trke. Korišteni su UHF tagovi proizvođača IMPINJ koji rade u frekvencijkom opsegu od 860-960Mhz i koji uz pomoć RFID antena omogućavaju detekciju na daljinu od maksimalno 12 metara. Posjeduju IPV6 zaštitu i mogu se koristiti u svim vremenskim uslovima.

Tabela 4. Tehničke karakteristikeRFID tagova integrisani u startni broj

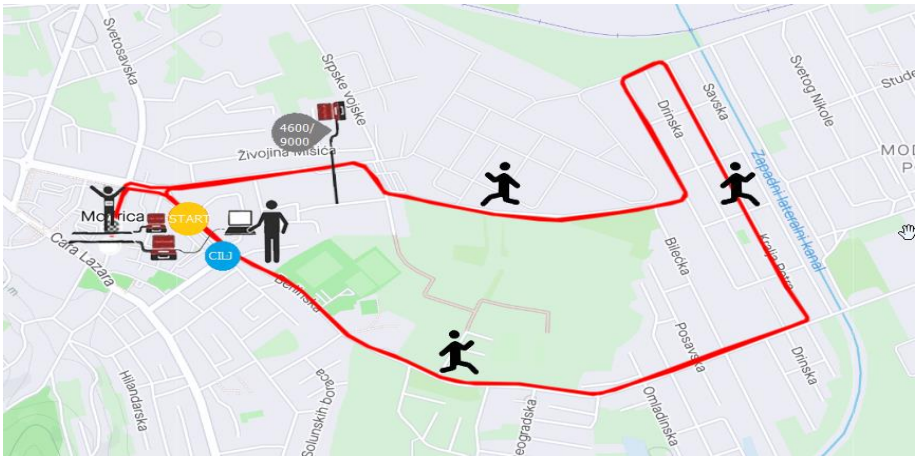
Tehnologija RFID IC	Impinj Monza® R6-P
Podržani protokoli	EPC Class1 Gen2, ISO 18000 6C
Radna frekvencija	UHF 860-960 MHz
EPC (Electronic product code)	do 128 bitova
Čuvanje podataka	do 50 godina
IP zaštita	IPV6



Slika 4. RFID čip integrisan u startni identifikacioni broj

- 3G/4G modem Westermo CYBOX GW 2-P sa aktivnom 4G SIM karticom koji omogućava brzine i do 54Mbps u zavisnosti od pokrivenosti signala i odabranim prenosnim protokolom.. Putem virtuelnog tunela RFID kontroler je putem 4G veze povezan sa udaljenim IS za upravljanje mjerenjem vremena.
- Informacioni sistem službenog mjeritelja vremena integrisan kroz web interfejs na stranici www.stotinka.hr koji koristi vlastito softversko rješenje za obradu podataka i realizaciju poslova mjerenja vremena koje putem node.js skripti i virtuelnih tunela komuniciraju sa RFID kontrolerima i u realnom vrememu prenose prikupljene informacije

Na slici 5. prikazana je su lokacije mjerne oprema trci u Modriči u skladu sa unaprijed definisanim i isplaniranim procesom kontrole vremena svih učesnika:



Slika 5. Raspored mjerne opreme na uličnoj trci u Modriči 24.06.2023

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Kao što smo već rekli, na ovom atletskom događaju zajednički su startovale trka na 5 i 10 kilometara, i IS za mjerenje vremena je morao da istovremeno mjeri vrijeme svih trkača i na ispravan način razdvoji učesnike po distancama i blagovremeno formira rezultate. Da bi službenim licima za mjerenje vremena olakšao mjerenje, organizator je osigurao da trkači na 5K imaju drugačiji vizuelni identitet svojih startnih brojeva u odnosu na učesnike glavne trke na 10K kao i da numeracija startnih brojeva bude različita.

U skladu sa propozicijama takmičenja, trkači moraju uredno i tačno popuniti prijavni obrazac i na osnovu zahtjeva organizatora prilikom preuzimanja statrnih brojeva pružiti dokaz u vidu identifikacionih dokumenata i sl. Startni broj moraju postaviti na majicu sa prednje strane, te on mora biti vidljiv i pravilno postavlje, da bi RFID čitači mogi nesmetano da vrše očitavanje prolaza kroz kontrolne tačke.

Startni brojevi za 10K imaju numeraciju od 001-199, dok startni brojevi za 5K imaju numeraciju 200-299. Svaki trkač je opremljen RFID čipom (tagom) koji je povezan s njihovim startnim brojem i identifikacijom koja mu je dodijeljenja u IS za mjerenje vremena prilikom registracije za nastup. Radi se o pasivnim UHF RFID tagovima čija je proizvođačka numeracija takođe dodijeljena prilikom identifikacije učesnika. U ovakvim situacijama kada

su RFID tagovi integrisani u startni broj, oni se koriste jednokratno i postaju vlasništvo nosioca startnog broja nakon završene trke.

Prije početka trke, svi trkači moraju proći kroz zonu za aktivaciju čipova. Ovdje se čipovi "probude" ili aktiviraju tako da emitiraju RF signale. Nakon aktivacije, trkači kreću prema startnoj liniji. Kada prijeđu startnu liniju, antena i čitač na tom mjestu bilježe vrijeme kada su trkači započeli trku. Trkači nastavljaju stazom, prolazeći kroz definisane kontrolne točke. Svaki put kad trkač prođe kroz kontrolnu točku, antena i čitač na toj tački bilježe njihov prolaz i vrijeme. Kada trkač pređe ciljnu liniju, antena i čitač na ciljnoj liniji bilježe vrijeme kada su trkači završili trku i to postaje ostvareni rezultat i na osnovu njega se kreira plasman.

Tabela 5. Izvod iz startne liste 5. Ulične trke Modriča 2023

Disciplina	Broj registrovanih učesnika	Ukupan broj startera	Ukupan broj finišera	DNF
5K	115	97	89	8
10K	162	128	115	13
Ukupno	277	225	204	21
%		81.2%	91%	9%

U tabeli broj 5. vidimo da je za trku u Modriči bilo prijavljeno ukupno 277 trkača u obije discipline, i da je aktivaciju RFID čipova izvršilo 225 učesnika što čini 81.2 % ukupnog broja prijavljenih takmičara. Ukupan broj finišera iznosi 204 što čini 91% ukupnog broja startera. Uvidom u IS za mjerenje vremena svih 204 takmičara imaju pravilno očitane prolaze na svim kontrolnim mjestima i njihovi rezultati mogu biti verifikovani. Ukupno 21 takmičar (u obije discipline) nije završio predviđenu trku i nije prošao kroz sve predviđene kontrolne tačke i njihovi rezultati u skladu sa pravilnikom ne mogu biti verifikovani i dobijaju status DNF (did not finish).

Svi prikupljeni podaci o vremenskim očitanjima trkača (vrijeme starta, vrijeme prolaska kroz kontrolne točke, vrijeme cilja) pohranjuju se u centralnoj bazi podataka. U tabeli 6. prikazani su verifikovani i službeni rezultati za prvih 3 takmičara u muškoj i ženskoj konkurenciji za obije distance, gdje vidimo da je IS za mjerenja vremena pravilno vršio prikupljanje i obradu podataka i da rezulati dobijeni mjerenjem putem RFID odgovaraju stvarno utvrđenom poretku.od strane službenih lica zaduženih za mjerenje vremena (sertifikovanih atletskih sudija)

Tabela 6. Verifikovani rezultati mjerenja putem RFID sistema za prvoplasirane na obije distance

R.b.	St. br.	RFID identifikator	Ime i prezime	Spol	Status	Start-GUN TIME	Kontrolna tačka 4.6	Kontrolna tačka 9.0 km	FINISH GUN TIME	Vrijeme	Tempo min/km	Brzina km/h	Poredak
10K													
1	24	CRO984	Uroš Gutić	M	FIN	19:00:58	19:16:09	19:30:40	19:34:01	33:03:00	00:03:18	18,15	M 1
2	104	CRO956	SRĐAN SAMARDŽIĆ	M	FIN	19:00:58	19:16:18	19:30:58	19:34:16	33:18:00	00:03:20	18,02	M 2
3	34	CRO960	ŽARKO JOVANOVIĆ	M	FIN	19:00:58	19:16:36	19:31:34	19:34:54	33:56:00	00:03:24	17,68	M 3
1	38	CRO974	Lucia Kimani	Ž	FIN	19:00:58	19:20:08	19:38:28	19:42:35	41:37:00	00:04:10	14,42	Ž 1
2	126	CRO934	Magdalena Katana	Ž	FIN	19:00:58	19:20:22	19:38:55	19:43:03	42:05:00	00:04:13	14,26	Ž 2
3	28	CRO999	Edina Harbinja	Ž	FIN	19:00:58	19:21:12	19:40:34	19:44:54	43:56:00	00:04:24	13,66	Ž 3
5K													
1	290	CRO356	Đorđe Ćerić	M	FIN	19:00:58	19:16:09		19:18:27	17:29	00:03:18	18,19	M 1
2	270	CRO394	Davor Vidović	M	FIN	19:00:58	19:16:36		19:18:58	18:00	00:03:24	17,67	M 2
3	251	CRO487	Jasmin Alisic	M	FIN	19:00:58	19:17:45		19:20:20	19:22	00:03:39	16,42	M 3
1	233	CRO356	Jovana Radulović	Ž	FIN	19:00:58	19:19:36		19:22:27	21:29	00:04:03	14,80	Ž 1
2	260	CRO154	Kristina Podvorac	Ž	FIN	19:00:58	19:20:49		19:23:53	22:55	00:04:19	13,88	Ž 2
3	239	CRO489	Sanda Skenderija	Ž	FIN	19:00:58	19:21:08		19:24:14	23:16	00:04:23	13,67	Ž 3

Tabela 7. Verifikovani rezultati mjerenja putem RFID sistema za takmičare koji nisu završili trku na obije distance

R.b.	St. br.	RFID identifikator	Ime i prezime	Spol	Status	Start-GUN TIME	Kontrolna tačka 4.6	Kontrolna tačka 9.0 km	FINISH GUN TIME	Vrijeme	Tempo min/km	Brzina km/h	Poredak
10K													
1	24	CRO944	Danijel Panić	M	DNF	19:00:58	19:36:09	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	DNF
2	104	CRO854	Dajana Peranović	Ž	DNF	19:00:58	19:45:04	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	DNF
3	34	CRO633	Ante Pokrajčić	M	DNF	19:00:58	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	DNF
5K													
1	290	CRO494	Emina Alagić	Ž	DNF	19:00:58	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A	DNF
2	270	CRO713	Milica Manasijević	Ž	DNF	19:00:58	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A	DNF
3	251	CRO888	Stefan Prodanovic	M	DNF	19:00:58	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A	DNF

U tabeli 7. prikazani su verifikovani i službeni rezultati za nekoliko takmičara koji su startovali trku ali nisu uspješno prošli kroz sve kontrolne tačke i nisu završili trku. Vidimo da je IS za mjerenja vremena pravilno vršio prikupljanje i obradu podataka i da je ovim takmičarima dodijelio status DNF (did not finish) te se ova lica se ne nalaze u utvrđenom poretku od strane službenih lica zaduženih za mjerenje vremena (sertifikovanih atletskih sudija).

Informacioni sistem za mjerenje vremena je putem svoje web aplikacije na web adresi www.stotinka.hr omogućio da i gledaoci mogu pratili napredak trkača u stvarnom vremenu zahvaljujući upravo korištenju RFID sistema.

5. DISKUSIJA

Kao što smo iz prethodnog izlaganja vidjeli, RFID sistem za mjerenje vremena (chip timing) je tehnološki napredan mjerno-komunikacijski sistem za precizno mjerenje vremena i praćenje događaja u različitim situacijama. RFID sistem donosi niz unapređenja procesa rada u različitim oblastima uključujući logistiku, masovne događaje, autoindustriju, sisteme elektronske naplate putarina, mjerenje prosječnih brzina na autocestama, ali ogroman efakat ima na razvoj automatskih sistema mjerenja u atletici, ali i u drugim sportovima gdje je potrebno precizno mjerenje vremena i pređene udaljenosti (auto i moto trke, biciklizam i sl.)

Ključne prednosti RFID chip timinga:

- **Visoka preciznost:** RFID chip timing omogućava nevjerovatno precizno mjerenje vremena sa tačnošću u milisekundama. To je od suštinskog značaja u sportovima kao što su automobilske trke, biciklizam ili atletske trke gde svaka stotinka sekunde može biti presudna.
- **Automatizacija procesa:** Sistem RFID čipova omogućava automatsko praćenje i mjerenje vremena, eliminišući potrebu za ručnim mjerenjem. To ne samo da smanjuje mogućnosti ljudske greške već i ubrzava proces i čini ga efikasnijim.

Između ostalog, glavne prednosti korištenja RFID u atletskim takmičenjima ogleda se u tome da RFID tehnologija ima značajan uticaj na sprečavanje varanja na trkama i drugim sportskim događajima na način da omogućava:

Precizno mjerenje vremena: RFID čipovi omogućavaju precizno mjerenje vremena svakog učesnika sa tačnošću u milisekundama. Ovo otežava varanje promjenom startnog ili ciljnog vremena, jer se svaki trenutak tačno bilježi.

Identifikacija učesnika: Svaki učesnik na trci nosi RFID čip sa jedinstvenim identifikacionim brojem. Ovo omogućava jasnu identifikaciju svakog takmičara i sprečava zamjenu identiteta ili preuzimanje tuđeg vremena.

Kontrolisane tačke očitavanja: Na trkama postoje tačke očitavanja gde se RFID čipovi skeniraju. Ovi skeneri beleže trenutke kada takmičari prolaze kroz određene dijelove staze. Ako takmičar preskoči ove tačke ili ih zaobiđe, to će biti odmah primjećeno.

Neizmenjivi čipovi: RFID tagovi su dizajnirani tako da ih nije lako ukloniti ili zamijeniti tokom trke. U slučaju pokušaja varanja na ovaj način, oštećenje čipa bi bilo primetno.

Online praćenje rezultata: Većina sportskih događaja koji koriste RFID tehnologiju omogućava online praćenje rezultata u stvarnom vremenu. To znači da gledaoci, sudije i organizatori mogu pratiti svaki trenutak trke i odmah reagovati na nepravilnosti.

Sankcije za varanje: Organizatori sportskih događaja obično imaju stroge kazne i sankcije za učesnike koji pokušavaju da varaju pomoću tehnologije ili drugih sredstava. Ovo uključuje diskvalifikaciju, gubitak nagrada i zabranu učešća u budućim takmičenjima.

Transparentnost i povjerenje: Korišćenje RFID tehnologije povećava transparentnost događaja i gradi povjerenje među učesnicima i publikom. Takmičari mogu biti sigurni da će njihovi rezultati biti pravično mjereni, što umnogome doprinosi integritetu takmičenja.

Rezultati kao dokaz: Precizni rezultati mereni RFID tehnologijom mogu služiti kao neosporni dokaz u slučaju bilo kakvih sporova ili prigovora oko rezultata. Ovo olakšava rešavanje nesporazuma.

Iako RFID chip timing donosi brojne prednosti u preciznom mjerenju vremena i sprečavanju varanja na trkama i sportskim događajima, postoji nekoliko slabosti koje treba uzeti u obzir:

Troškovi implementacije: Početni troškovi implementacije RFID sistema mogu biti značajni. Ovo uključuje nabavku RFID čipova, čitača, softvera i obuke osoblja. Manji događaji ili organizacije sa ograničenim budžetom mogu se suočiti sa izazovima u vezi sa finansiranjem ovih sistema.

Održavanje i kalibracija: RFID čitači zahtevaju redovno održavanje i kalibraciju kako bi ostali precizni i pouzdani. Nedostatak redovnog održavanja može dovesti do grešaka u mjerenju vremena.

Poteškoće u čitanju: RFID čipovi se zasnivaju na bežičnoj komunikaciji sa čitačem, što može izazvati poteškoće u čitanju kada se čipovi nalaze u neposrednoj blizini metalnih ili vodenih površina. Ovo može uticati na tačnost očitavanja tokom trke.

Osjetljivost na smetnje: RFID tehnologija može biti osetljiva na elektromagnetne smetnje ili interferencije. U prisustvu jakih elektromagnetnih polja ili drugih uređaja koji koriste bežične komunikacije, moguće su greške u očitavanju.

Potreba za obukom osoblja: Osoblje koje radi sa RFID sistemom mora biti obučeno za pravilno rukovanje i održavanje tehnologije. Nedostatak obuke može dovesti do ljudskih grešaka ili problema u radu sistema.

6. ZAKLJUČAK

Uprkos gore navedenim slabostima, RFID chip timing ostaje moćan alat za mjerenje vremena na sportskim događajima i drugim manifestacijama. Mnoge od ovih slabosti mogu se prevazići pažljivim planiranjem i implementacijom sistema. Mjerna oprema korištena u realizaciji ovog događaja je skup savremenih tehničkih rješenja koja uspješno vrši mjerenja u skladu sa propozicijama i pravilnicima koje je propisala WA/Svjetska Atletika, i rezultati izmjereni putem ovakvog RFID sistema mjerenja u kombinaciji sa sertifikovanom i tačno izmjerenom stazom postaju validan dokaz za državne, kontinentalne ili svjetske rekorde i rezultati mogu biti verifikovani od strane nadležnih atletskih tijela.

Analizom dobijenih rezultata, konstatujemo da je sistem pravilno dimenzionisan i korištenjem ovog mjernog sistema postignut efekat koji je u uvodnom dijelu postavljen kao hipoteza istraživanja. Dobijeni rezultati u skladu sa očekivanjima, te je sistem na brz, kvalitetat i efikasan način izvršio mjerenja i bez poteškoća generisao rezulatate mjerenja za veliki broj učesnika.

Kroz pravilno planiranje i nadogradnju funkcionalnosti IS za mjerenje vremena, nabavku dodatne savremene mjerne tehnike, uključivanje videotehnike i tehnike umjetne inteligencije, omogućilo bi veću i bržu propusnu moć očitavanja i obrade podataka. Uz kontinuiranu evaluaciju i edukaciju mjernog osoblja u skladu sa atletskim pravilima i normama, ovakvi IS potpomognuti RFID tehnologijom mogu da zadovolje potrebe mjerenja vremena na atletskim događajima dosta većih razmjera gdje bi precizno i pouzdano mjerili vremena za nekoliko hiljada učesnika, a da funkcionalnost i usluga bude u skladu sa međunarodnim normama i standardima koji definišu ovu oblast.

7. LITERATURA

Deconinck G , Grynczel W (2017) Open Source RFID Race Timing System

Finkenzeller, K. (2003), RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition. John Wiley & Sons Ltd, Chichester

Howell, D. (2009) Timing tag, US Patent App. 12/553,369 Chronotrack Systems

https://www.championchipthailand.com/indexeng.html [posjećeno 14.08.2023]

http://innovativetimingsystems.com/ [posjećeno 13.08.2023].

http://rfidtiming.com/software [posjećeno 13.08.2023].

http://rfid-inchina.com/rfid-race-timing-system-software.html [posjećeno 13.08.2023].

https://www.stotinka.hr/hrv/dogadjaj/1935 [posjećeno 07.09.2023].

https://www.impinj.com/products/tag-chips/impinj-monza-r6-series [posjećeno 07.09.2023].

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

MODEL OF MONITORING LINUX BASED PLATFORM IN LARGE CORPORATE NETWORK

Sanja Jevtić[a], Dragan Jevtić[b], Marko Bursać[a], Marija Zajeganović[c]

[a] *Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Department of School of Railway Transport, Zdravka Čelara 14, Belgrade, 11 000, Serbia, sanja.jevtic@vzs.edu.rs, jevtic.sanja@gmail.com, marko.bursac@vzs.edu.rs*

[b] *Infrastructure of Serbian Railway, Nemanjina 6, Belgrade 11 000, Serbia, dragan.jevtic@srbrail.rs*

[c] *Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Department of School of Information and Communication Technologies, Zdravka Čelara 16, Belgrade, 11 000, Serbia, marija.zajeganovic@ict.edu.rs*

Abstract: *The fast development of new services and devices and the increase of network threats demand a flexible network and good detection of various events in the network. This paper deals with a possible model (setup) of threat detection in an extensive network using Linux based platform. The aim is to monitor the network's security in a real-time environment by detecting some of the preselected events. The outcome of this model is expected to be a clearer understanding of the weak points in the network configuration.*

Key words: *Security Onion, Suricata, threat hunting, network traffic inspection*

Apstrakt: *Brzi razvoj novih servisa i uređaja i porast mrežnih prektnji zahtevaju fleksibilnu mrežu i dobru detekciju različitih događaja u mreži. Ovaj rad se bavi mogućim modelom (psotavkom) detekcije pretnji u velikim mrežama korišćenjem platforme bazirane na Linux-u. Cilj rada je da se vrši nadzor mrežne bezbednosti u okruženju u realnom vremenu detektovanjem nekih od preselekovanih događaja. Očekuje se da ishod ovog modela bude jasnije razumevanje slabih tačaka u mrežnim konfiguracijama.*

Ključne riječi: *Security Onion, Suricata, potraga za pretnjama, inspekcija mrežnog saobraćaja*

1. INTRODUCTION

For monitoring attacks in networks (whether they are from the company's intranet or from the internet) a model is being devised, using several open-source platforms and packages (Security Onion, WireShark, etc). The in-depth control of details offered by the Linux platforms is the main reason for this choice, considering the reliability and costs. Large corporate (head offices and branches/remote locations) environments demand not just passive monitoring, but proactive monitoring, recording of attack data, analysis (Nasir et al, 2022), and, if possible, forming an attack prediction system (or at least adequate statistics).

The reasons for devising this model (threat detection and analysis) are multiple - the large distribution of resources throughout the region, the centralization of the people who supervise the devices, as well as the decreasing number of employees available. Automating monitoring assessments of all critical and non-critical services would greatly facilitate the security of the computer network of large companies.

The model is designed to detect the following threats (attacks) especially interesting in large networks (Hadianto& Purboyo, 2018 https://www.csoonline.com/article/3685531/the-unrelenting-rise-of-botnet-threats.html, accessed 20.08.2023;Ibrahim et al, 2022; Adedeji et al,2023):

- Ping of Death – belonging to the DoS (Denial of Service) attacks whose aim is to crash, destabilize or completely freeze a target workstation or server, by sending a large number of packets using ICMP protocol (Internet Control Message Protocol) (Iftikhar et al,)

- Land Attack DOS – a layer 4 DoS attack in which the source and destination information of the TCP (Transmission Control Protocol) segment is the same. This will cause a crash of the vulnerable machine
- SMURF Attack – a form of DDoS (Distributed DoS) occurring on the network Layer. It was named after the DDoS.Smurf malware (and Smurf cartoon – where a large number of smaller entities could tackle a larger enemy if working together). An ICMP Echo request packet is sent into the network where all elements respond to the victim
- CharGEN Attack – attack performed by sending small packets from the victim's spoofed IP address to internet-connected devices that use the CharGEN Protocol (RFC864), made for testing the computer networks and services
- Fast HTTP Attack – belongs to DDoS and operates by continuous sending of HTTP requests
- BOTNET Attack – botnet is a group or network of computers or other internet-connected devices. This botnet is infected using malware, becoming an army of minions (https://www.cisecurity.org, 01.07.2023.).

Even though the taxonomy of the threats and attacks is vast (https://www.keysight.com/us/en/assets/7019-0033/application-notes/Network-Security.pdf, 01.07.2023.; Adedeji et al, 2023) and is constantly changing only threats mentioned are considered to be studied in this model. Other possible threats could jeopardize the network availability and security (physical intrusions, fire, energy system reliability, water i.e. flooding, temperature control, etc.) but only the mentioned are part of this work.

2. MATERIALS AND METHODS

The model used covers both intranet (LAN local area network) and Internet attacks. In the paper itself, an example of an attack from a local network from several computers at the same time (BOTNET) on a key service will be given. The workstation from which the attack is planned will run on Kali Linux OS (operating system). Also on this machine CCC (Command and Control Center) is used from inside or outside the network at which an entity is being attacked (Qureshi, 2022).

For execution of the attack real network was used: servers as VMWare virtualized hosts and physical workstations. The WireShark is used on a machine that is being attacked. WireShark is a free software used for network protocol analysis. Also, PRTG software (Paessler PRTG IT monitoring software) is used on victim machines (https://www.paessler.com/prtg, 10.05.2023.).

