NEW HORIZONS 2017

www.novihorizonti.rs.ba

VI International Symposium

NEW HORIZONS 2017

of transport and communications

17 - 18 November 2017

General sponsor: X EXPRESS BRZA POŠTA

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

PROCEEDINGS

VI INTERNATIONAL SYMPOSIUM NEW HORIZONS 2017 OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS

Doboj, 2017

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

VI International Symposium New Horizons 2017
of Transport and Communications

VI Međunarodni simpozijum Novi Horizonti 2017
transporta i komunikacija

-NH 2017-

P R O C E E D I N G S / Z B O R N I K R A D O V A

Edited by:

PhD Zoran Ćurguz

PhD Zdravko Nunić

MSc Željko Stević

Organizer / Organizator:

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

Co-organizers / Suorganizatori:
University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering,

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences,

UKLO University St. Climent Ohridski, Faculty of Technical Sciences,

University of Belgrade, Technical Faculty Bor

Doboj, 2017

All rights reserved. Copyright © 2017 by the University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj. The individual essays remain the intellectual properties of the contributors.
Sva prava zadržana. Copyright © 2017 Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj. Individualni radovi ostaju intelektualna svojina autora.

ISBN 978-99955-36-66-4

UDK 656.1/.2(082)(0.034.4)

Publisher / Izdavač:
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 (6 ; 2017 ; Doboj)
Proceedings [Elektronski izvor] = Zbornik radova / VI International Symposium New Horizons 2017 of Transport and Communications, Doboj, 2017 =VI Međunarodni simpozijum Novi Horizonti 2017 transporta i komunikacija ; edited by Zoran Ćurguz, Zdravko Nunić, Željko Stević ; organizer/organizator University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj. - Doboj : Faculty of Transport and Traffic Engineering, 2017. - 1 optički disk (CD-ROM) : tekst ; 12 cm

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

ISBN 978-99955-36-66-4

COBISS.RS-ID 7077144

PROGRAM COMMITTEE / PROGRAMSKI ODBOR

Full professor	Branislav Dragović	Montenegro
Full professor	Dejan Marković	Serbia
Full professor	Dragan Jovanović	Serbia
Full professor	Dragoslav Janošević	Serbia
Full professor	Edmundas K. Zavadskas	Lithuania
Full professor	Ilija Ćosić	Serbia
Full professor	Ilija Tanackov	Serbia
Full professor	Jadranka Jović	Serbia
Full professor	Krsto Lipovac	Serbia
Full professor	Ljubiša Vasov	Serbia
Full professor	Markos Papageorgiou	Greece
Full professor	Miloš Ivić	Serbia
Full professor	Milorad Kilibarda	Serbia
Full professor	Nikola Krstanoski	Macedonia
Full professor	Predrag Dašić	Serbia
Full professor	Ranko Božičković	Bosnia and Herzegovina
Full professor	Slavko Vesković	Serbia
Full professor	Srđan Rusov	Serbia
Full professor	Valentin Nedeff	Romania
Full professor	Zenonas Turskis	Lithuania
Assoc. professor	Andrej Lisec	Slovenia
Assoc. professor	Branislav Bošković	Serbia
Assoc. professor	Dragan Peraković	Croatia
Assoc. professor	Drago Sever	Slovenia
Assoc. professor	Goran Marković	Serbia
Assoc. professor	Gordan Stojić	Serbia
Assoc. professor	Ivan Mihajlović	Serbia
Assoc. professor	Marko Vasiljević	Bosnia and Herzegovina
Assoc. professor	Petar Mirosavljević	Serbia
Assoc. professor	Peter Marton	Slovakia
Assoc. professor	Slaven Tica	Serbia
Assoc. professor	Slavko Đurić	Serbia
Assoc. professor	Snežana Mladenović	Serbia
Assoc. professor	Vuk Bogdanović	Serbia
Assist. professor	Aleksandar Rikalović	Serbia
Assist. professor	Andreas Schoebel	Austria
Assist. professor	Bojan Marić	Bosnia and Herzegovina

Assist. professor	Dragan Pamučar	Serbia
Assist. professor	Dušan Mladenović	Serbia
Assist. professor	Goran Petrović	Serbia
Assist. professor	Hamed Fazlollahtabar	Iran
Assist. professor	Milan Milotić	Bosnia and Herzegovina
Assist. professor	Miloš Kopić	Serbia
Assist. professor	Norbert Pavlović	Serbia
Assist. professor	Sanjin Milinković	Serbia
Assist. professor	Siniša Sremac	Serbia

ORGANIZING COMMITTEE / ORGANIZACIONI ODBOR

Associate professor Zdravko Nunić	Chairman
Assistant professor Tihomir Đurić	Vice Chairman
MSc Željko Stević	Secretary
Assistant professor Milan Milotić	Member
Assistant professor Bojan Marić	Member
MSc Tanja Petrović	Member
MSc Vladimir Malčić	Member
MSc Suzana Miladić-Tešić	Member
MSc Perica Lukić	Member
Jasenko Zubić, eng. inf.	Member
MSc Irena Đalić	Member

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:

Full professor	Andreja Samčović	Serbia
Full professor	Dragan Jovanović	Serbia
Full professor	Dragoslav Janošević	Serbia
Full professor	Dragutin Kostić	Serbia
Full professor	Edmundas K. Zavadskas	Lithuania
Full professor	Goran Ćirović	Serbia
Full professor	Ilija Ćosić	Serbia
Full professor	Ilija Tanackov	Serbia
Full professor	Ivo Dukoski	Macedonia
Full professor	Krsto Lipovac	Serbia
Full professor	Marija Malenkovska Todorova	Macedonia
Full professor	Milorad Banjanin	Bosnia and Herzegovina
Full professor	Milorad Kilibarda	Serbia
Full professor	Milorad Rašković	Serbia
Full professor	Miloš Ivić	Serbia
Full professor	Milovan Vuković	Serbia
Full professor	Nada Milosavljević	Serbia
Full professor	Nikola Krstanoski	Macedonia
Full professor	Ranko Božičković	Bosnia and Herzegovina
Full professor	Slavko Vesković	Serbia
Full professor	Snežana Urošević	Serbia
Full professor	Srđan Rusov	Serbia
Full professor	Stoimko Zlatkovski	Macedonia
Full professor	Valentin Nedeff	Romania
Full professor	Vesna Angelevska	Macedonia
Full professor	Zdenka Popović	Serbia
Assoc. professor	Aleksandr Rakhmangulov	Russia
Assoc. professor	Andrej Lisec	Slovenia
Assoc. professor	Andrija Vidović	Croatia
Assoc. professor	Boris Antić	Serbia
Assoc. professor	Branislav Bošković	Serbia
Assoc. professor	Dragan Đuranović	Bosnia and Herzegovina
Assoc. professor	Dragan Peraković	Croatia
Assoc. professor	Dragana Macura	Serbia

Assoc. professor	Drago Sever	Slovenia
Assoc. professor	Đorđe Nikolić	Serbia
Assoc. professor	Goran Marković	Serbia
Assoc. professor	Gordan Stojić	Serbia
Assoc. professor	Gordana Janevska	Macedonia
Assoc. professor	Ivan Mihajlović	Serbia
Assoc. professor	Jasmina Pašagić Škrinjar	Croatia
Assoc. professor	Marko Vasiljević	Bosnia and Herzegovina
Assoc. professor	Peter Marton	Slovakia
Assoc. professor	Prasenjit Chatterjee	India
Assoc. professor	Slađana Janković	Serbia
Assoc. professor	Slavko Đurić	Serbia
Assoc. professor	Snežana Mladenović	Serbia
Res. Assoc. prof.	Tatjana Davidović	Serbia
Assoc. professor	Valentina Basarić	Serbia
Assoc. professor	Vuk Bogdanović	Serbia
Assoc. professor	Zdravko Nunić	Bosnia and Herzegovina
Assist. professor	Aleksandar Rikalović	Serbia
Assist. professor	Aleksandar Stjepanović	Bosnia and Herzegovina
Assist. professor	Andreas Schoebel	Austria
Assist. professor	Beti Angelevska	Macedonia
Assist. professor	Bojan Marić	Bosnia and Herzegovina
Assist. professor	Borna Abramović	Croatia
Assist. professor	Dalibor Pešić	Serbia
Assist. professor	Dragan Pamučar	Serbia
Assist. professor	Dušan Mladenović	Serbia
Assist. professor	Goran Petrović	Serbia
Assist. professor	Hamed Fazlollahtabar	Iran
Assist. professor	Hrvoje Haramina	Croatia
Assist. professor	Ibrahim Badi	Lybia
Assist. professor	Ilija Hristoski	Macedonia
Assist. professor	Ivan Belošević	Serbia
Assist. professor	Ivan Grgurević	Croatia
Assist. professor	Milan Milotić	Bosnia and Herzegovina
Assist. professor	Miloš Kopić	Serbia
Assist. professor	Norbert Pavlović	Serbia
Assist. professor	Pavle Pitka	Serbia
Assist. professor	Predrag Đorđević	Serbia
Assist. professor	Sanjin Milinković	Serbia
Assist. professor	Siniša Sremac	Serbia
Assist. professor	Srđan Ljubojević	Serbia