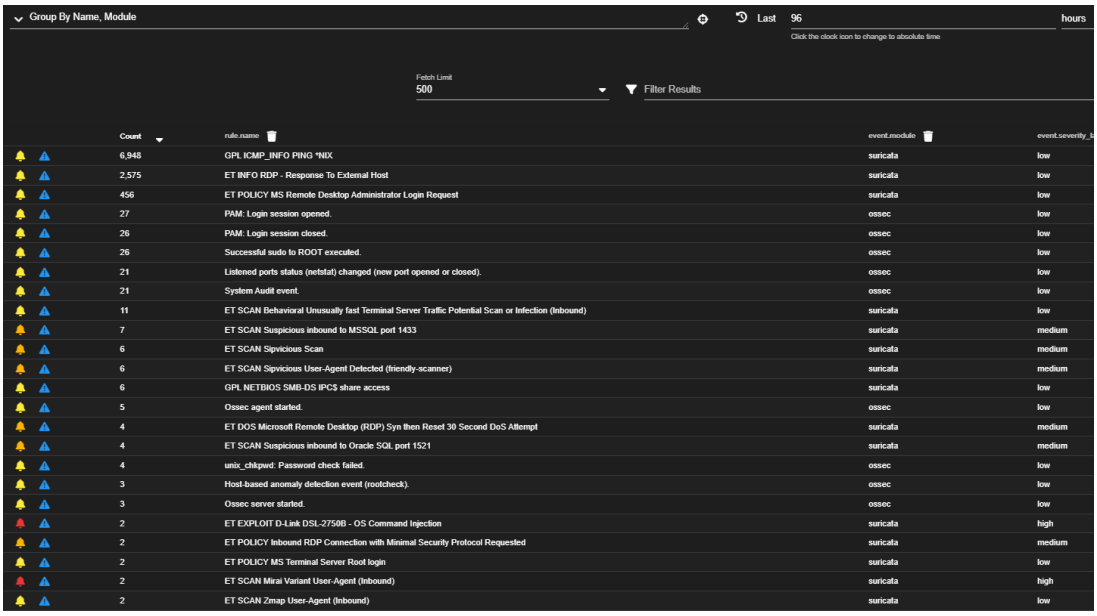
Security Onion 2.3.250 (https://securityonionsolutions.com, 13.05.2023.) is just one of many platforms for traffic monitoring. It is a free Linux-based distribution (CentOS 7-based). The main functionality is IDS (Intrusion Detection System). Network Intrusion Detection Systems (NIDS) capture and inspect network traffic for signs of malicious or unauthorized activity. NIDS can be compared on many dimensions including performance, scalability, accuracy, ability to detect different kinds of attacks, ease of use, responsiveness of the development community to requests for new features, documentation quality, and many others (White et al, 2013). There are a lot of features within this platform that are harmonized among themselves, giving a good base for problem detection. It is web-oriented with MySQL support. The platform itself could be a part of the SOC (Security Operation Center) of a company. The features include:

- ElasticSearch – software with the task of performing analysis of all data types, textual, numeric, structural, nonstructural, etc.
- Suricata – open source IDC and IPS (Intrusion Protection System). The major responsibility for data detection belongs to the Suricata service. This detection engine is the main feature of Security Onion on whose functions and capabilities this model depends
- Grafana – software whose responsibility is analytics and interactive visualization of web services
- Kibana – official interface for ElasticSearch service
- Zeek – network security monitoring software
- Wazuh – threat detection, security monitoring, incident detection and system alarming, and so many more.

SecurityOnion is made in the form of a web application (with the capability for refreshing a web page if needed). The data could be. Also, data display can be done in minutes, hours, and days. With settings, it is possible to fine-tune the display of events for detailed analysis or search for threats.

The basic page for quickly detecting problems is defined on the Alerts page, shown in Figure 1.

The main page provides an overview of all alarms, grouped by type and number, including which service it belongs to and whether it is a serious threat or just a low-level threat. This page is quite important because by selecting the threat review period, we can see whether the threat or set of threats is more recent or not. It is understood that all threats are predefined and built for all environments. In any case, it is necessary to periodically update and upgrade SecurityOnion itself to keep up with changes related to threats. Each next step in the application enables more detailed analysis and more detailed information related to possible threats, which we will show in further work.



Count	rule.name	event.module	event.severity_l
6,948	GPL ICMP_INFO PING *NIX	suricata	low
2,575	ET INFO RDP - Response To External Host	suricata	low
456	ET POLICY MS Remote Desktop Administrator Login Request	suricata	low
27	PAM: Login session opened.	ossec	low
26	PAM: Login session closed.	ossec	low
26	Successful sudo to ROOT executed.	ossec	low
21	Listened ports status (netstat) changed (new port opened or closed).	ossec	low
21	System Audit event.	ossec	low
11	ET SCAN Behavioral Unusually fast Terminal Server Traffic Potential Scan or Infection (Inbound)	suricata	low
7	ET SCAN Suspicious inbound to MSSQL port 1433	suricata	medium
6	ET SCAN Sipvicious Scan	suricata	medium
6	ET SCAN Sipvicious User-Agent Detected (friendly-scanner)	suricata	medium
6	GPL NETBIOS SMB-DS IPC$ share access	suricata	low
5	Ossec agent started.	ossec	low
4	ET DOS Microsoft Remote Desktop (RDP) Syn then Reset 30 Second DoS Attempt	suricata	medium
4	ET SCAN Suspicious inbound to Oracle SQL port 1521	suricata	medium
4	unix_chkpwd: Password check failed.	ossec	low
3	Host-based anomaly detection event (rootcheck).	ossec	low
3	Ossec server started.	ossec	low
2	ET EXPLOIT D-Link DSL-2750B - OS Command Injection	suricata	high
2	ET POLICY Inbound RDP Connection with Minimal Security Protocol Requested	suricata	medium
2	ET POLICY MS Terminal Server Root login	suricata	low
2	ET SCAN Mirai Variant User-Agent (Inbound)	suricata	high
2	ET SCAN Zmap User-Agent (Inbound)	suricata	low

Figure 1. The overview of the home page

3. EXPERIMENT AND RESULTS

The experiment consisted of an attack from a local network from several computers at the same time (BOTNET) on a key service. Representation of a logical LAN organization consisting of all the elements for a BOTNET attack, the attacker, the CCC server, the BOTnet workstation as well as the server that was the subject of the attack is in Figure 2. The attacker is presented as a user (machine) controlling the CCC server and via it sending a halt/launch command. The green wall presents the firewall end of the LAN area.

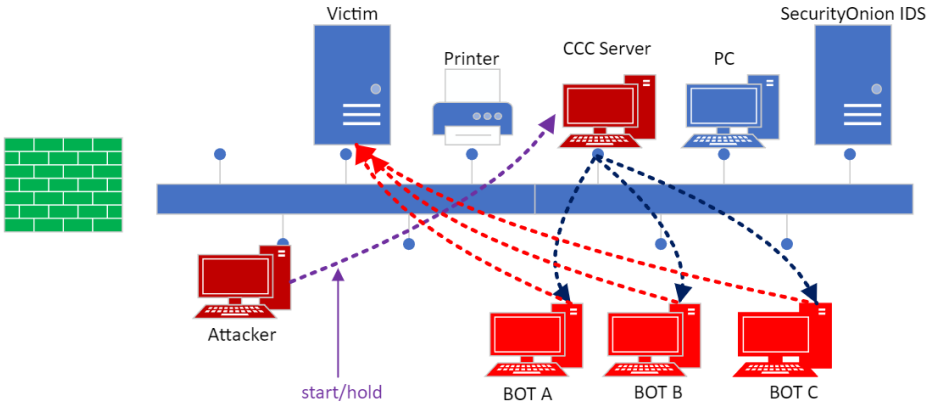
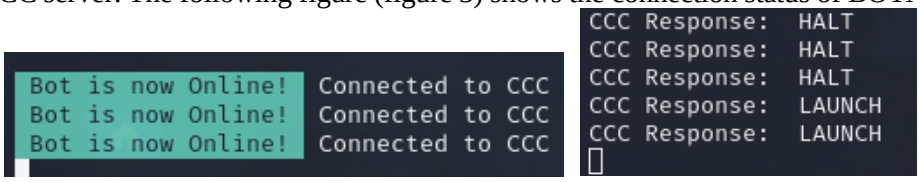


Figure 2. The setup of elements in LAN, according to the experiment.

A DDoS attack is characterized by the fact that the attacker does not appear anywhere in the system, but uses other people's resources for the attack. This distributed method of attack is very effective because the number of BOTs used for the attack can vary and also if a BOT attacker is detected it is always possible to include some

new ones. In this example, an option is given to carry out an attack with 3 BOT machines on a computer from which the state of the network is viewed, i.e. there is no heavy traffic and on which the HTTP server is set up.

Python is used as the programming language for code generation. After activating the Python code, clients connect to the CCC server. The following figure (figure 3) shows the connection status of BOTNET clients.



a) *b)*

Figure 3. The a) connection status of BOTNET clients and b) start of BOTNET attacks when the status of CCC change to LAUNCH.

By activating an attack from the CCC server, BOTNET clients launch an attack on the victim server via the HTTPFLOOD function, with continuous sending of HTTP requests to the victim server.

The result of this attack is the generation of traffic to the server and the impossibility of executing HTTP requests and finally stopping the service. The victim server itself had the functionality of providing information about a web service for the intranet network (PRTG), ie for workstations that are in the local computer network including the server itself; showing in Figure 4 a drastic bandwidth load and a deviation from the average values.

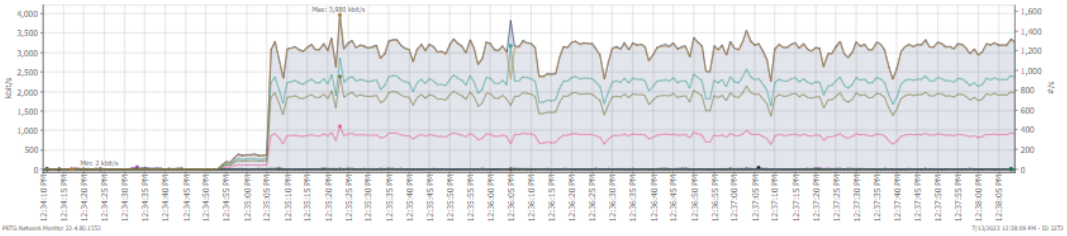


Figure 4. The traffic analysis of server load showing (PRTG) the deviation from the average values.

The other way of detecting attacks is Security Onion detection. Service Suricata (IDS), part of Security Onion, detected anomalies i.e. events that could be presented graphically, assuming they represent active threat (figure 5).

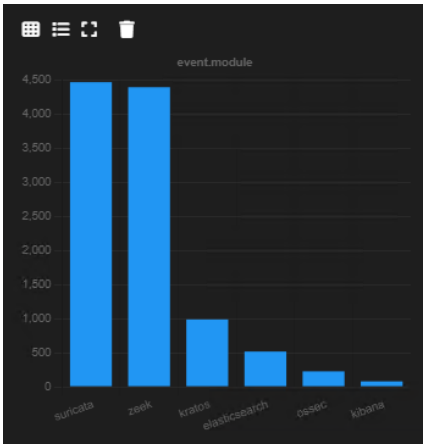


Figure 5. Events detected by modules, Suricata beeing the module responsible for IDS. The peak in events Suricata detected is connected to attack detection.

Figure also shows various numbers of events detected by modules in Security Onion, each module detecting events interesting for its purpose.

The next step in the experiment was recognition of the type of threat in the Dashboard. As said before a Phyton script is used and the figure 6a) shows that Dashboard (Suricata) detected that it was Phyton based. The basic information that Security Onion can give, and which could immediately be used for further analysis, are the source IP address and port, the destination IP address and port, as well as the number of connections that occurred between the defined addresses, as in the figure 6b).

This is the key information for diagnosing network problems. Other information that Security Onion can provide is information about the detected attack that could later be used for other analyses and conclusions, such as the

port through which the attack is carried out, date and time of attack, Rule Name for the defined attack, and Rule attack preference.

a)

b)

Figure 6. a) Dashboard showing the base of the threat and after selecting this threat b) basic information about the threat (IP source and destination address and number of connections between the IP addresses).

All this information is necessary to start isolating the attack, analyzing the source IP address and port, and later blocking in the local computer network the equipment that has that IP address.

The moment of the end of the attack is also read at the bandwidth level of the server itself (NIC Network Interface Card). It is found that there is approximately 30% bandwidth usage for a 3-client BOTNET attack as shown in figure 7.

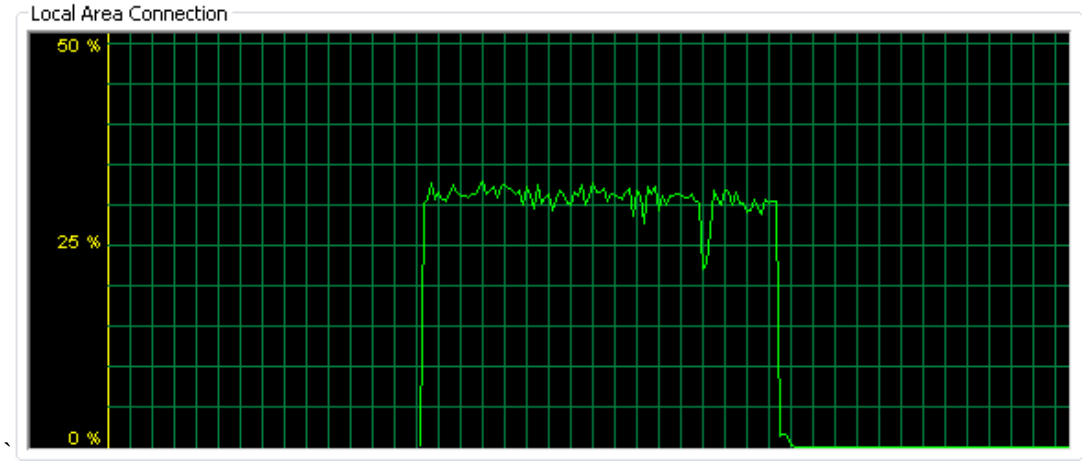


Figure 7. Bandwidth level of server detected at servers NIC.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

The results of this analysis come down to the possibility of attacks on critical services from the local computer network itself, ie the intranet, and detection for further analysis or eventual blocking at different network levels.

If a victim machine is a server running a critical service, the IDS must have precise detection of malicious traffic, since an attack with only three BOTNETs seriously reduced the availability of the server thus compromising the overall operation of the server.

Even though a DDoS attack on equipment is very effective, using resources in the network, it was detected adequately. By detecting the bandwidth on the NIC card of the server that was attacked in the case of a BOTNET attack with 3 BOTs, it can be assumed that an attack with a not-so-great number of BOTs could cause a full server load and DDoS of the server. This is a piece of significant information, for live systems especially. This shows that in large networks Security Onion should be placed in the centers where the server systems are located in order to easily and quickly detect what is happening on the network (this is also a place where people are usually located). In this way, it could be determined what kind of connections are there from the workstations in the system to the servers at the location. This principle of setting up the IDS system allows us to avoid setting up the Data Center firewall solution by location, where the servers and applications are. Nodes in the network, locations where connections from several directions end, are also positions where it is very important to set up the system monitor what is happening, and compare it with data obtained from other Security Onion locations. At locations with a server structure, traffic anomalies will first be detected, regarding the number of connections, the type of connections, as well as the IP address from which the connection on the server originates.

This paper deals with only one of the DDoS attacks and the model has yet to be tested for other attacks, so the set of model's vunerabilities will expand. The detection time in the case of DDoS attack is of significance in all networks, but in large networks could be essential. SecurityOnion in large networks could have enormous set of detected activities including false attack alarms. All this could make the detection of real attack even harder, or

could potentially be exploited. A lot of false alarms should be filtered, preferably using firewall data. This complicates the model, even further.

Does this kind of system have its drawbacks? From an application point of view, the offered solution does not have the possibility of unification (which is a significant limitation in large networks), ie the option to see on one console what is happening on all Security Onion servers. However, being an open-source solution, it is just a matter of time before this will be possible.

5. REFERENCES

Adedeji KB, Abu-Mahfouz AM, Kurien AM. (2023) DDoS Attack and Detection Methods in Internet-Enabled Networks: Concept, Research Perspectives, and Challenges. Journal of Sensor and Actuator Networks.; 12(4):51. https://doi.org/10.3390/jsan12040051

Allen, L., Heriyanto, T., Ali, S. (2014), Kali Linux – Assuring Security by Penetration Testing, Packt Publishing Ltd.

CSO Online. (2023). The Unrelenting Rise of Botnet Threats. https://www.csoonline.com/article/3685531/the-unrelenting-rise-of-botnet-threats.html, accessed 20.08.2023.

Hadianto, R. & Purboyo, T.W. (2018). A Survey Paper on Botnet Attacks and Defences in Software Defined Networks. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562, 13(1), 483-489.

Ibrahim, W.N, Anuar, M.S., Selamat, A.& Krejcar O., (2022) Botnet Detection Using Indipendent Component Analysis, IIUM Engineering Journal, 23(1), 95–115. https://doi.org/10.31436/iiumej.v23i1.1789

Iftikhar, W., Mahmood, Z., &Vistro, D.M. (2019). The Impact of DDOS and Ping of Death on Network Performance. International Journal of Scientific&Technology Research ISSN 2277-8616, 8 (12), 276 -282.

Kali Linux distro. https://www.kali.org accessed 13.05.2023..

Keysight, Network Security Black Book. https://www.keysight.com/us/en/assets/7019-0033/application-notes/Network-Security.pdf, accessed 01.07.2023.

MS-ISAC. (2017). Guide to DDoS Attacks November 2017. 31 Tech Valley Dr., East Greenbush, NY 12061 https://www.cisecurity.org accessed 01.07.2023.

Nasir, M. H., Khan, M. M. and Arshad. J. (2022) A Quantitative Assessment of Emerging Trends in IoT Botnet Attacks, 3rd International Conference on Innovations in Computer Science & Software Engineering (ICONICS), Karachi, Pakistan, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICONICS56716.2022.10100587

Paessler PRTG network monitor. https://www.paessler.com/prtg accessed 10.05.2023.

Qureshi, Adnan, Botnet Attacks: Characteristics and Detection Techniques (December 16, 2022). Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=4477422 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4477422

Security Onion Solutions. https://securityonionsolutions.com accessed 13.05.2023.

White, Joshua & Fitsimmons, Thomas & Matthews, Jeanna. (2013). Quantitative Analysis of Intrusion Detection Systems: Snort and Suricata. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 8757, 1. DOI:10.1117/12.2015616.

Wireshark. https://www.wireshark.org accessed 12.05.2023.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

MODEL OF CYBER-PHYSICAL SYSTEM FOR TRACKING AND PREDICTION OF POSTAL DELIVERY TIMES

MODEL SAJBER-FIZIČKOG SISTEMA ZA PRAĆENJE I PREDIKCIJU VREMENA DOSTAVE POŠTANSKIH POŠILJAKA

Mirko Stojčić[a], Đorđe Popović[a], Maid Husić[b], Nataša Đalić[a], Tanja Kostadinović[b]

[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, djdjpopovic1970@gmail.com, djalic.natasa@gmail.com*

[b] *Bosnia and Herzegovina, maid.mh986@gmail.com, kostadinovictanja1@gmail.com*

Abstract: *The main research focus in this paper is directed towards the creation of a proposed model of a cyber-physical system for continuous tracking of the location of postal items and prediction of their delivery time. The research is motivated by increasingly rigorous user requirements for quality of service (QoS) and expectations when sending and receiving shipments via express mail, but also due to increasingly fierce competition. In addition to the proposed topology of the CPS model, under the supervised learning paradigm, several models have been created for the prediction of shipment delivery times based on machine learning techniques: Artificial Neural Networks (ANN), Support Vector Machine (SVM), Classification and Regression Trees (C&R Tree). Data for a sample of 11,000 shipments for March 2022 was provided by the public company JP BH Post based on an officially sent request. For training and testing the model, 1100 data were used, which were structured into input-output vectors, and the research results confirm very good predictive performance.*

Key words: *Prediction, mail items, CPS, ANN, SVM, C&R Tree*

Apstrakt: *Osnovni istraživački fokus u ovom radu je usmjeren ka kreiranju prijedloga modela sajber-fizičkog sistema za kontinuirano praćenje lokacije poštanskih pošiljaka i predikciju vremena njihove dostave. Istraživanje je motivisano sve rigoroznijim korisničkim zahtjevima za kvalitetom servisa (QoS) i očekivanjima prilikom slanja i prijema pošiljaka putem brze pošte, ali i usljed sve oštrije konkurencije. Osim prijedloga topologije modela CPS, po paradigmi učenja pod nadzorom, kreirano je nekoliko modela za predikciju vremena dostave pošiljaka zasnovanih na tehnikama mašinskog učenja: vještačke neuronske mreže (ANN), Support Vector Machine (SVM), Klasifikaciona i regresiona stabla (C&R Tree). Podaci za uzorak od 11000 pošiljaka za mart mjesec 2022. godine su ustupljeni od strane javnog preduzeća JP BH Pošta na osnovu zvanično upućene molbe. Za obuku i testiranje modela, iskorišteno je 1100 podataka koji su strukturirani u ulazno-izlazne vektore, a rezultati istraživanja potvrđuju veoma dobre prediktivne performanse.*

Ključne riječi: *predikcija, poštanske pošiljke, CPS, ANN, SVM, C&R Tree*

1. UVOD

U eri informacionih i komunikacionih tehnologija, praćenje poštanskih pošiljaka je od ključnog značaja kako za privatne tako i za poslovne subjekte. Praćenje pošiljaka omogućava transparentnost i sigurnost u vezi sa statusom pošiljke privatnih korisnika. Za poslovne subjekte, praćenje poštanskih pošiljaka je od suštinskog značaja za efikasno upravljanje inventarom, praćenje isporuka i pružanje kvalitetne usluge kupcima.

Tehnologije koje se koriste za praćenje poštanskih pošiljaka su napredovale znatno tokom posljednjih decenija, a jedna od osnovnih je barkodiranje. Svaka pošiljka dobija jedinstveni barkod koji omogućava automatsko praćenje tokom procesa dostave. Osim toga, GPS tehnologija se sve više integriše u sisteme praćenja, omogućavajući precizno lociranje pošiljki u realnom vremenu. Napredne softverske platforme omogućavaju

korisnicima da pristupe informacijama o svojim pošiljkama putem različitih aplikacija. Zbog toga, praćenje poštanskih pošiljaka postalo je ne samo standardna praksa, već i ključni element u unapređenju iskustva korisnika i efikasnosti logističkih lanaca širom svijeta.

Predikcija vremena dostave pošiljaka danas dobija sve više na značaju jer odvijanj saobraćaja u uslovima urbana mobilnosti postaje sve više kompleksno. Obezbjeđenje tačnih procjena vremena isporuke je od velike važnosti, kako za zadovoljstvo kupaca, tako i za internu organizaciju preduzeća. Postojanje velikih konkurenata sa efikasnim rješenjima kao što su isporuke sljedećeg dana tjera preduzetnike da usmjere resurse kako bi bi očuvali svoj tržišni udio. Uprkos dostupnosti niza savremenih metoda i tehnika, problem predikcije vremana dostave pošiljaka predstavlja izazov zbog više otvorenih problema, od kojih su neki (de Araujo i Etemad, 2021):

- Vremena isporuke umnogome zavise od načina i stila vožnje dostavljača/kurira, što je krajnje nepredljivo;
- Nepredvidljivi vremenski uslovi i promjene u uslovima odvijanja saobraćaja takođe mogu imati veliki uticaj na vrijeme isporuke;
- Veliki uticaj na vrijeme isporuke ima specifična logistika kompanije i planiranja ruta itd. (de Araujo i Etemad, 2021).

Između više mogućih rješenja za praćenej i predikciju vremena dostave poštanskih pošiljaka, u ovom radu istraživački fokus je stavljen na Sajber-fizičke sisteme (CPS) i mašinsko učenje. CPS predstavlja platformu koja koristi mašinsko učenje, kao podoblast vještačke inteligencije, kako bi se postigla veća efikasnost, autonomija i prilagodjlivost u upravljanju složenim sistemima koje kombinuju sajber (virtuelne), fizičke i biološke komponente. Dakle, istraživanje je ciljno orijentisano na kreiranje prijedloga topologije modela CPS, te obučavanje i testiranje (po paradigmi učenja pod nadzorom) nekoliko modela za predikciju vremena dostave pošiljaka zasnovanih na tehnikama mašinskog učenja: vještačke neuronske mreže (Artificial Neural Network - ANN), vektori podrške (Support Vector Machine - SVM), Klasifikaciona i regresiona stabla (Classification and Regression Tree - C&R Tree).

Do danas je publikovano mnogo radova koji obrađuju tematiku vezanu za praćenje i predikciju vremena pristizanja poštanskih pošiljaka. Autori u radu (Khiari i Olaverri-Monreal, 2020) istražuju nekoliko modela kao što je linearna regresija i ansambli zasnovani na stablu (Random Forest), te metodama bagging i boosting. Prema (de Araujo, 2020) predikcija isporuke nakon što se paketi pošalju iz konačnog depoa naziva se i *last-mile* predikcijom, i uzima u obzir faktore kao što su saobraćaj, ponašanje vozača i vremenski uslovi. Autori su u istraživanju testirali različite vrste modela zasnovanih na konvolucionim neuronskim mrežama. Ren, et al. (2022) u radu (Ren i dr., 2022) istražuje predikciju redoslijeda ekspres dostave, tj. modeliranje i procjenu količine dnevnih dolaznih i odlaznih paketa za dostavu, što je ključno za online poslovanje, logistiku i pozitivno korisničko iskustvo, a posebno za optimizaciju raspodjele resursa i uređenje promotivnih aktivnosti. Model vođen podacima (*data driven*) za generisanje distributivnih prognoza vremena isporuke u realnom vremenu i odlučivanje o zadatom vremenu isporuke za nove narudžbe kupaca je kreiran u radu (Salari i dr., 2022). Taj model se zasniva na naprednim pristupima mašinskog učenja koji mogu efikasno predstaviti komplikovanu vezu između vremena isporuke i prediktora koji variraju u vremenu.

Strukturu rada, uzimajući u obzir i uvodni dio, čini ukupno pet sekcija. U drugoj sekciji su predstavljeni korišćeni materijali i metode. Glavni fokus je na prijedlogu modela CPS, koji je dat u trećoj sekciji, te na rezultatima testiranja prethodno pomenutih modela mašinskog učenja za predikciju vremena pristizanja poštanskih pošiljaka, koji su prikazani u četvrtoj sekciji. U petoj sekciji su data zaključna razmatranja, a na kraju rada je dat spisak korišćenih referenci.

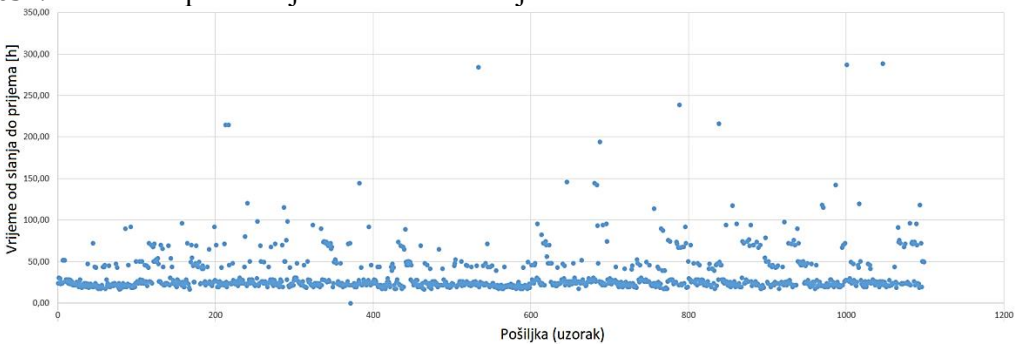
2. MATERIJALI I METODE

2.1. Modelovanje CPS

Prvi korak istraživačke procedure predstavlja kreiranje modela CPS za praćenje i predikciju vremena dostave poštanskih pošiljaka. U pitanju je funkcionalni model koji opisuje kako se različite softverske, hardverske i biloške komponente integrišu kako bi zajedno ostvarili funkcionalnosti sistema. Ovaj model grafički prikazuje ulaze i izlaze, procese, komunikaciju između komponenti, kao i načine upravljanja i kontrole sistema. Kroz funkcionalni model CPS, mogu se identifikovati ključne funkcije sistema, odrediti potrebni resursi i definisati mehanizmi za ostvarivanje željenih performansi sistema.

2.2. Prikupljanje podataka za prediktivno modelovanje

Set podataka za 11000 poštanskih pošiljaka za mart mjesec 2022. godine je ustupljen od strane JP BH pošta na osnovu zvanično upućene molbe. U svrhu ovog istraživanja, iskorišćen je uzorak od 1100 podataka koji je strukturiran u Excel fajlu, po kolonama u ulazno-izlazne vektore na sljedeći način: prijemna pošta, odredišna pošta, udaljenost između istih u km, vrijeme provedeno u dostavi (zavisna-izlazna varijabla). Sve prijemne pošte iz uzorka se nalaze na teritoriji Zeničko-Dobojskog kantona (Centar pošta Zenica). Slika 24 grafički prikazuje navedeni uzorak od 1100 pošiljki sa vremenima potrebnim od prijema do isporuke na adresu primaoca u satima. U prvom koraku obrade, izvršeno je preprocesiranje podataka što podrazumijeva filtriranje ekstremnih i neuobičajenih vrijednosti iz seta. U ovom istraživanju, definisano je da su to pošiljke sa vremenom dostave iznad 150 sati. Kao što se sa Slike 1 može vidjeti, u pitanju je osam takvih pošiljaka. Dakle, konačan broj podataka je sveden na 1092. Svi modeli predstavljeni u radu se kreiraju u IBM SPSS Modeler softverskom okruženju.



Slika 24. Vremena dostave za uzorak od 1100 pošiljaka

2.3. Modeli mašinskog učenja

Mašinsko učenje je oblast vještačke inteligencije koja se bavi izgradnjom prilagodljivih računarskih sistema koji su sposobni da poboljšavaju svoje performanse koristeći informacije iz iskustva. Mašinsko učenje se bavi proučavanjem generalizacije i konstrukcijom i analizom algoritama koji generalizuju. U ovoj oblasti, najvažniji teorijski pristupi su Goldov model graničnog učenja (eng. learning in the limit), Valiant-ov PAC (eng. Probably Approximately Correct) model i vjerovatno najkompletnija — statistička teorija učenja. Mašinsko učenje je zanimljivo i zbog svoje težnje da se približi ljudskom učenju po efikasnosti, kao i da ga objasni, odnosno pruži teorijski model za njega. U mašinskom učenju postoje tri glavne paradigme učenja, i to (Novaković, 2013):

- Nadgledano učenje predstavlja pristup problemu učenja koji se odnosi na situacije u kojima se algoritmu zajedno sa podacima iz kojih uči daju i željeni izlazi.
- Nenadgledano učenje predstavlja pristup problemu učenja koji se odnosi na situacije u kojima se algoritmu koji uči pružaju samo podaci bez izlaza, a od algoritma koji uči očekuje se da sam uoči neke zakonitosti u podacima koji su mu dati.
- Učenje sa pojačanjem. Kod ove tehnike učenja, ulazni podaci nisu poznati, već se generišu interakcijom agenta sa okolinom.

Ensemble Learning se zasniva na ideji da kombinovanje više pojedinačnih modela mašinskog učenja, koji se obično nazivaju „slabi učenici“, može kao rezultat dati model boljih prediktivnih performansi u odnosu na bilo koji pojedinačni model. Razlikuju se dva glavna pristupa u učenju ansambla:

- **Bagging (bootstrap agregacija)**. Bagging ispituje različite pojedinačne modele ansambla mijenjajući skup podataka za obuku, tj. stvara više „slabih učenika“ obučenih na podskupovima originalnog skupa podatak (Đukić i dr., 2023).
- **Boosting** - Za razliku od bagging pristupa, boosting gradi konačni model sekvencijalno od tzv. slabih modela. U svakom koraku, lošim predikcijama dobijenim prethodnim modelom se daje veća težina prilikom obuke trenutnog modela (Đukić i dr., 2023). Bira se slučajni uzorak podataka, modeli se obučavaju uzastopno i svaki model pokušava kompenzovati slabosti svog prethodnika. Sa svakom iteracijom, slaba pravila iz svakog pojedinačnog modela se kombinuju u jedno jako pravilo predikcije. Popularne varijante ovog pristupa u istraživanjima su Adaptive boosting (AdaBoost), Gradient boosting i Extreme gradient boosting (XGBoost).

2.1.1. Vještačke neuronske mreže

Vještačke neuronske mreže modeliraju funkcionisanje ljudskog mozga u kome je osnovni element Neuron. Ulazi neurona su dendriti, a prirodni neuroni imaju po nekoliko stotina dendrita. Dendrit se sa neuronom spaja preko sinapse. Neuronski izlaz naziva se akson, koji se dalje grana na aksonske ogranke i završne tačke, kojima informaciju iz neurona prosleđuje novim dendritima. Na ovaj način lako se uočava pojava slojevite organizacije jer izlazi jedne grupe neurona (sloja) predstavljaju ulaze nove grupe (Stojčić, 2021).

Vještačke neuronske mreže su inspirisane strukturom ljudskog mozga i sastoje se od mnogo osnovnih procesnih jedinica, nazvanih vještački neuroni, koji su povezani u slojevitu arhitekturu. Prvobitni model vještačkog neurona, razvijen od strane Mek Kuloh (*McCulloch*) i Pits (*Pitts*), predstavljao je logički procesni element sa izlaznom funkcijom koja je obično bila funkcija praga ili Hevisajdova funkcija. Arhitektura neuronskih mreža obično uključuje ulazni sloj, jedan ili više skrivenih slojeva i izlazni sloj. Ulazni sloj prima ulazne podatke i prosleđuje ih neurona u skrivenom sloju, čiji izlazi služe kao ulazi za neurone u narednom sloju, i tako dalje sve do izlaznog sloja koji generiše konačni izlaz mreže. Skriveni slojevi obavljaju obradu podataka na osnovu težinskih faktora koji se prilagođavaju tokom procesa obuke mreže. Prilagođavanje ovih težinskih faktora omogućava mreži da nauči kompleksne zakonitosti preslikavanja ulaznih podataka u odgovarajuće izlaze (Stojčić, 2021; Duch i Jankowski, 1999).

2.1.2. C&R Tree modeli

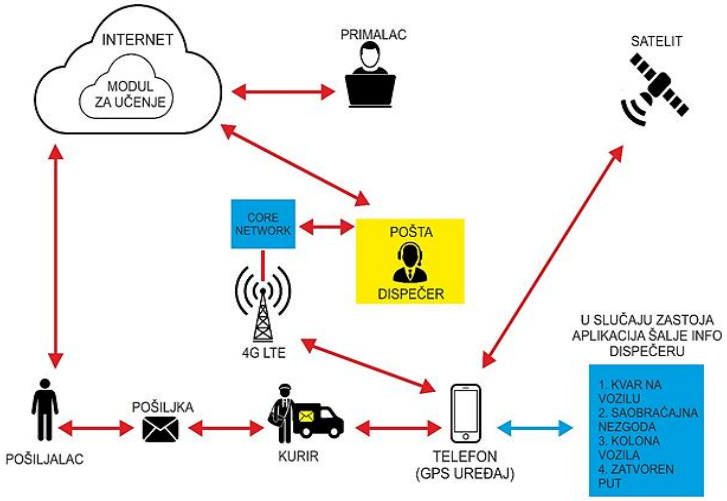
Model C&R Tree predstavlja pristup u mašinskom učenju koji koristi stablo odlučivanja kako bi obavio klasifikaciju i regresiju. Ovaj model kombinuje koncepte klasifikacijskih stabala, koja se koriste za kategorizaciju podataka i regresionih stabala, koja se koriste za predikciju kontinualnih numeričkih vrijednosti. Algoritam C&R Tree započinje ispitivanjem ulaznih čvorova kako bi pronašao najbolju podjelu, koja se definiše minimalnim indeksom nečistoće, obično koristeći *Gini Index*. Sve podjele su binarne, što znači da se svakom podjelom generišu dvije podgrupe, i ovaj proces se nastavlja dok se ne ispune određeni kriterijumi zaustavljanja (Banjanin i dr., 2022).

2.1.3.SVM modeli

SVM je algoritam za mašinsko učenje koji se koristi za klasifikaciju i regresiju. Osnovna ideja SVM je pronalaženje optimalne hiper-ravni koja razdvaja podatke različitih klasa u prostoru sa što većim razmakom. Ovaj algoritam koristi vektore podrške, tj. tačke koje su ključne za definisanje granice odluke. SVM može efikasno raditi u visokodimenzionalnim prostorima i može se prilagoditi različitim tipovima podataka kroz korišćenje različitih jezgara za transformaciju prostora.

3. MODEL CPS

Sajber-fizički sistemi predstavljaju transformativne tehnologije za upravljanje međusobno povezanim sistemima, spajajući fizički svijet sa računarskim sposobnostima. Ovaj koncept odnosi se na novu generaciju sistema sa integrisanim računarskim i fizičkim mogućnostima, omogućavajući komunikaciju sa ljudima kroz nove modalitete.



Slika 2. Prijedlog funkcionalnog modela za kontinuirano praćenje poštanskih pošiljaka

Sposobnost interakcije i proširenja fizičkog svijeta kroz računanje, komunikaciju i kontrolu je ključna za budući razvoj tehnologije. Istraživači su razvili raznolike modele i alate za verifikaciju ovih sistema. Cilj istraživanja sajber-fizičkih sistema je integracija znanja i inženjerskih principa iz različitih disciplina poput umrežavanja, kontrole, softvera, ljudske interakcije i teorije učenja, kako bi se razvila nova nauka o sajber-fizičkim sistemima i prateća tehnologija (Baheti i Gill, 2011). Na Slici 2 prikazan je prijedlog funkcionalnog modela za kontinuirano praćenje poštanskih pošiljaka.

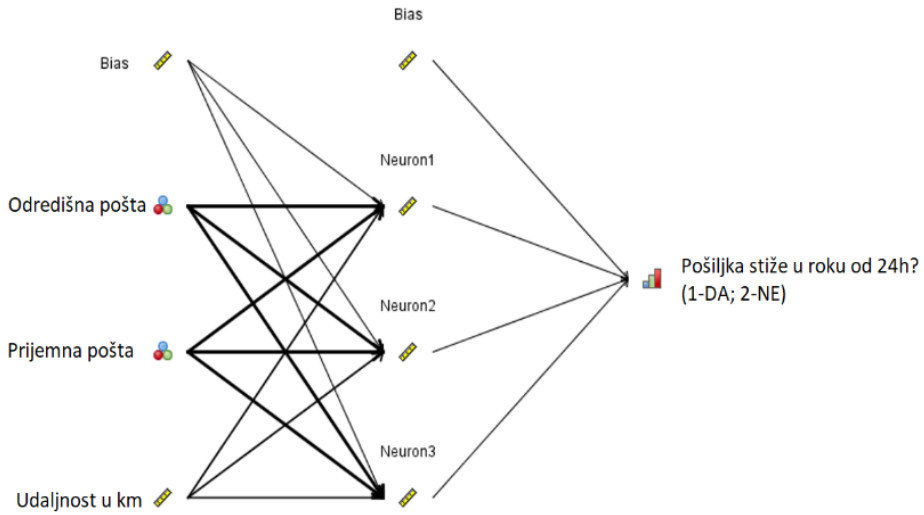
U cilju objašnjenja funkcionisanja sistema na Slici 2, polazi se od pretpostavke da se neki artikal nalazi na nekoj online platformi za prodaju poput Olx.ba. Osoba 1 (pošiljalac) postavlja na platformu artikal koji želi prodati, a osoba 2 (primalac) pronalazi taj artikl te naručuje isti. U dijelu kojem Osoba 2 ostvalja svoje podatke, pod obaveznim podacima mora biti i broj telefona. Kada Osoba 1 potvrdi narudžbu, dispečer pošte dobija tu obavijest, te šalje kurira na adresu pošiljaoca da bi preuzeo pošiljku. Na pošiljku lijepi (postavlja) broj pošiljke, te ga skenira mobilnim uređajem. Pametni uređaj bi trebao posjedovati sopstvenu aplikaciju, koja bi bila povezana sa dispečerom, odnosno poštom. Aplikacija automatski šalje SMS poruku primaocu sa sadržajem u kojem se nalazi broj pošiljke. Jedinstveni broj pošiljke primalac može da unese na sajtu pošte koji je namjenjen za praćenje pošiljke. Svaki pametni uređaj, pa tako i pametni uređaj kurira, posjeduje GPS uređaj. Pametni uređaj ostvaruje komunikaciju sa 4G LTE baznom stanicom, koja posredstvom Core Network-a obezbjeđuje komunikaciju sa poštom, u kojoj dispečer dobija sve informacije o trenutnoj lokaciji uređaja. Na web stranici i serveru pošte se vrši „live“ ažuriranje podataka o lokaciji mobilnog uređaja. Na ovaj način, primalac ima pristup trenutnoj lokaciju svoje pošiljke, a na osnovu toga i obučenih modela mašinskog učenja, dobija i predikciju vremena pristizanja pošiljke na odredište. To se postiže zahvaljujući modulu za učenje koji može biti lociran na Cloud-u.

4. PREDIKCIJA VREMENA DOSTAVE POŠTANSKIH POŠILJAKA

U ovoj sekciji predstavljeni su rezultati predikcije/klasifikacije vremena koje je potrebno za dostavu pošiljke, tj. mogućnosti da pošiljka stigne na odredište u roku od 24 sata od trenutka slanja. To znači da je izlazna ili zavisna varijabla kategorijska, tj. binarna i model može primaocu da, kao rezultat, vrati jednu od dvije opcije: 1-pošiljka stiže u roku od 24 sata; 2- pošiljka ne stiže u roku od 24 sata. Model za predikciju, kako je prethodno objašnjeno, baziran je na ANN, SVM i C&R Tree tehnikama i lociran je u modulu za učenje predloženog modela CPS.

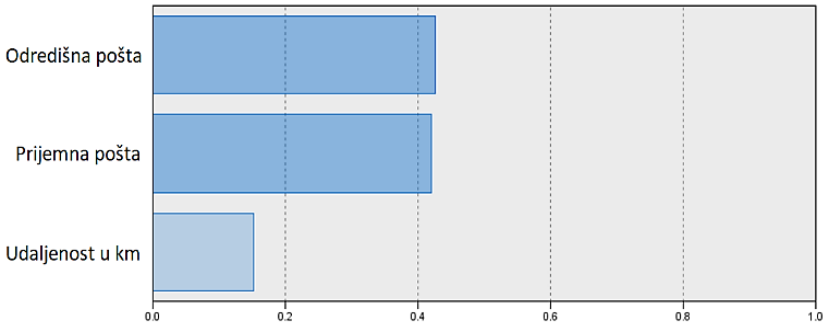
4.1. Rezultati predikcije pomoću ANN modela

Model za predikciju vremena dostave pošiljaka se kreira u softveru IBM SPSS Modeler, a njegova topologija je prikazana na Slici 3. Kao ulaz se dovode nezavisne/ulazne varijable (prediktori) sa raspoloživim podacima iz uzorka od 1092 pošiljke. Svi podaci se dijele u dvije grupe: podaci za obuku koji podrazumijevaju 90% ukupnog seta i podaci za testiranje koji podrazumijevaju 10% ukupnog seta. Rezultati pokazuju ukupnu tačnost kreiranog modela od 66,3%. To znači da će u navedenom procentu model dati tačnu prognozu da li će pošiljka stići na odredište u roku od 24 sata.



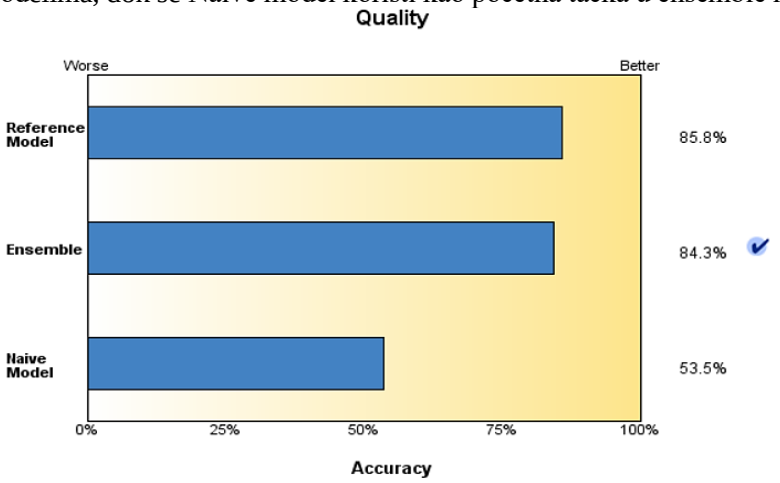
Slika 3. Struktura kreirane vještačke neuronske mreže

Na Slici 4 je grafički prikazan uticaj ulaznih/nezavisnih varijabli (prijemne pošte, odredišne pošte i udaljenosti u km) na predikciju izlaza. Sa slike se zaključuje da Odredišna i prijemna pošta imaju skoro identičan uticaj, sa blagom prednošću odredišne pošte.



Slika 4. Važnost uticaja ulaznih varijabli na predikciju izlaza

U cilju poboljšanja tačnosti predikcije izvršeno je kreiranje ansambla modela metodom Boosting. Kao rezultat, ukupna tačnost grupe modela kreiranih na ovakav način iznosi 84,3%, a grafički prikaz novih rezultata je dat na Slici 5. Dijagram prikazuje tačnost konačnog modela, u poređenju sa referentnim modelom i Naive modelom. Referentni model predstavlja osnovni model ili "baseline" model koji se koristi kao referenca za poređenje sa složenijim ensemble modelima, dok se Naive model koristi kao početna tačka u ensemble modeliranju.



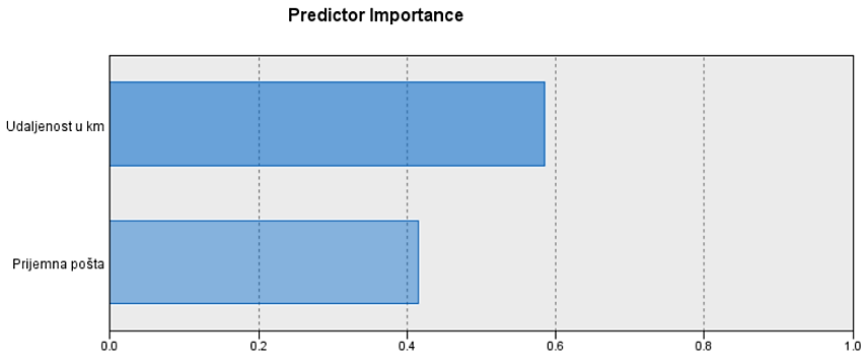
Slika 5. Grafički prikaz rezultata predikcije ansamblom ANN modela

4.2. Rezultati predikcije pomoću C&R Tree modela

Ukupna tačnost ovog modela iznosi 61,82% ispravno klasifikovanih vektora. Kreirani model C&R Tree ima petoslojnu strukturu i set pravila na čijoj lijevoj strani su definisani uslovi i ograničenja vezana za vrijednosti ulaznih varijabli, a na desnoj strani se nalaze klase sa kojima su ulazne vrijednosti povezane (Slika 6).

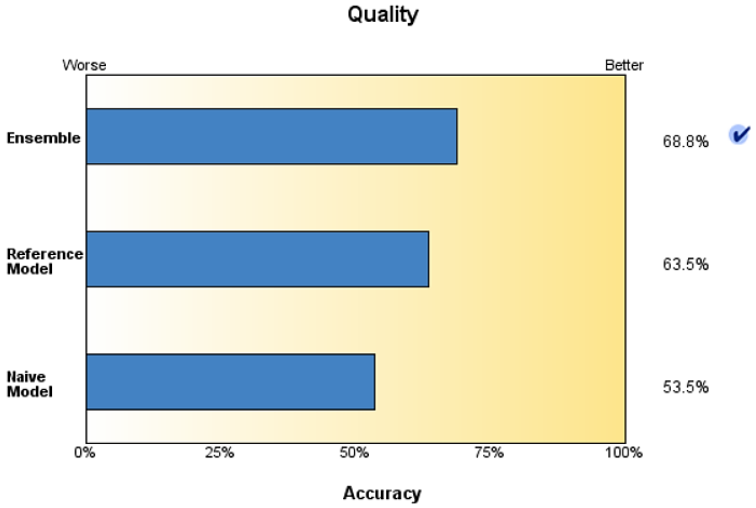
Slika 6. Set pravila C&R Tree modela

Ovaj model je automatski kreiran sa samo dva ulaza, a to su *Udaljenost u km* i *Prijemna pošta*, što znači da varijabla *Odredišna pošta* ne figuriše u modelu. Slika 7 prikazuje uticaj dvije navedene varijable na rezultate predikcije.



Slika 7. Važnost uticaja nezavisnih varijabli na predikciju izlaza C&R Tree modela

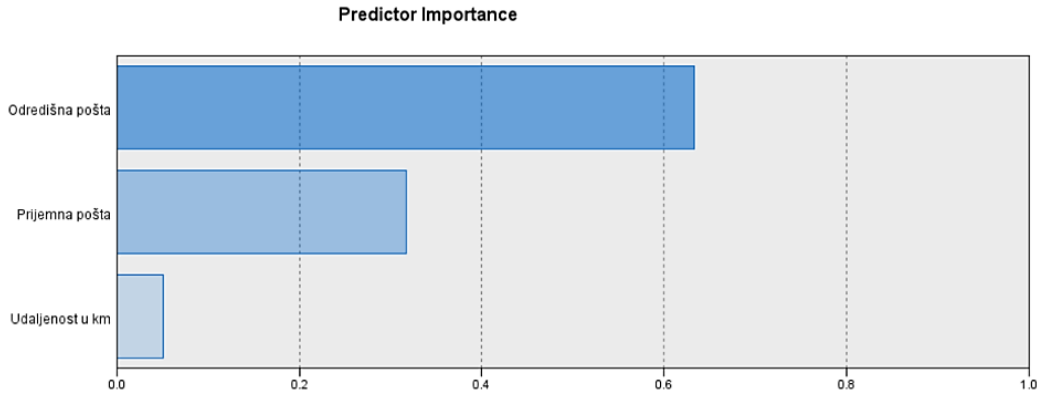
U cilju povećanja tačnosti modela, primijenjena je metoda Boosting kojom su performanse tačnosti povećane na 68,8% (Slika 8).



Slika 8. Grafički prikaz rezultata predikcije ansamblom C&R Tree modela

4.3. Rezultati predikcije pomoću SVM modela

Ukupna tačnost kreiranog SVM modela iznosi 63,64% korektno klasifikovanh vektora. Na Slici 9 je data važnost uticaja svake varijable na predikciju. U ovo slučaju opcija za učenje ansamblom nije dostupna u softveru, te zbog toga nije izvršen popravak performansi modela.



Slika 9. Važnost uticaja nezavisnih varijabli na predikciju izlaza SVM modela

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih rezultata u radu, evidentno je da su ostvarena dva prethodno postavljena cilja istraživanja. Kao prvo, predložen je funkcionalni model CPS u kome je akcenat stavljen na interakcije između digitalnih, fizičkih i bioloških komponenata. Dati model za praćenje ima niz prednosti u odnosu na postojeća rješenja u poštanskom sektoru BiH, a kao njegova glavna karakteristika se može izdvojiti mogućnost kontinualnog

praćenja pošiljaka. To znači da je moguće odrediti lokaciju pošiljke, ma gdje se ona nalazila između pošiljaoca i primaoca, a ne samo u centrima poštanskog operatora. Ovo je ujedno i jedan od osnovnih praktičnih doprinosa ovog istraživanja. U drugom dijelu rada, predstavljena su tri modela mašinskog učenja za predikciju/klasifikaciju vremena pristizanja pošiljke na adresu primaoca. Svaki od kreiranih modela ANN, C&R Tree i SVM imaju različite performanse koje se mjere ukupnom tačnošću izraženom u procentima. Prema inicijalnim rezultatima ANN ima tačnost od 84,3%, C&R Tree 61,82% i SVM 63,64%. U cilju popravke prediktivnih sposobnosti, za ANN i C&R Tree modele primijenjena je metoda Boosting, tj. metoda učenja ansambla čime su dobijene tačnosti od 84,3% i 68,8%, respektivno. Iako se ANN model karakteriše većom tačnošću predikcije, potrebno je istaći da u C&R Tree modelu figurišu samo dva ulaza, a to su *Udaljenost u km* i *Prijemna pošta*, što ga čini manje kompleksnim, tj. interpretabilnijim. Ipak, kao finalno rješenje u ovom radu se bira ANN model. Pravci budućih istraživanja mogu biti orijentisani na prediktivno modelovanje sa većim setom podataka za obuku i testiranje modela, kao i eksperimentisanje sa većim brojem nezavisnih varijabli.

6. LITERATURA

Baheti, R., & Gill, H. (2011). Cyber-physical systems. The impact of control technology, 12(1), 161-166.

Banjanin, M. K., Stojčić, M., Danilović, D., Ćurguz, Z., Vasiljević, M., & Puzić, G. (2022). Classification and Prediction of Sustainable Quality of Experience of Telecommunication Service Users Using Machine Learning Models. Sustainability, 14(24), 17053.

de Araujo, A. C. (2020). Predicting the Last Mile: Route-Free Prediction of Parcel Delivery Time with Deep Learning for Smart-City Applications (Doctoral dissertation, Queen's University (Canada)).

de Araujo, A. C., & Etemad, A. (2021). End-to-end prediction of parcel delivery time with deep learning for smart-city applications. IEEE Internet of Things Journal, 8(23), 17043-17056.

Duch, W., & Jankowski, N. (1999). Survey of neural transfer functions. Neural Computing Surveys, 2(1), 163-212.

Đukić, A., Bjelošević, R., Stojčić, M., & Banjanin, M. K. (2023, May). Network Model of Multiagent Communication of Traffic Inspection for Supervision and Control of Passenger Transportation in Road and City Traffic. In 2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO) (pp. 1167-1172). IEEE.

Khiari, J., & Olaverri-Monreal, C. (2020, November). Boosting algorithms for delivery time prediction in transportation logistics. In 2020 International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW) (pp. 251-258). IEEE.

Novaković, J. (2013). Rešavanje klasifikacionih problema mašinskog učenja. Fakultet tehničkih nauka u Čačku.

Ren, S., Guo, B., Cao, L., Li, K., Liu, J., & Yu, Z. (2022). DeepExpress: heterogeneous and coupled sequence modeling for express delivery prediction. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST), 13(6), 1-22.

Salari, N., Liu, S., & Shen, Z. J. M. (2022). Real-time delivery time forecasting and promising in online retailing: When will your package arrive?. Manufacturing & Service Operations Management, 24(3), 1421-1436.

Stojčić, M. (2021). Adaptivni modeli entropijskog kodovanja komunikacije virtuelnih i fizičkih senzora za predikciju saobraćaja u mrežama. Doktorska disertacija. Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, odbrana: 24.08.2021.

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

TECHNICAL ASPECTS OF APPLICATION OF ELECTRONIC SIGNATURE IN BUSINESS SYSTEMS

TEHNIČKI ASPEKTI PRIMJENE ELEKTRONSKOG POTPISA U POSLOVNIM SISTEMIMA

Salih Husaković[a], Bojana Ristić[b]

[a] *Bosnia and Herzegovina, sale_brat@hotmail.com*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, bojana.ristic@sf.ues.rs.ba*

Abstract: *The application of a qualified electronic signature is the result of the application of information technologies (IT) in business. A wide range of innovations in the field of information technology and finance increases competition on the market and thus improves business processes in its environment by doing business with its economic entities and the financial sector. It is unquestionable that digitization is an accelerator of economic, social and political development of every country. The electronic signature represents a key component in the direction of the digitization of BiH society, which, in the long term, would have a positive impact on the business framework and the overall development path of BiH. The paper is based on the hypothesis that a qualified electronic signature is safer than a handwritten signature, and that it is faster in exchange during market communication and has a positive effect on the speed and efficiency of each process. The goal of this work is to clearly define the concepts of electronic signature, qualified electronic signature and to define the key eligibility requirements related to certification bodies.*

Key words: *digitization, qualified signature, certification authorities*

Apstrakt*: Primjena kvalifikovanog elektronskog potpisa je rezultat primjene informacionih tehnologija (IT) u poslovanju. Širok spektar inovacija u oblasti informatike i finansija povećava konkurenciju na tržištu i samim tim unapređuje poslovne procese u svom okruženju poslovanjem sa svojim privrednim subjektima i finansijskim sektorom. Neupitno je da je digitalizacija akcelerator ekonomskog, društvenog i političkog razvoja svake zemlje. Elektronski potpis predstavlja ključnu komponentu u pravcu digitalizacije BiH društva koji bi se, dugoročno, pozitivno reflektirao na poslovni okvir i ukupni razvojni put BiH. U radu se polazi od hipoteze da je kvalifikovani elektronski potpis sigurniji od vlastoručnog potpisa, te da je prilikom tržišne komunikacije brži u razmjeni i da pozitivno utiče na brzinu i efikasnost svakog procesa. Cilj ovog rada jeste jasno definisanje pojmova elektronskog potpisa, kvalifikovanog elektronskog potpisa i definisanje ključnih zahtjeva za kvalifikovanost koji se odnose na certifikaciona tijela.*

Ključne riječi: *digitalizacija, kvalifikovani potpis, certifikaciona tijela*

1. UVOD

Kvalifikovani elektronski potpis je ključ sigurnosti i povjerenja u savremenom poslovanju u svijetu. Omogućio je kvalitativni skok u razvoju mnogih aplikacija jer omogućava brže i jednostavnije poslovanje, lakše sklapanje ugovora, uštedu poštanskih troškova, elektronsko slanje poreskih prijava, zahtjeva za izdavanje dozvola i slično. Koncept on-line potpisivanja ugovora zasigurno otvara vrata novim uslugama i oblicima poslovanja. Međutim, praktično uvođenje i primjena kvalifikovanog elektronskog potpisa u Bosni i Hercegovini poprilično kasni za zemljama u regionu.

Danas zemlje Europske unije masovno koriste kvalifikovane elektronske potpise za fizička i pravna lica, te kvalifikovane elektronske pečate za javne institucije (države, opštine). Problem koji se najčešće javlja u praksi

jeste razmjena elektronskih dokumenata i primjena kancelarijskog poslovanja (način preuzimanja i prihvatanja dokumentacije). Sama implementacija i korištenje sistema za upravljanje elektronskim dokumentima (Document Management System) može donijeti značajne koristi organizacijama.

Zakonska regulativa u BiH o elektronskom potpisu (Službene novine BiH 91/06) iz 2006. godine, definiše da "elektronski potpis predstavlja podatke u elektronskom obliku koji su praćeni drugim podacima u elektronskom obliku, ili su s njima logički povezani i omogućavaju utvrđivanje identiteta potpisnika". Potpisnik je fizičko lice kojem su dodijeljeni podaci za formiranje potpisa i odgovarajući podaci za provjeru potpisa i kojem je, u njegovo ili u ime trećeg lica, formiran elektronski potpis, ili ovjerilac koji koristi potvrdu za pružanje usluga u vezi s elektronskim potpisom ili ovjeravanjem.

Popularizaciji korištenja kvalifikovanog elektronskog potpisa i kvalifikovanog elektronskog pečata značajno je doprinijela pandemija Covid-19 zbog nemogućnosti kontakta i spriječenosti kretanja stranaka i kontakta sa institucijama od javnog značaja. Zbog nastavka poslovanja i procesa razmjene potrebne dokumentacije, mnoga fizička i pravna lica su se odlučila za nabavljanje potrebnog kvalifikovanog elektronskog potpisa koji bi imao pravnu snagu i zamijenio njihov vlastoručni potpis.

Takođe, kao zamjena za vlastoručne potpise u ovim sistemima može biti korištena tehnologija koja koristi elektronsko potpisivanje izlaznih dokumenata. Bitno je naglasiti, kao i u slučaju mnogih drugih informacionih sistema, da sama implementacija tehnološkog rješenja u organizaciji ne osigurava dovoljno valjanih dokaza ako elektronski identiteti budu dovedeni u pitanje.

2. ZAKONSKI ASPEKTI PRIMJENE ELEKTRONSKOG POTPISA

Zakonski okvir u Bosni i Hercegovini se sastoji od Zakona o elektronskom potpisu („Službeni glasnik BiH", broj:91/06) i podzakonskih akata pravilnik o bližim uvjetima za izdavanje kvalificiranih potvrda („Službeni glasnik BiH", broj: 14/17), pravilnik o mjerama i postupcima upotrebe i zaštite elektronskog potpisa, sredstava za formiranje elektronskog potpisa i sistema certificiranja („Službeni glasnik BiH", broj: 14/17) i pravilnik o evidenciji ovjeritelja („Službeni glasnik BiH", broj: 14/17). Zakonom su definisani elektronski potpis i siguran elektronski potpis.

Prema članu 3. stav a) Zakona definisano je: „elektronski potpis su podaci u elektronskom obliku koji prate druge podatke u elektronskom obliku ili su s njima logički povezani i omogućavaju utvrđivanje identiteta potpisnika", dok siguran elektronski potpis u članu 3. stav c. definiše drugačije: „siguran elektronski potpis je elektronski potpis koji je:

1) dodijeljen isključivo potpisniku,
2) omogućava identificiranje potpisnika,
3) formiran upotrebom sredstava koja su u potpunosti pod kontrolom potpisnika,
4) povezan s podacima na koje se odnosi tako da se može utvrditi svaka naknadna promjena tih podataka,
5) zasnovan na kvalificiranoj potvrdi i formiran upotrebom tehničkih sredstava i postupaka koji su u skladu sa sigurnosnim zahtjevima ovog Zakona i na osnovu njega donesenih podzakonskih propisa;"

Bitna razlika između elektronskog potpisa i sigurnog elektronskog potpisa je definisana članom 5. stav 1) Zakona o elektronskom potpisu „Siguran elektronski potpis zadovoljava pravne zahtjeve za svojeručni potpis i naročito pisanu formu, ako posebnim zakonom ili sporazumom ugovornih strana nije drugačije određeno."

U Bosni i Hercegovini nadzor i akreditaciju ovjerioca vrši Ured za nadzor i akreditaciju ovjerioca pri Ministarstvu komunikacija i prometa Bosne i Hercegovine kao nadzorni organ i supervizijsko tijelo. On ujedno i održava Registar ovjeritelja u Bosni i Hercegovini kako bi druge zemlje imale potrebne informacije o ovjeriocima (CA tijelima) koji vrše izdavanje kvalifikovanih elektronskih potpisa u Bosni i Hercegovini.

Upis ovjerioca (CA tijela) u Registar ovjerilaca se zasniva na dobrovoljnoj akreditaciji, odnosno javno ili privatno tijelo ukoliko odluči da se u budućnosti bavi izdavanjem elektronskih potpisa i ako su orjentisani u tom smjeru potrebno je dodatno ispuniti uslove koji su određeni Zakonom i podzakonskim aktima. Svi uslovi i za javna i privatna tijela su isti ukoliko nije drugačije određeno Zakonom i podzakonskim aktima.

Da bi se upisali u Registar ovjerioca u Bosni i Hercegovini potrebno je da se ispune sljedeći uslovi:

- podnošenje prijave u pismenom obliku, lično ili poštom kao i elektronskim putem,
- dokumentacija uz prijavu se dostavlja elektronskim putem u roku 5 dana od podnošenja prijave, na elektronsku adresu Ureda za nadzor i akreditaciju ovjerilaca pri Ministarstvu komunikacija i prometa Bosne I Hercegovine,
- kao datum i vrijeme podnošenja prijave uzima se datum i vrijeme dostavljanja dokumentacije Uredu,
- podnosilac (ovjerilac) je dužan podnijeti prijavu odmah nakon početka obavljanja usluga izdavanja kvalificiranih potvrda.

Potrebna dokumentacija koju podnosilac (ovjerilac) prilaže uz prijavu je:

- izvod o upisu pravnog lica u registar,
- bilans stanja i bilans uspjeha za posljednju poslovnu godinu,
- interna pravila rada,
- akt o unutrašnjoj organizaciji ovjerioca,
- spisak zaposlenih, stručna sprema, osposobljenost i radni status zaposlenih na poslovima koji se odnose na usluge izdavanja potvrda,
- potvrda o ispunjavanju sigurnosnih zahtjeva (Član 15. Zakona o elektronskom potpisu.),
- dokaz o zaključenom osiguranju od odgovornosti (Član 35. Pravilnika o bližim uvjetima za izdavanje kvalificiranih potvrda),
- dokaz o uplaćenoj administrativnoj taksi (Odluka o dopuni tarife administrativnih taksi, „Službeni glasnik BiH“, broj 53/17), izuzev organa uprave koji su oslobođeni plaćanja administrativne takse u skladu sa članom 13. Zakona o administrativnim taksama („Službeni glasnik BiH“, broj 16/02),
- prema Zakonu o osnivanju Instituta za mjeriteljstvo BiH („Službeni glasnik BiH“, br. 43/04) Institut za mjeriteljstvo BiH ostvaruje etalonsku bazu državnih etalona. Institut realizira osnovnu SI jedinicu za vrijeme i sudjeluje u proračunu međunarodne vremenske skale - univerzalnog koordiniranog vremena (UTC) kojeg uspostavlja i održava Međunarodni biro za mjere i tegove u Parizu (BIPM), te generira i distribuira zvanično vrijeme u Bosni i Hercegovini. U tom smislu, Institut za mjeriteljstvo BiH osigurava izvor referentnog vremena za ovjeritelje digitalnog potpisa.

Navedena dokumentacija podnosi se u originalu ili se prilaže kopija koju je ovjerilo nadležno tijelo. Podnosilac (ovjerilac) je dužan prijaviti svaku promjenu podataka koji se vode u evidenciji a koja nastupi tokom obavljanja djelatnosti, i to u roku od deset dana od dana nastanka promjene, kao i činjenicu da je prestao obavljati usluge izdavanja potvrda, radi brisanja iz evidencije ovjerilaca. Prijavu za upis promjene ili brisanje iz evidencije ovjerilac podnosi na Obrascu 2.

Nakon što ovjerilac podnese prijavu za brisanje iz evidencije ovjerilaca zbog prestanka rada ili promjene djelatnosti, Ured za nadzor i akreditaciju ovjerilaca ga briše iz evidencije. Prvi korak u procesu upisa u Registar ovjeritelja jeste podnošenje zahtjeva za upis u evidenciju ovjeritelja na već predviđenom Obrascu 1 koji sa sobom još treba da ima prethodno navedenu dokumentaciju ovjerenu. Neophodno je istaći da Zakon ne prepoznaje kategoriju elektronskog pečata i kao takva nije prihvatljiva i pravno validna u razmjeni dokumenata i ostvarivanju vlastitih prava dok se ne nadogradi Zakon o elektronskom potpisu sa eIDAS Regulativom 910/2015.

3. DIGITALIZACIJA POTPISA I NJEGOVA PRIMJENA

Osnovna funkcija elektronskog potpisa je potvrda autentičnosti potpisnika elektronskog dokumenta, odnosno da osigura integritet podataka i štiti od promjene sadržaja elektronskih dokumenata. Provjeru autentičnosti autora ili sadržaja podataka moguće je provesti na više načina:

- **lozinkama** – najčešće korištena metoda dokazivanja vjerodostojnosti i validnosti je pomoću korisničkog naloga i uz njega vezanu lozinku,
- **Cyclic Rendundancy Check** – slično konceptu checksum-a, ali se provjera vrši dijeljenjem polinoma,

- **checksum** - koristi se za provjeru tačnosti primljenih podataka, ali može služiti i za provjeru autentičnosti istih jer neispravan checksum ukazuje na nedozvoljenu promjenu podataka,
- enkripcije s privatnim ključem, i
- enkripcije s javnim ključem.

Elektronski potpisi su zasnovani na asimetričnoj kriptografiji, što podrazumijeva korištenje dva ključa - privatni za potpisivanje i javni za ovjeru potpisa.

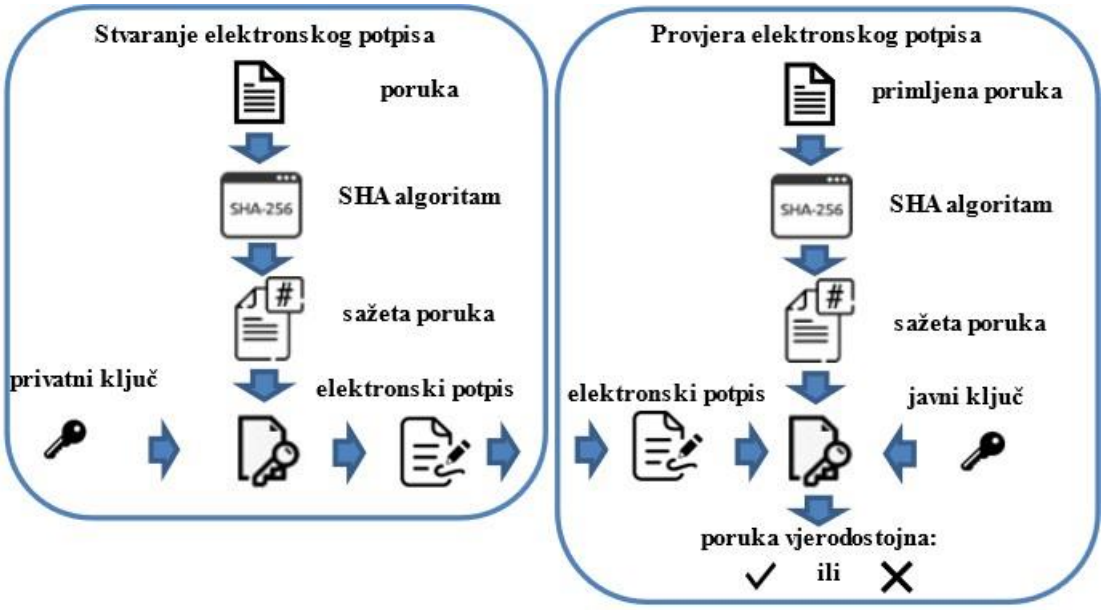
3.1. Enkripcija s privatnim ključem

Enkripcijom privatnim ključem računar ili korisnik posjeduje tajni ključ koji kriptira podatke prije slanja računarskom mrežom. Kako bi primatelj zaprimio poslane podatke potrebno je da zna tajni ključ pošiljatelja pomoću kojeg bi mogao dekriptirati podatke. Prije uspostavljanja komunikacije potrebno je znati koji računar (tj. korisnik - pošiljatelj) će slati poruke i koji će računar (tj. korisnik-primatelj) zaprimati poruke. Nakon toga na računare se instalira privatni ključ računara s kojih se zaprima poruka.

3.2. Enkripcija s javnim ključem

Stvaranje elektronskog potpisa koristi se pomoću privatnog ključa dok se provjera vrši pomoću javnog ključa koji odgovara, ali nije identičan privatnom ključu. Korisnik koji posjeduje elektronski potpis posjeduje vlastiti privatni (private) i javni ključ (public key). Provjeru potpisa omogućavaju javni ključevi koji su javno dostupni. Ograničenost pristupa privatnom ključu samo licu koji posjeduje elektronski potpis osigurava sigurnost od kompromitovanja. Elektronski dokument koji se potpisuje elektronskim potpisom skraćeno se naziva porukom.

U postupku stvaranja elektronskog potpisa za dobivanje sažete inačice poruke (eng. message digest) koristi se sigurna jednosmjerna funkcija, tzv. SHA (eng. Secure Hash Algorithm) algoritam. To su funkcije koje se matematički vrlo jednostavno izračunavaju, ali im je vrlo teško pronaći inverznu funkciju. Iz tako dobivene sažete inačice poruke DS algoritmom stvara se elektronski potpis. Poruka se, zajedno s pripadajućim potpisom, šalje primaocu koji pomoću javnog ključa od pošiljaoca utvrđuje vjerodostojnost poruke. U postupku provjere potrebno je koristi SHA algoritam jednak onom korištenom prilikom stvaranja potpisa.



Slika 1: Šematski prikaz postupka stvaranja i provjere elektronskog potpisa

3.3. DS algoritmi

DS algoritmi se sastoje od tri osnovna koraka: stvaranja javnog i privatnog ključa, stvaranja elektronskog potpisa na osnovu sadržaja poruke i privatnog ključa te potvrđivanje vjerodostojnosti potpisane poruke korištenjem javnog ključa pošiljatelja.

DSA (eng. Digital Signature Algorithm) algoritam propisan je DSS (eng. Digital Signature Standard) standardom savezne vlade Sjedinjenih Američkih Država i koriste ga sve civilne vladine organizacije te sve nevladine kompanije i organizacije koje surađuju s vladom. Algoritam je 1991. godine patentirao David W. Kravitz, bivši zaposlenik NSA (eng. National Security Agency) agencije.

Algoritam se sastoji od tri koraka:

- stvaranje ključeva,
- potpisivanja poruke,
- provjera vjerodostojnosti potpisa.

ECDSA (eng. Elliptic Curve DSA) algoritam je varijanta DSA algoritma koja u radu koristi skupove eliptičnih krivulja. Uz isti stepen zaštite ovaj algoritam rezultira manjim ključevima od DSA algoritma, uz približno jednako vrijeme izvođenja.

RSA (Rivest, Shamir, Adleman) algoritam je moguće koristiti za kriptiranje poruke i za njezino potpisivanje. Pošiljalac poruku potpisuje pomoću vlastitog privatnog ključa, a kriptira korištenjem javnog ključa primaoca. Nakon zaprimanja poruke primalac dekriptiranje vrši pomoću vlastitog privatnog ključa, a provjera vjerodostojnosti potpisa provodi se uz korištenje potpisnikovog javnog ključa.

Algoritam se sastoji od sljedećih koraka:

a) stvaranje ključeva,
b) potpisivanje poruke,
c) kriptiranje poruke,
d) dekriptiranje poruke,
e) provjera vjerodostojnosti potpisa.

FDH (eng. Full Domain Hash) i **RSA-PSS (eng. Probabilistic Signature Scheme)** algoritmi su varijante RSA algoritma namijenjene isključivo digitalnom potpisivanju poruka.

3.4. Potpisivanje dokumenata

U nekoliko zemalja elektronski potpis ima status sličan tradicionalnom pisanom potpisu. To znači da elektronski potpisani dokument potpisnika pravno obavezuje, u skladu s uslovima navedenim u spomenutom dokumentu. Zbog toga se preporučuje korištenje različitih parova ključeva za enkripciju i za potpisivanje. Korištenjem para ključeva namijenjenih enkripciji, korisnik može učestvovati u kriptiranoj komunikaciji (npr. pregovorima o kupnji nekretnine), ali ne potpisuje svaku poruku pravno važećim potpisom. Jednom kada zainteresirane strane postignu dogovor, ugovor se elektronski potpisuje i tek tada su potpisnici pravno vezani potpisanim dokumentom. Tako potpisani ugovor moguće je zatim, zbog dodatne zaštite, slati kriptiranog. DS algoritmi i protokoli ne pružaju, sami po sebi, informaciju o tome kada je dokument potpisan. Potpisnik može, ali i ne mora, uključiti vremenski žig (eng. time stamp) unutar elektronskog potpisa ili se u samom dokumentu može spominjati datum i vrijeme potpisivanja. Ovakvo označavanje vremena omogućuje navođenje netačnog, npr. ranijeg datuma ili vremena potpisivanja.

Korištenjem sigurnih vremenskih žigova (eng. trusted time stamp) sprečava se ovakva zloupotreba elektronskog potpisa. Sigurne vremenske žigove osigurava pouzdana treća strana, tzv. TSA (eng. Time Stamping Authority), koja time potvrđuje postojanje određenih podataka prije nekog vremena. Nedostatke takvog korištenja vremenskih žigova moguće je umanjiti umetanjem više oznaka različitih TSA organizacija u potpis. Jedna od osnovnih prednosti korištenja elektronskih potpisa, uz osiguravanje autentičnosti i integriteta dokumenta, je onemogućavanje nepriznavanja dokumenta od strane potpisnika (eng. nonrepudiation). Ako sporna poruka nije potpisana, njezin je navodni pošiljalac uvijek može osporiti tvrdnjama kako ju je netko drugi napisao i poslao. Takvo što se ne može dogoditi s potpisanim porukama osim u slučaju otkrivanja korisnikovog privatnog ključa, kojeg zbog toga treba čuvati u strogoj tajnosti.

Spremanje privatnog ključa na tzv. pametnoj kartici (eng. smart card) jedan je od načina osiguravanja njegove tajnosti. Alternativa je čuvanje privatnog ključa na računaru korisnika, ali takav pristup ima dva ozbiljna nedostatka:

- korisnik može potpisivati dokumente samo na spomenutom računaru i
- tajnost privatnog ključa ovisi o sigurnosti računara na kojemu je pohranjen.

Karticu je potrebno povezati na računar i proslijediti joj hash vrijednost poruke, ugrađeni procesor zatim iz pohranjenog privatnog ključa i primljenog otiska poruke proračunava potpis koji se potom šalje računaru. Na taj način privatni ključ nikada ne napušta karticu. Većinu kartica potrebno je prije upotrebe aktivirati ličnim identifikacijskim brojem (eng. Personal Identification Number – PIN), a građene su tako da onemogućavaju, ili barem otežavaju, neovlašten pristup pohranjenim podacima. (CARNet CERT & LS&S, 2007)

4. POSTUPAK IZDAVANJA KVALIFIKOVANIH ELEKTRONSKIH POTPISA

Prvi korak koji je potrebno da napravi pravno ili fizičko lice jeste izbor ovjerioca – CA tijela od kojeg želi pribaviti kvalifikovani elektronski potpis, zatim posjetiti njihovo najbliže RA (Registration Authority) tijelo koje će dati potrebne informacije koje su potrebne da bi se mogao nabaviti kvalifikovani elektronski potpis. Da li će podnosilac zahtjeva odlučiti predati zahtjev lično ili elektronski, zavisi samo od njega. Međutim i u jednom i drugom slučaju ovlaštene osobe će tražiti da se izvrši identifikacija osobe kojoj se izdaje kvalifikovani elektronski potpis. Nakon ispunjenog zahtjeva (pisani ili elektronski oblik), ovjerilac, odnosno ovlašteno lice u RA tijelu, će informisati budućeg vlasnika (pravno ili fizičko lice) kvalifikovanog elektronskog potpisa o pravilima i procedurama koje su dužni poštovati prilikom korištenja kvalifikovanog elektronskog potpisa.

Nakon prijema zahtjeva i utvrđivanja identiteta ovlašteno lice RA tijela proslijeđuje potrebnu dokumentaciju CA (Certificate Authority) tijelu gdje ovlaštene osobe vrše provjeru tačnosti i ispravno unešenih podataka u zahtjevu podnosioca na osnovu čega će se odlučiti da li će isti biti zaprimljen i poslat u procedure kreiranja ili odbijen zbog nepotpune dokumentacije. O ishodu će CA tijelo obavjestiti podnosioca zahtjeva pismenim ili elektronskim putem. Kada se ustanovi da su ispunjeni potrebni uslovi, provjeri tačnost informacija i potvrdi da su podmirene finansijske obaveze, u zavisnosti od svoje politike poslovanja CA tijelo će u roku od 5 do 10 dana izdati kvalifikovani elektronski potpis.

Nakon kreiranja kvalifikovanog elektronskog potpisa na odabranom mediju (USB, kartica) isti se dostavlja podnosicu (pravno ili fizičko lice) poštom ili se može preuzeti lično u prostorijama RA tijela zavisno od komunikacije i dogovora između podnositelja i CA tijela. Zbog sigurnosti od kompromitovanja praksa ovjerioca (CA tijela) jeste da se PIN kod za aktiviranje kvalifikovanog elektronskog potpisa dostavlja odvojeno preporučenom pošiljkom. Nakon preuzimanja i aktivacije, vijek trajanja kvalifikovanog elektronskog potpisa kreće se najčešće od 3-5 godina nakon čega je potrebno ponovo podnijeti zahtjev za izdavanje novog ili ukoliko omogućava ovjeriocu da se izvrši obnova (recertifikacija) kvalifikovanog elektronskog potpisa.

5. PRIZNAVANJE KVALIFIKOVANIH ELEKTRONSKIH POTPISA IZ INOSTRANSTVA

Elektronski dokumenti koji su potpisani od strane pravnog ili fizičkog lica iz druge države biće priznati, kao domaći elektronski dokumenti koji su potpisani od ovjerioca koji je izdao potpis u Bosni i Hercegovini, ukoliko je država iz koje dolazi elektronski dokument potpisala međunarodni sporazum o međusobnom priznavanju kvalifikovanih elektronskih potpisa. Ukoliko dokument potiče iz zemlje članice EU, takve kvalifikovane elektronske potpise će tretirati kao domaće kvalifikovane elektronske potpise i imaće istu pravnu vrijednost. Elektronski dokument je validan ukoliko se izdavaoc (CA tijelo) kvalifikovanog elektronskog potpisa (pravno mijenja vlastoručni potpis) kojim je dokument potpisan nalazi na Trusted list EU (Lista povjerljivih pružatelja usluga EU).

Na link-u https://eidas.ec.europa.eu/efda/tl-browser/#/screen/home se nalazi popis svih zemalja članica EU i potrebno je odabrati zemlju iz koje je došao elektronski dokument i provjeriti da li se na listi nalazi izdavalac kvalifikovanog elektronskog potpisa. Primjer: ukoliko je dokument potpisan od strane pravne osobe iz Belgije koji koristi certifikat (kvalifikovani elektronski potpis) od ovjeritelja (CA tijela) Certipost n.v./s.a. kojeg je tijelo izdalo pravnom licu, posjetit ćemo prethodno navedeni link i izabrati državu Belgiju. Nakon toga prikazat će se spisak svih ovjeritelja (CA tijela) u Belgiji koji imaju dozvolu da se bave pružanjem usluga izdavanje elektronskih certifikata (elektronski potpis, elektronski pečat, web autentifikacija, vremenski pečat). Ukoliko se tijelo nalazi na listi, takav dokument ćemo prihvatiti kao da je potpisan domaćim kvalifikovanim elektronskim certifikatom (potvrdom).

Drugi i jednostavniji način provjere elektronskih dokumenata koji su zaprimljeni od pravnih ili fizičkih lica, a potpisani kvalifikovanim elektronskim potpisom koji je izdat od strane povjerljivog pružatelja usluga (TSP - Trusted Service Provider), vrši se uploadovanjem elektronskog dokumenta. Nakon što se izvrši upload elektronskog dokumenta, zatim se na web sajtu izvršavaju određene skripte čije izvršavanje daje konačni rezultat da li je potpisan kvalifikovanim elektronskim potpisom ili nije. Ukoliko je potpisan kvalifikovanim elektronskim

potpisom, prikazat će naziv države iz koje dolazi ovjeritelj (CA tijelo) i naziv ovjerioca koji je kreirao kroz svoju PKI infrastrukturu određenu vrstu digitalnog certifikata kao i ime i prezime vlasnika certifikata. Dokumenti koji se zaprimaju elektronskim putem se najjednostavnije se provjeravaju na ovaj način da li imaju pravnu snagu i da li njihov kvalifikovani elektronski potpis mijenja njihov vlastoručni potpis u digitalnom obliku.

6. PRIMJERI PRIMJENE ELEKTRONSKOG POTPISA U BIH

Na međunarodnom sajmu privrede Tešanj 2023., Općina Tešanj je prezentirala novi Sistem za izdavanje e-Dozvola u oblasti građenja, razvijen uz podršku USAID-a. Za posjetitelje je održana demonstracija procesa izdavanja e-Dozvola, koji podnosiocima zahtjeva, uključujući građane, građanke i investitore, omogućuje elektronsko potpisivanje zahtjeva za izdavanje dozvola i jednostavnu elektronsku dostavu prateće dokumentacije. Provedbom ovog sistema Općina Tešanj namjerava da svojim stanovnicima pruži bolje usluge. Javne nabavke: e-Registar potvrda o izvršenim ugovorima, Agencija za javne nabavke Bosne i Hercegovine započela je razvoj najnovijeg modula na eNabavkama.

Prednost ovog registra ogleda se u mogućnosti elektronskog podnošenja zahtjeva i elektronskog izdavanja potvrde o uredno izvršenom ugovoru koja se koristi u procesu kvalifikacije ponuđača. Razvoj novog Sistema za upravljanje inspekcijskim nadzorom (E-INSPEKTOR) za Federalnu upravu za inspekcijske poslove je u završnoj fazi. Olakšice koje donosi novi E-INSPEKTOR potvrđuju da je digitalizacija jedan od ključnih faktora za transparentan i efikasan rad inspekcija u Federaciji Bosne i Hercegovine. Uprava za indirektno oporezivanje je od 6 mjeseca 2023. godine pokrenula podnošenje elektronskih PDV prijava za velike porezne obveznike potpisivanjem istih kvalifikovanim elektronskim potpisom, dok za druge PDV obveznike ta obaveza počinje zaključno sa 1.1.2024. Shodno navedenom možemo zaključiti da Bosna i Hercegovina postepeno u upotrebu uključuje kvalifikovani elektronski potpis. Njegova primjena će zavisiti od broja eServisa i broja zainteresovanih pravnih i fizičkih lica.

7. ZAKLJUČAK

Razvoj društva sa sobom donosi mnoge izazove i prednosti posebno kada su u pitanju informacione tehnologije (IT), tačka u kojoj se trenutno nalazimo jeste prelazak sa materijalnog poslovanja (upotreba kancelarijskog materijala-papir) na non-paper poslovanje. U današnjici je sve veća potreba za očuvanjem ekologije i smanjenjem potrošnje papirnog materijala. Ovaj rad ima za cilj skrenuti pažnju na koji način efikasno pratiti trend koji koriste već duže vrijeme zemlje članice Europske unije, a to je upotreba kvalifikovanih elektronskih potpisa i kvalifikovanih elektronskih pečata koje najčešće koriste javne institucije. Unutar organizacija ili institucija je neophodno izvršiti transformaciju poslovanja pomoću softverskih rješenja koji će ubrzati, olakšati i pojednostaviti procese kako u internoj razmjeni informacija, tako i kod razmjene sa svojim klijentima (strankama – pravno ili fizičko lice).

Upotreba kvalifikovanog elektronskog potpisa omogućila je kvalitativni skok u razvoju mnogih aplikacija jer omogućava brže i jednostavnije poslovanje, lakše sklapanje ugovora, uštedu poštanskih troškova, elektronsko slanje poreznih prijava, zahtjeva za izdavanje dozvola i slično. Koncept on-line potpisivanja ugovora zasigurno otvara vrata novim uslugama i oblicima poslovanja. Troškovi koji se javljaju prilikom upotrebe materijalnog kancelarijskog poslovanja će većinu odgovornih osoba za rukovođenje organizacijama, na čijem su čelu, navesti na reformu poslovanja i uvođenje softverskih rješenja i primjenu kvalifikovanog elektronskog potpisa. Razlog tome su smanjenje finansijskih rashoda koji se javljaju upotrebom kancelarijskog materijala (papir, toner za štampače, registratori itd.), a koji se, u zavisnosti od veličine organizacije, mogu postići uvođenjem Document Management Systema (DMS-sistema) kada se sredstva na potrošnju materijala pravilno preusmjere na nabavku softverskog rješenja.

Bankarski sektor već i u trenutnim uvjetima postojećeg zakonskog okvira može postići značajan nivo digitalizacije svojih internih procesa, ali isto tako i međusobnih poslovnih odnosa. Bankarski sektor se najčešće odlučuje na primjenu kvalifikovanog elektronskog potpisa kroz upotrebu internet bankarstva (u kojem se koriste pametne kartice za sigurno pristupanje web aplikaciji), zatim slijede javne institucije (državne, entitetske, kantonalne, opštinske) kroz upotrebu e-servisa koje na taj način olakšavaju pružanje svojih usluga.

8. LITERATURA

CARNet CERT & LS&S. (2007). Digitalni potpis. CARNet CERT & LS&S.

Veljko Trivun i dr. (2007). Pravni okvir za primjenu elektronskog potpisa u Bosni i Hercegovini. Ekonomski fakultet u Sarajevu

European Commision, Directorate-General for Informatics. (2021, Novembar 18). EU/EEA Trusted List Browser. Retrieved from eIDAS Dashboard: https://eidas.ec.europa.eu/efda/tl-browser/#/screen/home

Službeni Glasnik BiH. (2006). Zakon o elektronskom potpisu broj: 91/06.

Službeni Glasnik BiH. (2017). Pravilnik o evidenciji ovjerilaca, broj: 14/17.

USAID (2020). Analitički pregled trenutnog stanja zakonskog okvira relevantnog za elektronski potpis u Bosni i Hercegovini,

Ministarstvo komunikacija i transporta BiH (2011). Analiza učinka propisa na pravni i institucionalni okvir za elektronski potpis

Dejana Đurić (2021), Elektronski potpis i zašto ga (ne) primjenjujemo, Infinity International Group

Goran Miličić (2008), Upravljanje životnim ciklusom digitalnih sertifikata, Info M

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

IMPLEMENTATION OF A SENSOR SYSTEM IN TRAFFIC BASED ON THE ZIGBEE PLATFORM

IMPLEMENTACIJA SENZORSKOG SISTEMA U SAOBRAĆAJU ZASNOVANOG NA ZIGBEE PLATFORMI

Tanja Kostadinović[a], Amer Sarajlić[a], Aleksa Mirčetić[a]

[a] *Bosnia and Herzegovina, kostadinovictanja1@gmail.com, amer_sarajlic@hotmail.com, aleksakdtdoboj@gmail.com*

Abstract: *This paper presents a sensor system that could be implemented in cars and on roads, based on the ZigBee platform. The elements of that system are presented, with special reference to the MC1322x microcontroller as the basic element of the ZigBee platform. Although ZigBee is still not widely used in the field of traffic, the potential it provides and individual tests have shown enviable results, so it can be expected that ZigBee devices will soon become an integral part of all roads and cars. Based on this, a possible method of applying the ZigBee wireless sensor network in traffic is presented, with the aim of increasing safety and reducing the number of traffic accidents.*

Key words: *ZigBee, Wireless Sensor Networks, Sensor Systems*

Apstrakt*: U ovom radu predstavljen je senzorski sistem koji bi se mogao implementirati u automobile i na saobraćajnice, zasnovan na ZigBee platformi. Predstavljeni su elementi tog sistema sa posebnim osvrtom na mikrokontroler MC1322x kao osnovni element ZigBee platforme. 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, prikazan je mogući način primjene ZigBee bežične senzorske mreže u saobraćaju, s ciljem povećanja sigurnosti i smanjenja broja saobraćajnih nezgoda.*

Key words: *ZigBee, Bežične senzorske mreže, Senzorski sistemi*

1. UVOD

Prema podacima brojnih istraživanja, pametni sistemi koji asistiraju vozačima mogu spriječiti 20-30% saobraćajnih nezgoda [1]. U godinama koje dolaze pametni sigurnosni sistemi neće biti dio dodatne opreme automobila već će biti dio obavezne opreme svakog automobila. Glavni problem u realizaciji ovih ideja se ogleda u tome da su ovi sistemi jako skupi, tako da ih trenutno proizvođači automobila nisu u mogućnosti ugraditi u automobile nižih cjenovnih klasa. Trenutni asistenti u vožnji se baziraju na različitim sistemima kao što su radari, računarsko predviđanje, senzori... Integracija svih ovih sistema u jednu cjelinu je kompleksna, a samim tim i veoma skupa. Kako bi se smanjila cijena sistema koji služe kao asistenti u vožnji, naučnici predlažu rješenja koja će smanjiti cijenu samih uređaja, neće iziskivati puno energije i imat će sigurnu bežičnu vezu. Ta tehnologija bi bila zasnovana na ZigBee protokolu.

Ovo rješenje bi sadržalo razna upozorenja i informacije koje bi vozači dobijali prilikom prilaska određenim dijelovima puta ili objektima. ZigBee elementi bi bili ugrađeni na različite lokacije na saobraćanicama te bi slali relevantne informacije odgovarajućim ZigBee uređajima postavljenim na vozila koja se približavaju tom dijelu saobraćajnice [2,3]. Ovakav sistem znatno smanjuje rizik ljudske greške koje nastaju kao faktor donošenja loših odluka vozača oslanjajući se na sopstvena osjetila i iskustvo.

ZigBee koncept je veoma fleksibilan tako da može koristiti za različite funkcije [1], kao npr:

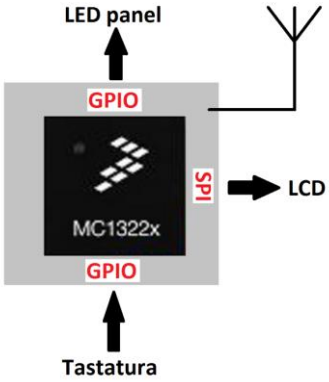
- upozorenje vozačima na nadolazeći saobraćaj, dionice na kojima su radovi na putu, dionice koje prolaze pored škola ili bolnica, vozila koja se približavaju iza nepreglednih uglova, kao i upozorenja na mnoge druge kritične situacije.
- pokazatelj vozačima određenih udaljenosti, saobraćajnih znakova, jednostavnih reklama ali i sadržaja u javnim objektima pored kojih prolaze.
- mjesta na kojima će se mjeriti određeni statistički podaci kao što su broj vozila koja prolaze određenom dionicom (mostovima, raskrsnicama...), mjerenje zagađenosti vazduha, temperature ili vlažnosti važnih lokacija u gradovima.
- automatizovan sistem naplate putarine ili parkinga u kojem sigurna i brza ZigBee veza može dati doprinos u transakciji prije nego što vozilo i dođe do same naplatne tačke.

U konačnici, bilo koja ZigBee aplikacija, bi dala veliki doprinos u oblasti saobraćaja.

2. ARHITEKTURA SENZORSKOG SISTEMA

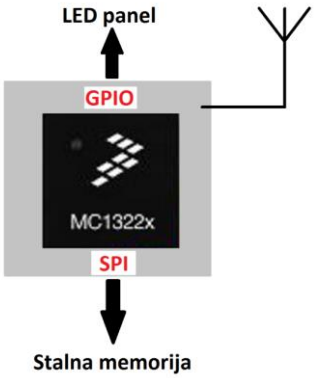
Za funkcionisanje sistema potrebna su dva elementa:

- ***Mobilna jedinica*** - sadrži LCD (engl. Liquid Crystal Display) i niz LED (engl. Light Emitting Diode) indikatora na komandnoj tabli automobila s ciljem davanja poruka i upozorenja vozaču, zajedno sa zvučnim signalom, slika 1. Vrsta, način povezivanja i cijena ovih komponenti zavise od vrste mikrokontrolera koji se koristi u mobilnoj jedinici. Takođe, nije neophodno da mobilna jedinica sadrži sve ove komponente. Moguće je da sadrzi samo jedan od načina davanja upozorenja vozaču kao npr. samo LED signalizaciju ili samo audio upozorenja.



Slika 1. Mobilna jedinica [1]

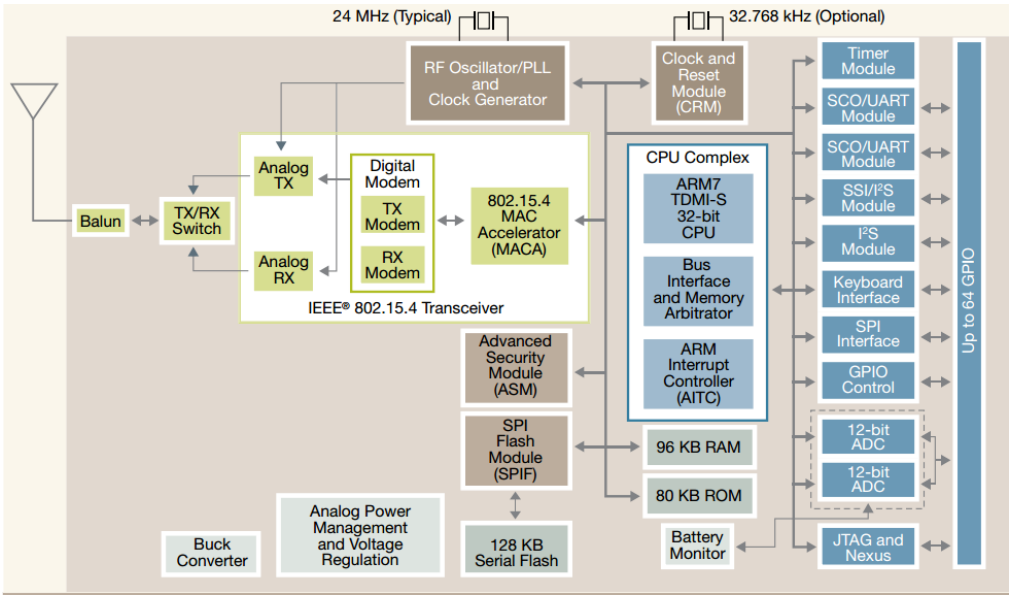
- ***Stacionarna jedinica*** - kako bi spriječile nepotrebnu potrošnju energije, stacionarne jedinice većinu vremena provode u "sleep modu", te se aktiviraju samo kada detektuju dolazeće vozilo, slika 2. Solarna energija se može iskoristiti za napajanje stacionarnih jedinica i punjenje njihovih baterija kako bi se ostvarila 24h energetska efikasnost.



Slika 2. Stacionarna jedinica dizajnirana za praćenje saobraćaja i pojedinih vozila [1]

Zajednički element za mobilnu i stacionarnu jedinicu je mikrokontroler, realizovan u obliku integrisanog kola koji objedinjuje sve potrebne komponente, kako bi mogao samostalno da funkcioniše. Tu spadaju integrisani mikroprocesor, memorija, digitalni i analogni ulazi/izlazi, tajmeri, brojači, oscilatori i drugi sklopovi (u

zavisnosti od vrste i namjene mikrokontrolera) koji su ranije bili svaki u svom integrisanom čipu. Mikrokontroler se programira da normalno radi u beskonačnoj petlji i za to vreme očitava ulaze i podešava izlaze u zavisnosti od programa koji mu je zadat. Na slici 3. prikazan je blok dijagram mikrokontrolera MC1322x [8].



Slika 3. Blok dijagram MC1322x [4]

Mikrokontroler MC1322x je platforma treće generacije ZigBee uređaja. Predstavila ju je kompanija "Freescale Semiconductors" u Teksasu 27. marta 2007. Godine [4]. MC1322x je platforma koju karakteriše jako mala potrošnja energije, smanjena čak za 50% u odnosu na predhodne platforme. Takođe MC1322x karakteriše i jako mala cijena u odnosu na performanse visokog nivoa koje pruža [5,6,7].

3. ZIGBEE PLATFORMA KAO SASTAVNI DIO SAOBRAĆAJNICA I AUTOMOBILA

Da bi se omogućila ZigBee komunikacija u saobraćaju, potrebne su tri različite vrste ZigBee čvorova i to [8]:

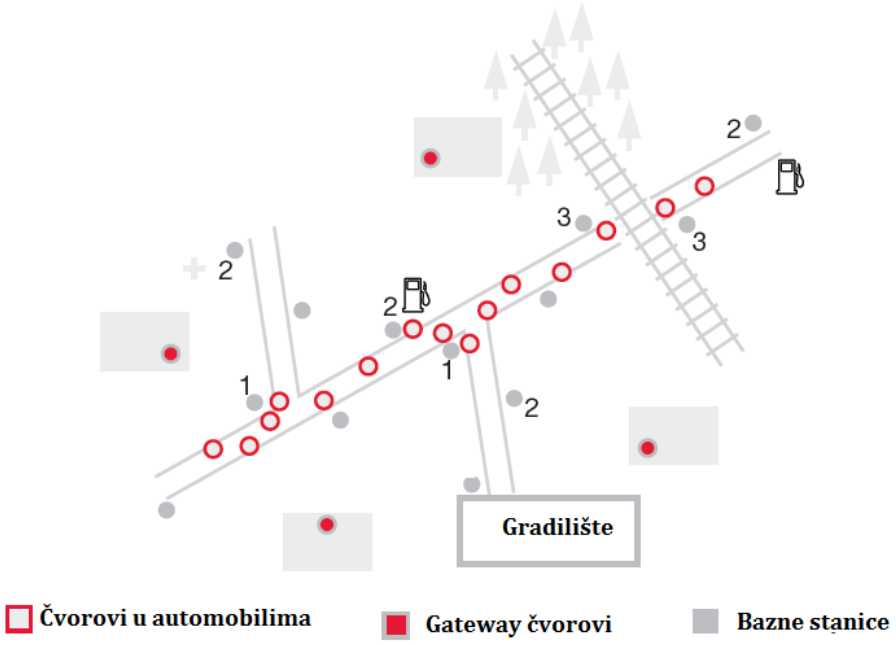
- Gateway čvorovi - predstavljaju lokacije objekata koji vrše nadzor nad saobraćajem kao što su policijske stanice ili centri sa kontrolu saobraćaja.
- Bazne stanice - bazne stanice odnosno bazni čvorovi se dijele na dvije grupe:
    - Stalne se postavljaju na najvažnije lokacije kojima prolaze vozila kao što su: ulazi i izlazi sa autoputa, raskrsnice, benzinske pumpe, bolnice, pružni prelazi i dr. One su stalno povezane sa Gatewey čvorovima.
    - Privremene nisu stalno povezane sa Gateway čvorovima i ne šalju konstantno informacije do njih. Njihova funkcija je isključivo informisanje vozača o dijelovima puta na kojima se nalaze određene kratkoročne smetnje. Kao npr. u slučaju izvođenja nekih manjih radova, izvođači bi postavili privremenu baznu stanicu koja bi slala informacije vozačima koji se približavaju toj lokaciji. Nakon završetka radova ili otklanjanja trenutnih smetnji ta stanica bi se takođe uklonila.
- Automobilski čvorovi - kao što i samo ime kaže ovi čvorovi se nalaze u automobilima i funkcija im je da povezuju različite senzore koji se nalaze u automobilima. Pored toga njihova glavna funkcija je komunikacija sa baznim stanicama. Ovi čvorovi bi nakon što dobiju neke informacije od bazne stanice te informacije slali do senzora automobila koji bi ih na različite načine (slika, zvuk, tekst..) prenijeli do vozača.

4. DISKUSIJA

Na slici 4. prikazana je implementacija ZigBee platforme u saobraćaju na kojoj je predstavljen raspored sve tri vrste neophodnih čvorova [1,5,6].

Bitno je naglasiti da bazne stanice mogu prikupljati informacije od različitih senzora. Brojem 1 su predstavljene bazne stanice koje upozoravaju vozače na potencijalno opasne situacije kao što su:

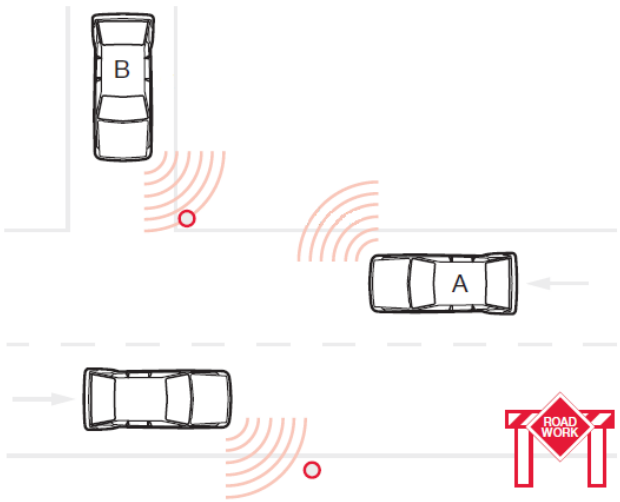
- nepregledni uglovi
- radovi na putu
- zabrane parkiranja, ograničenja brzine, školske zone
- pješački prelazi
- dolazak vozila iza nepreglednih krivina posebno u brdovitim predjelima



Slika 4. Primjer implementacije ZigBee platforme kao sastavni dio saobraćajnica i automobile [1]

Brojem 2 na slici 4. prikazane su bazne stanice koje informišu vozače o približavanju pojedinim objektima ili daju informacije o udaljenosti pojedinih objekata kao što su:

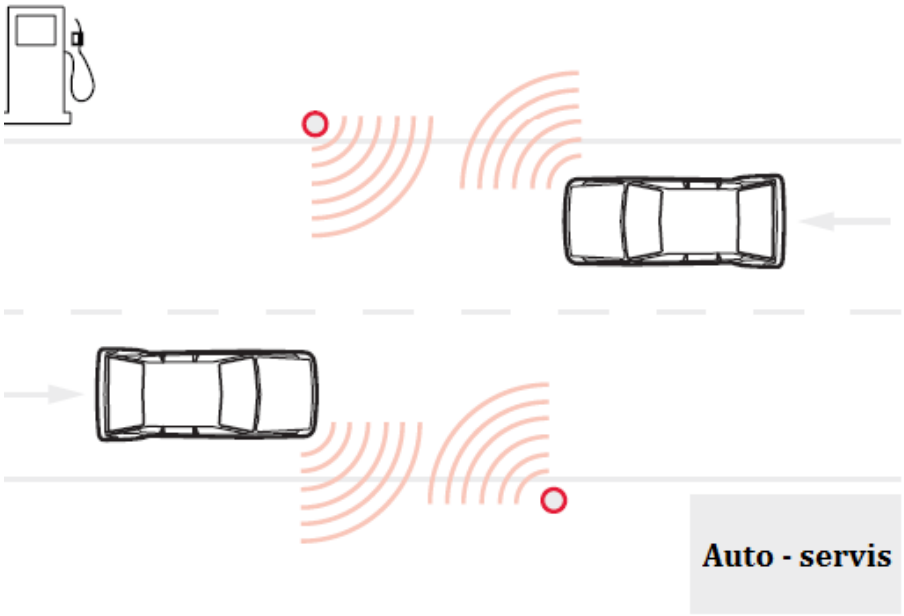
- benzinske stanice
- bolnice
- znakovi na putu
- hoteli
- prodavnice
- automobilski servisi



Slika 5. Bazne stanice koje upozoravaju vozače na opasnost [1]

Na slici 5. je prikazan jedan od mogućih načina primjene baznih stanica za upozorenje vozača na potencijalne opasnosti. Vidimo baznu stanicu koja upozorava vozače automobila A i B na nepreglednoj raskrsnici o njihovom međusobnom približavanju i potencijalnoj opasnosti od sudara. Također vidljiv je i primjer koji pokazuje upozorenje vozaču na nailazak radova na putu.

Na slici 6. je prikazan jedan od mogućih načina primjene baznih stanica koje daju informacije o približavanju određenim objektima.



Slika 6. Bazne stanice koje daju informacije o približavanju određenim objektima [1]

Broj 3 na slici 4. predstavlja bazne stanice koje služe za prikupljanje određenih statističkih podataka, koji pomažu lokalnoj upravi da unaprijedi određene lokacije ili saobraćajnice u gradu. Njihov zadatak je prikupljanje informacija o broju vozila koji prolaze određenom dionicom, gužvama na pojedinim lokacijama, kvaliteti vazduha i sl.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Trenutno u oblasti saobraćaja dominiraju pametni sistemi koji su zasnovani na radarima, računarskom predviđanju, senzorima... Integracija svih ovih sistema u jednu cjelinu je kompleksna, a samim tim i veoma skupa, tako da se oni mogu naći samo u skupocjenim automobilima.

Kako bi se smanjila cijena sistema koji služe kao asistenti u vožnji, ZigBee platforma predstavlja dobro rješenje za kreiranje pametnog sistema za asistente vozačima, međutim 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 odgovornost.

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, 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.

6. LITERATURA

[1] *Amer Sarajlić: Implementacija ZigBee platforme kao asistenta vozačima sa aspekta bezbjednosti učesnika u saobraćaju, Master rad, Saobraćajni fakultet 2017.*

[2] *D. Dobrilović, Z. Čović, Ž. Stojanov, V. Brtka 2013, "Approach In Teaching Wireless Sensor Networks and IoT Enabling Technologies In Undergraduate University Courses", MechEdu Subotica*

[3] D. Dobrilović, Ž. Stojanov, V. Brtka, N. Bilinac 2014, "Software Application for Analyzing ZigBee Network Performance in University Courses, Proceeding of IEEE", SISY pp 73-77, Subotica

[4] Freescale Semiconductor 2013, "Advanced ZigBee™- Compliant Platform-in-Package (PiP) for the 2.4 GHz IEEE® 802.15.4 Standard", Technical Data

[5] Marko Trnavac 2007, " ZigBee protokol za bežine senzorske mreže i PicdemZ razvojno okruženje", TELFOR, Beograd

[6] Milun Jevtić, Bojan Jovanović, Dragiša Milovanović 2009, "Jedna realizacija bežične mreže za upravljačko nadzorne sisteme"; Zbornik radova 53. Konferencije za ETRAN, Vrnjačka Banja

[7] Peulić Aleksandar, Pešović Uroš, Benkič Karl, Čučej Žarko 2008, "Performance analysis of improved ZigBee wireless network by simulation", 15th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, Bratislava

[8] https://www.crcpress.com/ZigBee-Network-Protocols-and-Applications/Wang-Jiang-Zhang/9781439816011

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

PROPOSAL FOR THE TECHNICAL SOLUTION OF INTELLIGENT LIGHT SIGNALING

PRIJEDLOG TEHNIČKOG RJEŠENJA INTELIGENTNE SVJETLOSNE SIGNALIZACIJE

Tanja Kostadinović[a], Darko Spasojević[a], Svetko Milutinović[b], Vanja Vanovac[a]

[a] *Bosnia and Herzegovina, kostadinovictanja1@gmail.com, darko_ug91@hotmail.com, vanjavanovac91@gmail.com*

[b] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosnia and Herzegovina, s.milutinovic@hotmail.com*

Abstract: *There are a large number of different intelligent transport systems, whose function directly depends on user needs. In this paper, the possibilities for application of intelligent light signaling, i.e. intelligent traffic lights, are considered. Intelligent light signaling greatly benefits both traffic safety and the acceleration of traffic flow.*

Key words: *ITS, intelligent traffic lights, intelligent roads*

Apstrakt*: Postoji veliki broj različitih inteligentnih transportnih sistema, čija funkcija direktno zavisi od korisničkih potreba. U ovom radu razmatrane su mogućnosti primjene inteligentne svjetlosne signalizacije, odnosno inteligentnih semafora. Inteligentna svjetlosna signalizacija u velikoj mjeri utiče kako na bezbjednost saobraćaja, tako i na ubrzavanje saobraćajnog toka.*

Ključne riječi: *semafori, ITS, saobraćajnice*

1. UVOD

Za regulisanje saobraćajnog toka i smjera kretanja vozila koriste se različite vrste saobraćajne signalizacije, među kojima je i semaforska signalizacija. Semaforska signalizacija predstavlja najintenzivniji vid pojmovne zaštite učesnika u saobraćaju, kako sa pravne strane, tako i u smislu psihološkog uticaja.

Sa pravne strane, semafor naizmjenično reguliše saobraćajni tok tako što naizmjenično u pravilnim vremenskim razmacima zaustavlja ili dozvoljava kretanje vozila i pješaka po saobraćajnicama. Naizmjeničnim dozvoljavanjem i zabranom kretanja reguliše se saobraćajni tok najčešće na raskrsnicama, gdje je potrebno obezbjediti bezbjedno kretanje učesnika u saobraćaju iz dva ili više različitih smjerova.

Sa psihološkog aspekta, pokazuje se da semaforska signalizacija na učesnike u saobraćaju ima znatno veći uticaj, te su učesnici u saobraćaju skloniji da poštuju semaforske signale, nego druge saobraćajne znakove. Razlozi za ovo bi se mogli tražiti u intenzivnijem prikazu saobraćajnog pravila u vidu svjetlosnog signala, u odnosu na klasičan grafički prikaz drugih saobraćajnih znakova, ali i u promjenljivom karakteru saobraćajnog pravila koje semaforska signalizacija uspostavlja. Naime, učesnik u saobraćaju je skloniji poštovati zabranu kretanja, ukoliko je ona privremenog karaktera.

Međutim, postoje saobraćajne situacije u kojima je potrebno naizmjenično regulisati smjer kretanja učesnika u saobraćaju, ali ne u pravilnim vremenskim razmacima. Naime, na određenim saobraćajnicama saobraćajni tok je takve strukture i intenziteta, da bi ova naizmjenična smjena uzrokovala zagušenje saobraćajnica i nepotrebno čekanje učesnika u saobraćaju. Na primjer, u okolini školskih objekata ima smisla naizmjenično regulisati saobraćajni tok u vrijeme trajanja nastave, zbog bezbjednosti učenika. Međutim, u vrijeme kada se ne obavlja nastava, u okolini školskih objekata uglavnom ima malo pješaka, pa je naizmjenično zaustavljanje vozila bespredmetno i zagušuje saobraćajni tok.

Stoga se za ovakve primjene koristi inteligentna saobraćajna signalizacija, koja senzorima prikuplja podatke o stanju na saobraćajnicama, obrađuje ih uz pomoć mikrokontrolera i naizmjenično mijenja saobraćajni tok u zavisnosti od dobijenih podataka sa senzora, odnosno od trenutne saobraćajne situacije [1,2,3].

2. UPOZORAVAJUĆI SEMAFOR U NASELJU

Lokacija koja će u ovom radu biti razmatrana jeste Račanska ulica u Bijeljini. Na navedenoj lokaciji nalaze se tri srednje škole, gradska sportska dvorana, nedaleko od ove lokacije nalazi se i četvrta srednja škola i ustanova visokog obrazovanja. Takođe, u blizini ove lokacije nalazi se veliki broj stambenih i ugostiteljskih objekata. Drugim riječima, radi se o jednoj veoma prometnoj lokaciji. Međutim, postavljanje klasičnog semafora ne bi imalo smisla, jer ne postoji raskrsnica, te bi se postavljanjem klasičnog semafora stvorilo usko grlo, koje bi u velikoj mjeri usporilo saobraćajni tok i dovelo do nepotrebnog zagušenja saobraćajnice. Na slici 1. prikazana je ilustracija načina rada semafora za ul. Račanska.

Slika 1. Ilustrovani prikaz načina rada semafora za Ul. Račanska

Kao što je vidljivo na slici, semafor nema zadatak da zaustavlja kretanje motornih vozila po saobraćajnici, već samo da pruži vizuelnu informaciju o kretanju pješaka preko pješačkog prelaza. Oznaka „OPREZ!“ realizovana je uz pomoć led dioda, a boje su odabrane tako da privlače pažnju vozača motornih vozila. Uočavanjem signala perifernim vidom, vozači motornih vozila će refleksno usporiti kretanje, kako bi skrenuli pogled i centralnim vidom analizirali signal koji treperi. Samim tim, efekt usporavanja kretanja motornih vozila će biti postignut, a takođe će biti pojačan prirodom same informacije koju upozoravajući semafor daje. Kada percipiraju informaciju koju im pruža upozoravajući semafor, vozači će dodatno prilagoditi brzinu kretanja vozila i na taj način će biti obezbjeđen bezbjedan prelazak pješaka preko ulice.

Stoga je ideja da se postavi upozoravajući semafor. Osnovno stanje semafora bilo bi ugašeno, a registrovanjem pješaka na senzorima pokreta došlo bi do uključivanja upozoravajućeg semafora, koji bi vozačima davao upozorenje da prilagode brzinu kretanja. Nakon predodređenog zaštitnog vremena, semafor se vraća u početno stanje, odnosno gasi se [4,5]..

2.1. Elementi upozoravajućeg semafora

Najvažniji gradivni elementi predmetnog upozoravajućeg semafora su.

- solarni panel za napajanje sa baterijom 12V,
- LED upozoravajuće svjetlo,
- senzori pokreta,
- tajmer (sastavni dio mikrokontrolera) i
- sklop za logičke operacije (mikrokontroler).

Solarni panel ima zadatak da napaja bateriju, koja služi kao glavni izvor napajanja električnom energijom cjelokupnog sistema. Solarni panel mogao bi napajati sistem i direktno, s obzirom da je predviđeno vrijeme rada u toku dnevnih časova, ali zbog uslova smanjenje vidljovosti i rada navedenog sistema u zimskim uslovima, ali i u noćnim satima, dodata je i baterija. Međutim, moraju se uzeti u obzir različiti faktori koji mogu negativno uticati na napajanje, kao što su: loši atmosferski uslovi koji smanjuju intenzitet sunčevog zračenja, snijeg i druga fizička barijera na solarnom panelu koja privremeno može blokirati napajanje i slično. Stoga je upotreba baterijskog izvora napajanja neophodna.

LED upozoravajuće svjetlo ima zadatak da naizmjeničnim paljenjem i gašenjem daje upozorenje vozačima da prilagode brzinu kretanja vozila.

Senzori pokreta imaju zadatak da detektuju pokrete pješaka i vozila i da daju input-ulaz sistemu za odlučivanje o davanju upozorenja.

Tajmer ima zadatak da reguliše vrijeme trajanja upozorenja, kao i vrijeme od inicijacije senzora do reakcije u vidu svjetlosnog upozorenja.

Sklop za logičke operacije predstavlja logičko kolo, čiji je zadatak da obradi signale sa ulaza (senzori i tajmer), te da na izlazu da odgovarajući signal, koji bi u pogodnim trenucima aktivirao upozoravajući semafor. Sklop za logičke operacije treba biti realizovan tako da je konzistentan sa algoritmom rada upozoravajućeg semafora. Najčešća realizacija ovakvih uređaja je putem programabilnih logičkih kontrolera, odnosno mikrokontrolera.

3. ALGORITMA RADA INTELIGENTNOG UPOZORAVAJUĆEG SEMAFORA

Razmatrana lokacija nalazi se u neposrednoj blizini centra grada Bijeljine, u ulici Račanska [6]. Navedena ulica je relativno dugačka saobraćajnica, bez većih zavoja, što vozačima motornih vozila omogućava da razviju veliku brzinu kretanja vozila.

S obzirom da, kako je ranije navedeno, u blizini razmatrane lokacije smještene su čak četiri srednje škole, fakultet, veliki broj stambenih i ugostiteljskih objekata, jasno je da je frekvencija kretanja pješaka izuzetno velika. Međutim, imajući u vidu da ne postoji raskrsnica na navedenoj lokaciji, potrebno je locirati bezbjedan pješački prelaz na navedenoj lokaciji, kako bi pješaci mogli nesmetano prelaziti sa jedne strane ulice na drugu.

S tim u vezi, moguće je postaviti semafor, koji bi naizmjenično propuštao ili zaustavljao saobraćajni tok, u zavisnosti od potreba pješaka. Međutim, iskustva pokazuju da ovakvi semafori negativno utiču na brzinu odvijanja saobraćajnog toka, stvarajući usko grlo i ometajući nesmetano kretanje vozila [7,8].

Stoga je od interesa sa obje strane pješačkog prelaza postaviti upozoravajući semafor, koji će reagovati samo u slučaju da se pojavi pješak koji ima namjeru da pređe ulicu, upozoravajući vozače da ne prekoračuju ograničenje brzine, koja je na ovoj saobraćajnici, zbog blizine školskih objekata 30 km/h.

Sa obje strane ulice biće postavljena dva upozoravajuća semafora, koji su sinhronizovani fizičkom vezom (električnim provodnikom), postavljenim ispod saobraćajnih traka. Semafori će imati vlastite baterije od 12V, te solarni panel, pomoću kojeg se vrši dopuna baterija.

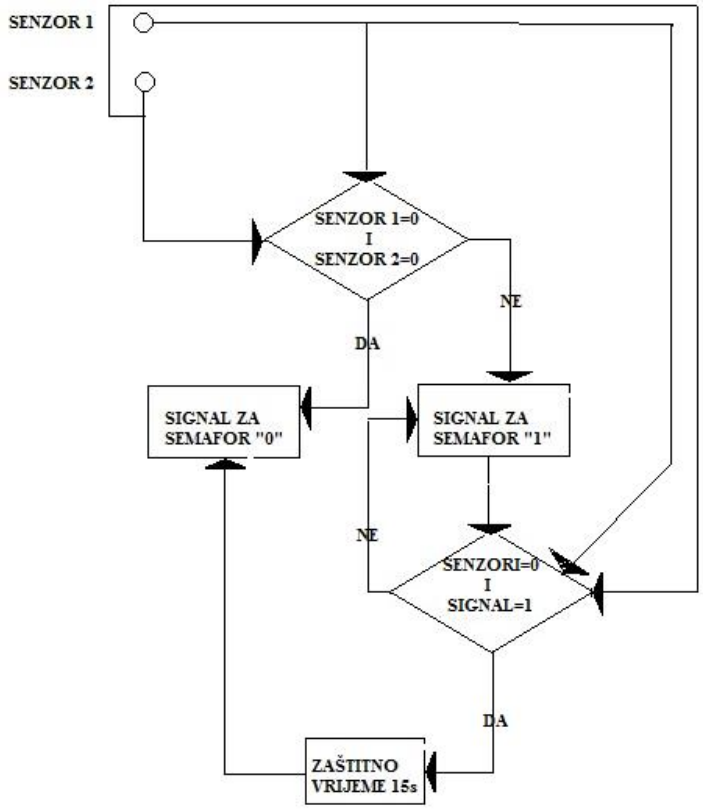
Osnovno stanje semafora jeste ugašeno, odnosno, semafor ne radi i ne remeti percepciju vozača motornih vozila, kada za to ne postoji potreba, tj. kada nema pješaka koji imaju namjeru da pređu ulicu.

Senzori pokreta su postavljeni u neposrednoj blizini pješačkog prelaza, sa obje strane ulice i njihov zadatak je da registruju pješaka koji se približava ivičnjaku. Zbog minimizovanja mogućnosti da se semafor bespotrebno aktivira, senzor je realizovan kao nagazni. Drugim riječima, kada pješak nagazi na polje senzora, isti registruje promjenu i šalje mikroprocesoru signal za prekid, te isti reaguje i aktivira par semafora. Protekom zaštitnog vremena od 15 sekundi semafor se ponovo gasi.

Zaštitno vrijeme se računa kao vrijeme potrebno da najsporiji pješak (stara i nemoćna lica, te roditelji sa malom djecom) pređe dvije kolovozne trake u dužini od ukupno 6 metara uvećano 2,5 puta.

Drugim riječima, vrijeme potrebno da da najsporiji pješak pređe ulicu iznosi 6 sekundi, a zaštitno vrijeme u tom slučaju iznosi 15 sekundi. Zaštitno vrijeme je neophodno zbog toga što je potrebno obezbjediti pravovremenu reakciju vozača, koji ima određeno kašnjenje u reakciji od momenta uočavanja upozorenja do reakcije. Ovo kašnjenje zavisi od godina, psihofizičkog stanja vozača, uslova na putu i sl.

Na ovaj način vozačima motornih vozila se skreće pažnja na pješaka koji ima namjeru da pređe ulicu, čime se pozitivno utiče na njihovu pažnju i smanjuje mogućnost da dođe do saobraćajne nezgode – udara pješaka motornim vozilom [9,10]. Grafički prikaz algoritma dat je na slici 2.



Slika 2. Grafički prikaz algoritma rada upozoravajućeg semafora [6]

Algoritam rada je relativno jednostavan. Ukoliko je stanje na oba senzora „0“, odnosno ukoliko ni jedan od senzora sa obje strane ulice ne registruje nailazak pješaka, mikrokontroler šalje signal za semafor „0“. Drugim riječima, semafor je ugašen i ne daje upozorenja vozačima, čime se ne remeti njihova percepcija.

Ukoliko bilo koji od senzora mikrokontroleru šalje stanje „1“, odnosno ukoliko se na bilo kojoj strani ulice pojavi pješak koji ima namjeru da pređe ulicu, mikrokontroler šalje semaforu signal „1“, odnosno semafor se uključuje.

Sve dok je na bilo kom od senzora registrovano stanje „1“, odnosno ukoliko bilo koji od pješaka čeka na prelazak ulice, mikrokontroler šalje signal vrijednosti „1“ za semafor. Ukoliko se na oba senzora registruje vrijednost „0“ i ukoliko se semaforu šalje signal „1“ (odnosno ukoliko su pješaci napustili oblast senzora i krenuli preko ulice), aktivira se element za kašnjenje – tajmer, koji odbrojava zaštitno vrijeme od 15 sekundi i nakon toga mikrokontroler šalje semaforu signal „0“, odnosno semafor se vraća u početno stanje [11,12,13].

4. PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA

Predloženo idejno rješenje nesumnjivo donosi unaprijeđenja u odnosu na klasičan način implementacije semaforske signalizacije. Međutim, jasno je da su pozitivni efekti predloženih rješenja ograničeni kako prostorno, tako i vremenski.

Stoga bi pravac daljeg istraživanja trebali da idu u smjeru izgradnje mreže inteligentnih semafora i to na nivou jedne urbane sredine. Semafori bi bili međusobno povezani i usklađeni putem zajedničkog upravljačkog centra, koji bi bio u potpunosti automatizovan i bazirao bi se na algoritmu upravljanja. Pored toga, u budućem istraživanju biće posvećena pažnja istraživanju mogućnosti upotrebe kamera upravljanih algoritmima za prepoznavanje registarskih tablica i lica vozača (tzv. ANPR kamere) [7,8,9]. Upotrebom ove tehnologije bi se preventivni karakter inteligentne signalizacije transformisao u represivni aparat, koji je znatno efikasniji u povećanju bezbjednosti saobraćaja. Algoritam upravljanja ovakvog sistema morao bi biti adaptivne prirode, na način da prikuplja informacije sa terena, obrađuje ih i na osnovu njih podešava uslove na saobraćajnici, vodeći računa o balansu između bezbjednosti i nesmetanog odvijanja transportnog toka [1].

Kao moguće rješenje za istaknuti zahtjev mogao bi biti korišćen fazi sistem. Fazi sistemi su karakteristični po tome što imaju bazu pravila koja se formira na osnovu iskustava eksperata, pa bi za formiranje ovakvog sistema bilo korišćeno znanje dispečera koji upravljaju koordinisanim sistemima svjetlosne signalizacije u velikim

gradovima. Međutim, to može biti i ograničenje, jer ovakav sistem ne bi nužno mogao da u realnom vremenu adaptivno reaguje na promjene u saobraćaju, koje su po svojoj prirodi stohastične. Stoga bi kao najbolje rješenje za navedeni algoritam svakako bilo korišćenje neuronskih mreža, koje imaju povratnu spregu, odnosno uče iz situacija na terenu [1,4]. Ovo ih čini idealnim sistemom, jer imaju zavidan nivo inteligencije i mogućnost prilagođavanja svim situacijama u realnom vremenu.

Stoga će dalje istraživanje biti usmjereno ka konstruisanju neuronske mreže koja bi mogla odgovoriti ovom zahtjevu i njeno povezivanje sa većim brojem inteligentnih semafora, čime bi se formirao sistem inteligentne svjetlosne signalizacije na nivou jedne urbane sredine.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Inteligentna svjetlosna signalizacija ima za cilj adaptivno upravljanje saobraćajnim tokom na automatizovan i poluautomatizovan način, bez potrebe za stalnim nadzorom čovjeka. Cilj ovakvog načina realizacije svjetlosne signalizacije je izbjegavanje stvaranja uskih grla na saobraćajnicama i minimalan uticaj na transportni tok, eliminacija šok-talasa i drugih negativnih pojava u transportnom toku. Sve ovo se ostvaruje uz uštedu električne energije i unaprijeđenje bezbjednosti svih učesnika u saobraćaju. Dakle, može se zaključiti da ovakva tehnologija donosi višestruka unaprijeđenja saobraćaja i svakako je poželjan trend omasovljenja ovakvih vidova svjetlosne signalizacije.

U urbanoj sredini, moralo se voditi posebnog računa o izbjegavanju rizika od zagušenja transportnog toka i stvaranja uskog grla, koje bi nastalo implementacijom klasičnog semafora. Ipak, imajući u vidu da je najveći broj vozača zapravo veoma odgovoran, dovoljno je upozoriti ih na nadolazeću rizičnu situaciju i oni će uglavnom uvažiti upozorenje i način vožnje prilagoditi datom upozorenju. Na ovaj način je u značajnoj mjeri unaprijeđena bezbjednost pješaka, a naročito djece i adolescenata koji pohađaju osnovne i srednje škole.

Autori očekuje da će, realizacijom ovakvog vida semaforske signalizacije, bezbjednost pješaka biti unaprijeđena, odnosno broj saobraćajnih nezgoda u kojima učestvuju pješaci će biti znatno umanjena.

6. LITERATURA

[1] *Annunziato, M. & Pizzuti, S. (2018): "A Smart-Adaptive-System based on Evolutionary Computation and Neural Networks for the on-line short-term urban traffic prediction". izvor: http://www.researchgate.net/publication/228578769_A_Smart-Adaptive-System_based_on_Evolutionary_Computation_and_Neural_Networks_for_the_on-line_short-term_urban_traffic_prediction*

[2] *Bhuvaneswari, P.T.V., Arun raj, G.V., Balaji, R.,Kanagasabai, S. (2012): "Adaptive Traffic Signal Flow Control using Wireless Senzor Networks". IEEE Computer Society, 85-89. Paper presented at 4th International Conference on Computer Intelligence and Communication Networks. izvor: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6375077&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6375077*

[3] *Bošnjak, I. (2006): Inteligentni transportni sustavi - ITS 1, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2006.*

[4] *Dai, Y., Hu, J., Zhao, D., & Zhu, F. (2011): "Neural network based online traffic signal controller design with reinforcement training". Intelligent Transportation Systems (ITSC), 1045-1050. Paper presented at 14th International IEEE Conference, Washington, DC. izvor: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6083027&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6083027*

[5] *Dargie, W. & Poellabauer, C. (2010): Fundamentals of Wireless Senzor Networks Theory and Practice (1st ed.). John Wiley and Sons Ltd.*

[6] *Darko Spasojević: IDEJNO RJEŠENJE ZA REALIZACIJU INTELIGENTNIH SEMAFORA NA PODRUČJU GRADA BIJELJINE, Master rad, Saobraćajni fakultet 2022.*

[7] *Hariyono, J. Kang-Hyun J. (2015): Detection of pedestrian crossingroad using action classification model. Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), 2015 IEEE International Conference on. IEEE, 2015.*

[8] *Hariyono, J. Kang-Hyun, J. (2007): Detection of pedestrian crossing road. Image Processing (ICIP), 2015 IEEE International Conference on. IEEE, 2015. Mazzaroppi, Marcelo. Senzores de Movimento e Presena. Universidade Federal do Rio, Escola Politcnica, Rio de Janeiro, 2007.*

[9] *IBM (2013): "A Vision for a smarter city – How Nairobi can lead way into a prosperous and sustainable future." izvor: http://www-05.ibm.com/za/office/pdf/IBM - A Vision for a Smarter City – Nairobi.pdf*

[10] *Michael, B.W. & Areolino de Almeida Neto. (2014): "Optimization of Traffic Light Timing based on Artificial Neural Networks". Paper presented at 17th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems. izvor: http://scl.hanyang.ac.kr/scl/database/papers/ITSC/ITSC14_HTML/media/files/0179.pdf*

[11] Pascale, A., Nicoli, M., Deflorio, F., Dalla Chiara, B., & Spagnolini, U. (2012): Wireless senzor networks for traffic management and road safety. IET Intelligent Transport Systems, 6(1), 67-77. izvor: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6157101&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6157101

[12] Patel, M., & Ranganathan, N. (2001): "IDUTC: An Intelligent Decision-Making System for Urban Traffic-Control Applications". IEEE Transactions on Vehicular Technology, 50(3), 816-829. izvor: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=933315&url= http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D33315

[13] Yousef, K. M., Al-Karaki, J. M., & Shatnawi, A. M. (2010): Intelligent Traffic Light Flow Control System Using Wireless Senzor Networks. Journal of Information Science and Engineering

IX International Symposium
NEW HORIZONS 2023
of transport and communications
24-25 November

CONCENTRATION OF ECONOMIC ACTIVITIES OF THE REPUBLIC OF SRPSKA AND THEIR INFLUENCE ON EMPLOYMENT AND STRATEGIC DECISIONS

KONCENTRACIJA PRIVREDNIH DJELATNOSTI REPUBLIKE SRPSKE I NJIHOV UTICAJ NA ZAPOŠLJAVANJE I STRATEGIJSKE ODLUKE

Siniša Božičković[a], Cviko Jekić[b], Goran Mitrović[c], Adaleta Skula[d], Željka Filipović[e]

[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*

[b] *Economic Faculty, University of East Sarajevo, Studentska 11, 76100 Brčko, Bosnia and Herzegovina, cviko.jekic.efb@gmail.com*

[c] *Drina Insurance Inc. Milići, Branch Bijeljina, Intersection Gavrila Principa 1 i Filipa Višnjića 1, 76300 Bijeljina, Bosnia and Herzegovina, goran.mitrovic@drina-osiguranje.com*

[d] *Mixed Secondary School Tešanj, Patriotske lige 61, 74260 Tešanj, Bosnia and Herzegovina, adaleta.skula94@gmail.com*

Bosnia and Herzegovina, zeljka.josic1999@gmail.com

Abstract: *The concentration of economic activities is a consequence of economic policy in every society. Over the past two decades of this century, the concentration of economic activities has increased in the Republic of Srpska. Concentration has led to an increase in employment in certain economic regions, which has created disparities in the development of regions. Three economic activities have the greatest importance in achieving the economic development of the Republic of Srpska, namely: Agriculture, forestry and fishing (A), Manufacturing industry (C) and Wholesale and retail trade, repair of motor vehicles and motorcycles (G). According to the data of the Republic Institute of Statistics, in 2020, the aforementioned activities significantly contributed to the creation of the gross domestic product of 31.58%. These three activities represent a reliable sample for evaluating the impact of concentration on the number of employees in the Republic of Srpska. In the paper, the concentration index of the mentioned economic activities will be investigated, which will evaluate the impact of concentration on the number of employees in the economic regions of the Republic of Srpska. The Herfindal-Hirschman index is used as a measure of concentration. The results of the research can be useful to the strategic management of the Republic of Srpska when creating decisions on the development of individual economic activities, as well as when creating the economic development policy of the Republic of Srpska.*

Key words: *concentration, economic activities, economic regions, Herfindal-Hirschman index*

Apstrakt: Koncentrisanje privrednih djelatnosti je posljedica vođenja ekonomske politike u svakom društvu. Protekle dvije decenije ovoga vijeka u Republici Srpskoj je povećana koncentracija privrednih djelatnosti. Koncentracija je dovela do povećanja zaposlenosti u pojedinim privrednim regijama, čime su stvoreni dispariteti u razvoju regija. Najveći značaj u ostvarivanju ekonomskog razvoja Republike Srpske imaju tri privredne djelatnosti: poljoprivreda, šumarstvo i ribolov (A); prerađivačka industrija (C) i trgovina na veliko i malo, popravka motornih vozila i motocikala (G). Navedene djelatnosti, prema podacima Republičkog zavoda za statistiku, u 2021. uveliko je učestvovala u stvaranju bruto domaćeg proizvoda (BDP) od 31,57 posto. Ove tri djelatnosti predstavljaju pouzdan uzorak za ocjenu uticaja koncentracije na broj zaposlenih u Republici Srpskoj. U radu će se istraživati indeks koncentracije navedenih privrednih djelatnosti, čime će se ocijeniti njen uticaj na broj zaposlenih u privrednim regijama Republike Srpske. U istraživanju se koristi Herfindahl-Hirschmanov indeks koncentracije. Rezultati istraživanja mogu biti korisni strateškom menadžmentu pri kreiranju politike ekonomskog razvoja.

Ključne riječi: *koncentracija privrednih djelatnosti, privredne regije, Herfindal-Hiršmanov indeks*

1. UVOD

Regionalnom koncentracijom u Evropi od 1980. do 1985. godine bavio se teoretičar Martin Hallet, koji je koristio različite mjere za izračunavanje koncentracije, specijalizacije, klasterizacije, centralizacije i dohotka sektorske proizvodnje na nivou regija. Istraživanjem je došao do rezultata da su poljoprivreda s preradom poljoprivrednih proizvoda i svakodnevne usluge rasprostranjene u prostoru, dok su prerađivačke industrije sa visokim ekonomijama koncentrisane na nekoliko lokacija.

Pojam koncentracija predstavljao je osnovu za istraživanje konkurentnosti i tržišnih struktura. Drugim riječima, tržišna koncentracija može se definisati kao „stepen do kojeg mali broj preduzeća kontroliše veliki dio tržišta" (Cambridge Business English Dictionary, 2021). Tržišna koncentracija, prema definiciji OECD-a, pokazuje u kojoj mjeri su tržišna učešća koncentrisana između manjeg broja preduzeća. Na taj način ona može biti koristan alat za sagledavanje mogućih faktora određenog ponašanja te efikasnosti tržišnog takmičenja u zaštiti i olakšavanju konkurencije u privredi. Koncentracija kao pojam počinje se javljati sredinom 19. vijeka. U mnogim tržištima se događa da velika preduzeća jačaju svoj tržišni udio i na taj način potiskuju manja preduzeća s tržišta i time ostvaruju kontrolu na tržištu, što može dovesti do oligopolske, odnosno monopolske tržišne strukture. Budući da je ovaj trend koncentracije postajao sve izraženiji, mnoge zemlje su morale intervenisati, što je i danas uobičajeno da državni organi nastoje otkloniti negativna tržišna dejstva.

Visok nivo razvijenosti konkurencije u svim tržišnim segmentima je važan preduslov efikasnog funkcionisanja ekonomskog sistema, zbog čega ekonomska politika svake zemlje treba biti usmjerena prema njenoj zaštiti i jačanju. Sagledavanje nivoa koncentracije uz primjenu odgovarajućih regulatornih mjera pruža mogućnost da se na vrijeme spriječi narušavanje tržišnih principa u svim privrednim granama (Filipović, Avramović, Račić, 2016). Koncentracija na određenom tržištu kreće se od monopola do savršene konkurencije, tj. od čvrsto konsolidovane do jako fragmentisane industrije. Pored njih, savremena mikroekonomska teorija poznaje još dvije vrste tržišnih struktura – oligopol i monopolističku konkurenciju (Dimić, 2015). Nizak nivo koncentracije u industriji ukazivao bi na veću konkurenciju među preduzećima u toj industriji u poređenju sa nivoom blizu 100%, što bi bilo očito u industriji koju karakteriše monopol (Keton, 2020). Kineski naučnik (Liu, 2014) upoređuje globalnu i lokalnu ekonomiju gdje vrši mjerenje geografske koncentracije industrije.

Visok nivo razvijenosti konkurencije u svim segmentima tržišta je važan preduslov efikasnog funkcionisanja ekonomskog sistema, zbog čega ekonomska politika svake zemlje treba da bude usmjerena prema njenoj zaštiti i jačanju (Barjaktarović i Paunović, 2012). Sagledavanjem stepena koncentracije, a uz pomoć određenih regulatornih mjera, na vrijeme se pruža mogućnost za sprečavanje urušavanja tržišnih principa u svim privrednim granama. Da proces procjene razvijenosti konkurencije na tržištu ne bi bio baziran samo na subjektivnim procjenama i analizama, uvedeni su određeni matematički modeli koji kvantifikuju stepen konkurencije na tržištu (Radivojević, 2013).

U Republici Srpskoj najveća koncentracija privrednih subjekata odvija se oko gradova, prvenstveno tamo gdje je razvijena saobraćajna infrastruktura. Snažan uticaj na ovakav privredni disparitet u Republici Srpskoj su imala privredna kretanja u svijetu s pojavom procesa globalizacije. Privredna aktivnost u Republici Srpskoj nije ravnomjerno raspoređena, gdje su pojedine privredne djelatnosti izričito prostorno raspoređene, dok druge imaju disperziju. Na teritorijalni raspored privrednih djelatnosti utiču brojni faktori koji su uzrokovani postojanjem centripetalnih i centrifugalnih sila, koje djeluju kako na koncentraciju djelatnosti tako i na njenu distribuciju na čitavom nacionalnom prostoru.

Jedan od ključnih problema s kojima se Republika Srpska susreće jeste njen nejednak ekonomski i regionalni razvoj. Taj problem se donekle nastoji prevazići ujednačavanjem tog razvoja. Prema EUROSTAT-u (Evropski statistički ured), Republika Srpska je svrstana u NUTS 2 administrativnu jedinicu (Nomenklatura teritorijalnih statističkih jedinica koje se koriste u zakonodavstvu Evropske unije) koja obuhvata od 800.000 do 3.000.000 stanovnika (Molnar, 2016). Međutim, države koje još nisu članice Evropske unije nisu obavezne uvoditi ovu klasifikaciju jer je za pregovore o pridruživanju potrebno imati neku vrstu regionalne klasifikacije. Prema ovoj klasifikaciji, naših pet posmatranih regiona Republike Srpske, kako ih je definisala Privredna komora Republike Srpske (https://komorars.ba/podrucne-privredne-komore), predstavljaju: Banja Luka, Doboj, Bijeljina, Istočno Sarajevo i Trebinje.

U radu je dat naglasak na Herfindal-Hiršmanov indeks (HHi) kao mjeru koncentracije, koja se često koristi i u praksi i u literaturi, te je kao takav korišćen u empirijskom dijelu rada. To je jedno od najjednostavnijih i najčešće korišćenih mjera koncentracije koja prostornu raspodjelu zaposlenosti za svaku djelatnost upoređuje sa ujednačenom raspodjelom (Campos, 2012). Cilj istraživanja u radu odnosi se na ocjenu položaja djelatnosti A: poljoprivreda, šumarstvo i ribolov; C: prerađivačka industrija i djelatnosti; G: trgovina na veliko i malo,

popravka motornih vozila i motocikala, te spoznaja o njihovoj tendenciji učešća u bruto domaćem proizvodu i prostornoj koncentraciji u Republici Srpskoj.

Glavna postavka u istraživanju je tvrdnja da postoje dispariteti u posmatranim regijama u Republici Srpskoj, to jest da su neke privredne djelatnosti više izražene odnosno koncentrisane.

2. METODE

Prostorna koncentracija privredenih aktivnosti istražena je na disagregatnom nivou, što podrazumijeva izračunavanje relevantnih mjera prostorne koncentracije za 19 područja djelatnosti u Republici Srpskoj (https://www.rzs.rs.ba/front /article /549/) s naglaskom na privredne djelatnosti A, C i G. Kao mjera koncentracije primijenjena je prostorna koncentracija ili indeks HHi, koji je definisan prema (Spiezia, 2002):

$$HH_i = \sum_{j=1}^{N} y_i^2, \quad (1)$$

gdje je:

i – djelatnost/sektor;

j – region;

y_i – zaposleni u djelatnosti ili sektoru i, regiona j u ukupnim zaposlenim u djelatnosti ili sektoru i;

N – broj regiona u zemlji.

Kreće se od 1/N gdje svi regioni imaju isti procenat u zaposlenih, odnosno nema koncentracije, te 1 gdje je sva proizvodnja koncentrisana u jednom regionu, odnosno maksimalna koncentracija. Ako je HH_i jednako 1, to bi značilo ukupnu koncentraciju zaposlenih, odnosno maksimalnu koncentraciju u dotičnom regionu.

Ovaj autor uvodi i normalizovani Herfindalov indeks, ali samo u cilju kreiranja standardizovanog tumačenja, i definiše ga kao:

$$H^* = \frac{(H-\frac{1}{N})}{1-\frac{1}{N}} = \frac{HN-1}{N-1}, \quad (2)$$

gdje je

N – broj regiona u zemlji,

H – vrijednost Herfindalovog indeksa.

Vrijednost normalizovane verzije kreće se od 0 (bez koncentracije) do 1 (maksimalna koncentracija).

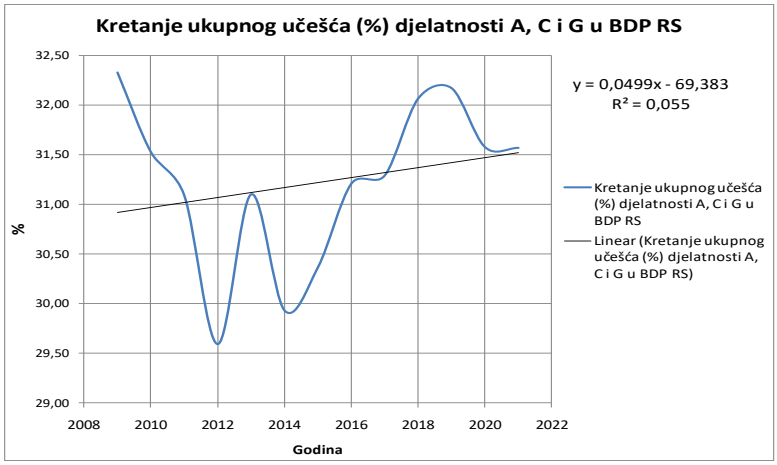
Nedostatak ovih indeksa je što njihov proračun ne uzima u obzir različite prostorne faktorske veličine pojedinih regiona, što može iskriviti zaključke koji se izvode iz ovih indeksa.

3. REZULTATI

Shodno jednačini 1, za analizu yi uzet je faktor zaposlenosti po regijama Republike Srpske u ovim djelatnostima, uz pretpostavku da je produktivnost u posmatranim djelatnostima u toku navedenog perioda približno ostala ista.

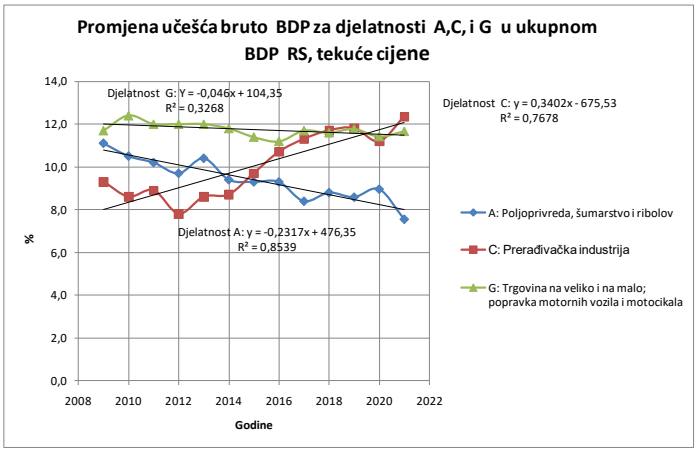
Pokazatelji kretanja (učešća djelatnosti u ukupnom BDP) od 2009. do 2021. godine prikazani su na grafiku 1. Uočavamo da je njihov procenat varirao, odnosno opadao i rastao tokom posmatranog perioda. Na početku je iznosio 32,33% i ima evidentan pad do 2012. godine, kada mu je učešće od 29,6%. U 2013. postiže rast na 31,10%, pa zatim pad u 2014. godini (29,60%) zbog već poznatih elementarnih nepogoda (poplave) koje su zadesile Republiku Srpsku. Do 2019. godine ova učešća su u porastu. Nastankom pandemije COVID-19 i posljednjih geopolitičkih promjena ova učešća doživljavaju pad, tako da u 2020. godini iznose 31,58%, a u 2021. nešto manji, 31,57 procenata.

Regresiona analiza pokazuje da ukupno učešće ovih djelatnosti u bruto domaćem proizvodu Republike Srpske u posmatranom periodu prosječno raste brzinom od 4,99% godišnje, što je takođe značajan podatak.



Grafik 1: Ukupni procenat učešća djelatnosti A, C i G u ukupnom BDP Republike Srpske (Izvor: kreacija autora na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske)

Istraživanja pokazuju da su učešća pojedinih djelatnosti A, C i G u ukupnom BDP Republike Srpske značajna. U 2021. godini učešće djelatnosti A je bilo 7,6, djelatnosti C je 12,3, a djelatnosti G je 11,7 procenata. Na grafiku 2 prikazane su regresione prave ovih djelatnosti, koje predstavljaju tendencije pojedinačnih učešća u bruto domaćem proizvodu. Regresioni koeficijenti djelatnosti A i G su negativni, što predstavlja pad njihovog učešća. Brzina smanjivanja učešća djelatnosti A je 23,17, a djelatnosti G je 4,6 posto, iako još uvijek zadržava visok stepen učešća u bruto domaćem proizvodu. Nasuprot ovim djelatnostima, prerađivačka djelatnost C ima pozitivan regresioni koeficijent i njegov tempo rasta učešća u ukupnom bruto domaćem proizvodu Republike Srpske iznosi 34,02 procenta.



Grafik 2: Pojedinačni procenat učešća BDP za djelatnosti A, C i G u ukupnom BDP Republike Srpske (Izvor: kreacija autora na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske)

3.1. Analiza strukture zaposlenih u djelatnostima A, C i G (proračun indeksa HH_i)

U tabelama od 1 do 5 prikazana je procentualna struktura zaposlenog stanovništva u djelatnostima A, C i G svake regije u Republici Srpskoj, kao i njihovo učešće u ukupnoj zaposlenosti.

Tabela 1: Struktura zaposlenosti A, C i G djelatnosti u regiji Banja Luka

GODINA	Učešće broja zaposlenih regije Banja Luka (%)					
	BL/RS	A	C	G	A, C, G/UKRS	A, C, G/UK_BL
2015.	49,4	3,2	20,7	18,2	20,8	42,1
2016.	52,9	3,0	21,0	18,6	22,5	42,6
2017.	52,4	2,9	21,6	18,5	22,5	42,9
2018.	52,4	2,8	22,0	18,2	22,5	43,0
2019.	52,4	2,7	21,6	18,4	22,4	42,7
2020.	52,8	2,7	21,8	18,1	22,5	42,5
2021.	53,0	2,6	22,0	17,8	22,5	42,4

Izvor: proračun autora na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske (https://www.rzs.rs.ba)

U regiji Banja Luka najveći broj zaposlenih je u djelatnosti C tokom cijelog posmatranog perioda. Učešće zaposlenih regije Banja Luka u djelatnostima A, C i G u Republici Srpskoj je porastao za 1,7% (A, C, G/UKRS). Učešće zaposlenih za regiju Banja Luka ima tendenciju rasta do 2018. godine od 0,9%, nakon čega opada (A, C, G/UK_BL). Broj zaposlenih u djelatnosti A regije Banja Luka smanjuje se za prve četiri godine posmatranja, dok je u 2019. i 2020. godini zabilježena stagnacija od 2,7 posto. U djelatnosti C broj zaposlenih je rastao do 2018, nakon čega je evidentiran pad od 0,4% u 2019, odnosno 0,2% u 2020, u odnosu na 2018. godinu. U djelatnosti G nije zabilježena veća promjena broja zaposlenih u posmatranom šestogodišnjem periodu, gdje je najveće učešće, 18,6%, zabilježeno u 2016, a najmanje, 17,8%, u 2021. godini.

Tabela 2: Struktura zaposlenosti A, C i G djelatnosti u regiji Doboj

GODINA	Učešće broja zaposlenih regije Doboj (%)					
	DO/RS	A	C	G	A, C, G/UKRS	A, C, G/UK_DO
2015.	13,9	2,0	28,1	17,1	6,6	47,2
2016.	14,6	2,1	28,3	17,3	6,9	47,7
2017.	14,6	2,0	28,5	17,7	7,1	48,2
2018.	14,7	2,0	29,4	17,4	7,2	48,8
2019.	14,5	2,0	28,5	17,8	7,0	48,2
2020.	14,3	2,1	28,9	17,6	7,0	48,6
2021.	13,9	2,1	28,7	17,1	6,7	47,9

Izvor: proračun autora na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske (www.rzs.rs.ba)

U dobojskoj regiji najveći broj zaposlenih je evidentiran u djelatnosti C. Učešće zaposlenih regije Doboj u okviru djelatnosti A, C i G u Republici Srpskoj je porastao za 0,4% (A, C, G/UKRS), dok za regiju Doboj taj rast iznosi 1,4% (A, C, G/UK_DO). Može se reći da učešće zaposlenih u djelatnostima A, C i G u regiji Doboj iznosi gotovo polovinu zaposlenih te regije.

Tabela 3: Struktura zaposlenosti A, C i G djelatnosti u regiji Bijeljina

GODINA	Učešće broja zaposlenih regije Bijeljina (%)					
	BIJ/RS	A	C	G	A, C, G/UKRS	A, C, G/UK_BIJ
2015.	15,9	2,1	19,8	18,8	6,5	40,7
2016.	16,9	2,2	20,4	20,0	7,2	42,5
2017.	17,1	2,2	20,8	19,6	7,3	42,6
2018.	17,2	2,2	20,7	19,3	7,2	42,2
2019.	17,2	2,1	20,9	19,5	7,3	42,5
2020.	17,1	2,1	21,9	19,7	7,5	43,6
2021.	17,1	1,9	21,5	19,8	7,4	43,2

Izvor: proračun autora na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske (www.rzs.rs.ba)

Regija Bijeljina bilježi najveći broj zaposlenih u djelatnosti C, gdje u 2021. godini učešće iznosi 21,5%. U ovoj djelatnosti je zabilježen rast u prosjeku od 0,8% tokom posmatranog šestogodišnjeg perioda. Učešće zaposlenih triju posmatranih djelatnosti u ukupnoj zaposlenosti regije bilježi rast do 2019, nakon čega dolazi do pada u 2021. godini (A, C, G/UK_BIJ**)**.

Tabela 4: Struktura zaposlenosti A, C i G djelatnosti u regiji Istočno Sarajevo

GODINA	Učešće broja zaposlenih regije Istočno Sarajevo (%)					
	IS/RS	A	C	G	A, C, G/UKRS	A, C, G/UK_IS
2015.	13,6	7,6	11,3	15,1	4,6	34,0
2016.	8,3	9,3	12,3	13,8	2,9	35,5
2017.	8,3	9,1	11,8	14,2	2,9	35,1
2018.	8,3	9,2	11,6	14,2	2,9	35,1
2019.	8,3	8,7	11,5	14,5	2,9	34,7
2020.	8,4	8,5	11,8	14,8	3,0	35,1
2021.	8,5	8,4	12,2	15,7	3,1	36,3

Izvor: proračun autora na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske (https://www.rzs.rs.ba)

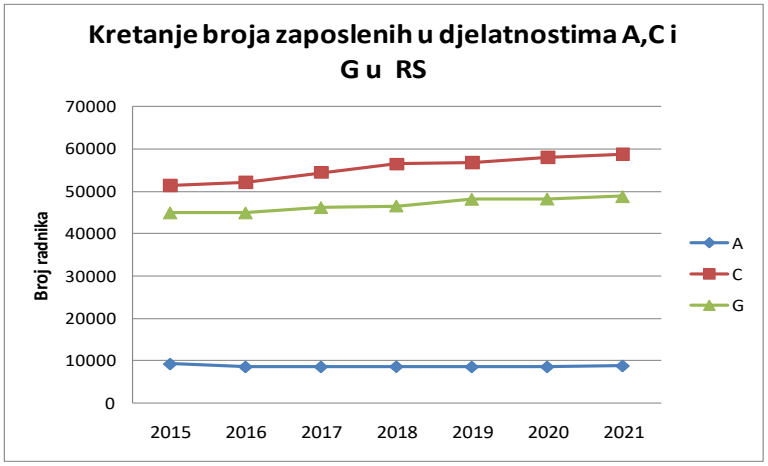
U regiji Istočno Sarajevo najveći broj zaposlenih je u djelatnosti G, kako u 2021. godini tako i tokom cijelog posmatranog perioda. Učešće zaposlenih u okviru djelatnosti A, C i G u regiji je u padu.

Tabela 5: Struktura zaposlenosti A, C i G djelatnosti u regiji Trebinje

GODINA	Učešće broja zaposlenih regije Trebinje (%)					
	TR/RS	A	C	G	A, C, G/UKRS	A, C, G/UK_TR
2015.	7,1	3,9	12,6	11,5	2,0	28,0
2016.	7,4	4,1	12,1	11,9	2,1	28,0
2017.	7,5	4,2	11,6	12,0	2,1	27,8
2018.	7,5	4,1	11,6	11,8	2,1	27,5
2019.	7,5	4,0	11,2	12,0	2,0	27,2
2020.	7,4	4,1	10,6	12,4	2,0	27,1
2021.	7,5	5,3	9,8	12,6	2,1	27,7

Izvor: proračun autora na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske (https://www.rzs.rs.ba)

U regiji Trebinje broj zaposlenih u okviru djelatnosti G je približan zaposlenima u okviru djelatnosti C u 2018. godini. Učešće posmatranih djelatnosti opada u regiji, dok u Republici Srpskoj ima stagnaciju tokom posmatranog perioda.



Grafik 2: Kretanje zaposlenih u djelatnostima A, C i G (%) u Republici Srpskoj (Izvor: kreacija autora na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske)

U Republici Srpskoj najveći broj zaposlenih (od posmatranih djelatnosti) prisutan je u djelatnosti C. Učešće zaposlenih u okviru djelatnosti C u ukupnoj zaposlenosti Republike Srpske iznosi 21,2% u 2021. godini.

Na osnovu navedenih tabela može se konstatovati da je u regiji Banja Luka najviše zaposlenih (52,8% u Republici Srpskoj), da je broj zaposlenih u ovoj regiji veći od broja zaposlenih u svim ostalim regijama, čije učešće iznosi 47,2 %. Sličan odnos je i sa djelatnostima A, C i G; u ovoj regiji je 50% od ukupnog broja zaposlenih u tim djelatnostima.

3.2. Izračunavanje koeficijenta koncentracije – Herfindahl-Hirschman indeks (HH_i)

Metodologija zaključivanja o koncentraciji zasniva se na vrijednosti HHi indeksa (Kostić, 2009):

- • HHi < 0,1 (ili 1.000) pokazuje niskokoncentrovanu 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.

U tabeli 6 prikazan je HHi po djelatnostima za regije Republike Srpske u 2015. godini. Djelatnosti A, C i G pokazuju visok nivo koncentracije (HHi > 0,18) u regiji Banja Luka, dok je u ostale četiri regije nekoncentrovana u granu HHi < 0,1.

Tabela 6: HHi u 2015. godini

HHi 2015	REGION KD																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
BANJA LUKA	0,21	0,04	0,27	0,07	0,17	0,24	0,27	0,21	0,23	0,45	0,46	0,63	0,38	0,26	0,23	0,22	0,26	0,20	0,28
DOBOJ	0,01	0,02	0,04	0,00	0,02	0,02	0,02	0,06	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01
BIJELJINA	0,01	0,23	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02
ISTOČNO SARAJEVO	0,09	0,00	0,01	0,03	0,04	0,03	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,10	0,02
TREBINJE	0,01	0,03	0,00	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
HHi 2015.	0,31	0,32	0,34	0,23	0,26	0,31	0,34	0,30	0,31	0,48	0,49	0,64	0,43	0,33	0,31	0,29	0,32	0,32	0,34

Izvor: proračun autora na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske (www.rzs.rs.ba)

U tabeli 7 prikazan je koeficijent koncentracije HHi po djelatnostima za regije Republike Srpske u 2021. godini. Uz to su u 2021. godini posmatrane djelatnosti A, C i G pokazale visok nivo koncentracije (HHi > 0,18) u regiji Banja Luka, dok je u ostale četiri regije nekoncetrovana grana (HHi < 0,1).

Tabela 7: Koeficijenti koncentracije HHi u 2021. godini

HHi 2021	KD																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
BANJA LUKA	0,20	0,05	0,30	0,06	0,17	0,27	0,29	0,29	0,27	0,54	0,49	0,42	0,48	0,40	0,27	0,24	0,29	0,30	0,29
DOBOJ	0,01	0,03	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02
BIJELJINA	0,01	0,20	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
I.SARAJEVO	0,05	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
TREBINJE	0,02	0,02	0,00	0,14	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
UKUPNI HHi	0,29	0,30	0,37	0,25	0,26	0,33	0,36	0,36	0,33	0,56	0,52	0,47	0,51	0,44	0,33	0,31	0,35	0,36	0,35

Izvor: proračun autora na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske (www.rzs.rs.ba)

Na grafiku 3 prikazan je uporedni rang indeksa HHi Republike Srpske za 2015, 2020. i 2021. godinu. Uočljivo je da djelatnosti A, C i G zazimaju rang 12, 6 i 7 u ukupno posmatranim djelatnostima Republike Srpske, a u 2021. godini 7, 6 i 8.

Rang djelatnosti u 2015.			Rang djelatnosti u 2020.			Rang djelatnosti u 2021.		
L	0,64	1	J	0,53	1	J	0,56	1
K	0,49	2	K	0,51	2	K	0,52	2
J	0,48	3	M	0,51	3	M	0,51	3
M	0,43	4	L	0,48	4	L	0,47	4
S	0,34	5	N	0,41	5	N	0,44	5
C	0,34	6	R	0,37	6	C	0,37	6
G	0,34	7	C	0,37	7	H	0,36	7
N	0,33	8	S	0,36	8	G	0,36	8
Q	0,32	9	G	0,36	9	R	0,36	9
R	0,32	10	H	0,36	10	S	0,35	10
B	0,32	11	Q	0,35	11	Q	0,35	11
A	0,31	12	O	0,34	12	F	0,33	12
F	0,31	13	F	0,33	13	O	0,33	13
O	0,31	14	I	0,33	14	I	0,33	14
I	0,31	15	P	0,31	15	P	0,31	15
H	0,3	16	B	0,3	16	B	0,30	16
P	0,29	17	A	0,3	17	A	0,29	17
E	0,26	18	E	0,26	18	E	0,26	18
D	0,23	19	D	0,24	19	D	0,25	19

Grafik 3: Uporedni prikaz promjene ranga indeksa koncentracije HHi za Republiku Srpsku, period 2015. do 2021. godina

Na grafiku 3 došlo je do smanjenja ranga za po jedno odnosno dva mjesta unazad za djelatnosti C i G, do 2020. godine. U 2021. ove djelatnosti bilježe rast za po jedno mjesto. U posmatranom periodu stanje u djelatnosti A smanjilo se za pet mjesta.

Može se konstatovati da su istraživane privredne djelatnosti A, C i G zadržale visok nivo koncentracije (HHi > 0,18) u Republici Srpskoj.

4. RASPRAVA

Istraživanje je pokazalo da djelatnosti A, C i G imaju visok nivo koncentracije u Republici Srpskoj. Sve tri djelatnosti su koncentrisane u regiji Banja Luka. Uporedna analiza ranga HHi za 2015. i 2021. godinu pokazuje da je došlo do promjene ranga za sve djelatnosti, osim za djelatnosti K, F, E i D. Djelatnost A je sa 12. mjesta u 2015. spala na 17. u 2021. godini. Pored toga, i koncentracija ove djelatnosti u Republici Srpskoj se smanjila.

Djelatnosti C i G su u 2020. godini sa 6. i 7. mjesta prešle na 7. i 9, a u 2021. na 6. i 8. mjesto. Iako se to desilo, ove djelatnosti imaju tendenciju povećanja stepena koncentracije u 2021. u odnosu na 2015. godinu.

Rezultati istraživanja su pokazali da su pojedine djelatnosti visoko koncentrisane u regiji Banja Luka (J, K, M), ali i 16 drugih djelatnosti. Ovdje je uočljivo prisustvo velikog dispariteta među privrednim regijama Republike Srpske, tj. regije Banja Luka u odnosu na ostale četiri regije.

Time se pokazuje i postojanje dispariteta u razvoju regija Republike Srpske s obzirom na posmatrane djelatnosti. U vezi s postojanjem dispariteta, ekonomska politika Republike Srpske može preko određenih ulaganja u djelatnosti A, C i G ubrzati ukupan privredni rast Republike Srpske, a naročito za djelatnosti koje su u uskoj povezanosti s proizvodima i uslugama iz navedenih djelatnosti.

Istraživanja su pokazala tendencije razvoja privrednih regija i koncentraciju privrednih djelatnosti. Ovim se potvrđuju tvrdnje mnogih istraživača i ekonomista da se ekonomske aktivnosti sele u megacentre i regije sa bogatim prirodnim resursima (Božičković i ostali, 2021).

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Koncentracija djelatnosti predstavlja jednu od bitnijih karakteristika koja kvantitativno određuje tržišnu strukturu neke zemlje. U teorijskim istraživanjima postoji više pokazatelja koncentracije, dok je u empirijskim najčešće zastupljeno prikazivanje koncentracije putem HHi. Zbog toga je u ovom radu izvršena analiza djelatnosti postojećeg stanja tradicionalnom statističkom metodom za izračunavanje, a to je HHi indeks koncentracije.

Provedena analiza prostorne koncentracije privrednih djelatnosti u Republici Srpskoj kod posmatranih djelatnosti A, C i G između 2015. i 2021. godine pokazala promjenu prostorne koncentracije, tj. zapaža se izvjestan pad koncentracije u djelatnostima A i G, dok se u djelatnosti C bilježi stalni rast. Pored ovog pada djelatnosti doživljavaju gotovo isti i veći stepen koncentracije u 2021. u odnosu na 2015. godinu. Može se, dakle, zaključiti da su istraživane privredne djelatnosti A, C i G zadržale visok nivo koncentracije (HHi > 0,18) u Republici Srpskoj.

Analiza i mjerenje nivoa koncentracije na tržištu ovih djelatnosti bitni su zato što omogućavaju sagledavanje trenutnog stanja na posmatranim regionalnim tržištima, kao i sagledavanje promjena koje bi u budućnosti mogle da se dogode. Predmet istraživanja ovog rada je analiza nivoa koncentracija na tržištu privrednih djelatnosti A, C i G Republike Srpske kroz prizmu pokazatelja HHi indeksa koncentracije od 2015. do 2021. godine. Istraživanja i analize pružaju odgovor na pitanje da li nivo koncentracije ovih djelatnosti ima uticaj na zapošljavanje i da li je potrebno donositi određene strategijske odluke. Ako se posmatraju regije Republike Srpske, može se zaključiti da visok nivo koncentracije privrednih djelatnosti u jednoj regiji dovodi do smanjenja tržišne konkurentnosti drugih regija čime utiče i na zapošljavanje u regijama sa većom koncentracijom.

Rezultati istraživanja pokazali su prisustvo koncentracije na tržištu Republike Srpske, što može podstaći strateški menadžment na donošenje važnih odluka. Praćenje i mjerenje nivoa koncentracije u svakom sektoru privrede potrebno je da bi kreatori ekonomske politike razvoja mogli na vrijeme da uoče narušavanje tržišnih postulata. Shodno tome, kreatori ekonomske politike razvoja preduzmaju neophodne mjere u cilju izbjegavanja oblika nesavršene konkurencije koji se mogu javiti u vidu monopolskih ili oligopolskih struktura na tržištu.

Mjerenje koncentracije je veoma kompleksan i višedimenzionalan problem. Istraživanja su išla u pravcu mjerenja koncentracije privrednih djelatnosti na nivou regija i na nivou Republike Srpske, a sve radi potreba za izučavanjem regionalnog razvoja i smanjenja njihovih dispariteta. Pritom ta potreba svakim danom postaje sve aktuelnija, odnosno dati pokazatelji koncentracije podstiču na donošenje strateških odluka u politikama ekonomskog razvoja države. To nedvosmisleno potvrđuje da koncentracija privrednih djelatnosti po intenzitetu i značaju tokom vremenskog perioda utiče na društveno-ekonomske tokove te opravdano predstavlja jedno od centralnih pitanja u ekonomskoj teoriji i praksi upravljanja regionalnim razvojem. Pokazalo se da same ekonomske politike u strategijama ekonomskog razvoja nisu bile moćne na smanjivanju ekonomske nejednakosti regija.

6. LITERATURA

Barjaktarović, L., Paunović, M. (2012), Komparativna analiza bankarskog sektora zemalja centralne i istočne Evrope sa osvrtom na Srbiju. Anali Ekonomskog fakulteta u Subotici, 48(28), 39–46. (https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0350-21201228083B)

Božičković, S., Jekić, C., Galijašević, Z., Eremija, M., Ostojić, S. (2021), Saobraćajne mreže kao faktor ekonomskog razvoja i regionalne koncentracije privrednih djelatnosti, VIII međunarodni simpozijum "NOVI HORIZONTI SAOBRAĆAJA I KOMUNIKACIJA 2021", Saobraćajni fakultet Doboj, str. 541–548. (http://novihorizonti.sf.ues.rs.ba/wpcontent/uploads/2022/02/SF_NH21-Zbornik-radova.pdf)

Cambridge Business English Dictionary (2021), Market concentration. (https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/market-concentration)

Campos, C. (2012). The Geographical Concentration of Industries, Office for National Statistics: London and Newport. (DOI 10.21861HGG.2018.80.02.02)

Dimić, M. (2015), Analiza nivoa koncentracije u bankarskom sektoru i sektoru osiguranja u zemljama centralne i istočne Evrope, doktorska disertacija, Univerzitet Singidunum, Beograd, str. 100.

Filipović, M., Avramović, V., Račić, Ž. (2016), Analiza nivoa koncentracije aktive u bankarskom sektoru Republike Srbije, Škola biznisa, br. 2/2016, str. 112. (DOI 10.5937/skolbiz2-11822).

Keton W. (2020), What Is Concentration Ratio?, Investopedia. (https://www.investopedia.com/terms/c/concentrationratio.asp).

Kostić, M. (2009), Analiza koncentracije ponude u sektoru osiguranja u Srbiji. Industrija, 37(2), 59–77. (https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0350-0373/2009/0350-03730902059K.pdf).

Liu, Z. (2014), Global and Local: Measuring Geographical Concentration of China's Manufacturing Industries, The Professional Geographer. (https://doi.org/10.1080/00330124.2013.784953).

Molnar, D. (2016), Regionalne nejednakosti i privredni rast, Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet, str. 122–128.

Radivojević, V. (2013), Mjerenje koncentracije i tržišne moći privrednih subjekata u funkciji unapređenja politike zaštite konkurencije. Niš: Univerzitet u Nišu – Ekonomski fakultet. Doktorska disertacija.

Spiezia, V. (2002), Geographic Concentration of Production and Unemployment in OECD (https://www.oecd.org/els/emp/36780856.pdf)

www. komorars.ba (dostupno na https://komorars.ba/podrucne-privredne-komore).

www.rzs.rs.ba

www.rzs.rs.ba/front/article/549/

IX International Symposium of transport and communications
NEW HORIZONS 2023

CONFERENCE SPONSORS

ВЛАДА
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

ДОБОЈ

X EXPRESS
BRZA POŠTA
Dok kažeš "iks"

nestro OPTIMA GRUPA

ALTPRO

m:tel

EURO LIMUN
MI POKREĆEMO VELIKE STVARI

ЖРС

HOTEL PARK