CONTENTS / SADRŽAJ

SIMULATION OF ACTUAL NETWORK PERFORMANCE USING KRONECKER ALGEBRA FOR OPTIMIZATION OF TRAFFIC FLOW
Andreas Schöbel, Jelena Aksentijević, Daniel Hürlimann 1

RISK BASED OBSTACLE AVOIDANCE FOR MULTIPLE AUTONOMOUS GUIDE VEHICLE PATHS PLANNING
Hamed Fazlollahtabar 11

ANALYSIS OF LOGISTICS CENTER LOCATION: A GIS – BASED APPROACH
Aleksandar Rikalović, Gerson Antunes Soares, Jelena Ignjatić 19

THE APPLICATION OF NUMERICAL ANALYSIS TOOLS FOR THE OPTIMIZATION OF INDIVIDUAL SEGMENTS OF THE LOGISTICS PROCESS
Ivan Mihajlović 29

SKILLFUL PROJECT – WHAT IS PROFILE OF TRANSPORTATION PROFESIONALS OF THE 21ST CENTURY?
Peter Márton, Jaroslav Mašek, Dana Sitányová 39

INFLUENCE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICT) ON TRAVEL CHARACTERISTICS FOR SUSTAINABLE ROAD TRANSPORTATION IN INDIAN CITIES
Dillip Kumar Das 48

AIRLINE BUSINESS MODELS OPTIMIZATION
Mirko Tatalović, Nataša Munitić, Jasmin Bajić 59

FACING THE AIR POLLUTION PROBLEM IN MACEDONIA: REDUCTION AND MITIGATION MEASURES
Beti Angelevska, Vaska Atanasova, Vasko Stojanovski 68

IMPROVEMENT OF INFORMING SYSTEM FOR PERSONS WITH REDUCED MOBILITY AT ARIPORTS
Dragan Peraković, Marko Periša, Rosana Elizabeta Sente 77

RESEARCH OF CRITICAL FACTORS OF SUCCESS IN TRANSPORT ORGANIZATIONS
Nena Tomović, Snežana Pejčić-Tarle, Pavle Gladović 87

SAFETY PLANS AS A PREVENTION IN THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS
Siniša Sremac, Tanja Arsić, Nenad Smiljanić, Branko Vukobratović, Gordan Stojić 97

CLIMATE CHANGE AND TRAFFIC TREAT TO THE CONCEPT OF PLANETARY BOUNDARIES AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT
Milovan R. Pecelj, Dejan Filipović, Milica Pecelj, Perica Gojković, Jelena Pecelj-Purković, Bojana Ristić 103

INFLUENCE OF INJECTION SYSTEM DEVELOPMENT ON EMISION REDUCTION FOR DIESEL ENGINE
Saša Vasiljević, Milan Mladenović, Bojana Bošković, Ivan Grujić..... 113

EVACUATION ROUTES PROJECTING BY METAHEURISTIC ALGORITHM BEE COLONY OPTIMIZATION
Predrag Radojčić..... 122

MATHEMATIC MODEL OF APPLICATION OF QUALITY INDICATORS FOR THE EVALUATION OF EFFICIENCY OF MARKETING IN TRAFFIC
Sejfo Papić, Adis Alihodžić, Jasmin Latović 132

REPRESENTATIVE CATASTROPHIC SULFURIC ACID ACCIDENTS IN RAIL TRANSPORT
Drago Stojković, Ilija Tanackov, Zdenko Janković..... 141

RESEARCH ACCESSIBILITY OF PUBLIC TRAFFIC AREA FOR PERSONS WITH SPECIAL NEEDS
Biljana Kordić, Nena Tomović, Dejan Milanović 146

ANALYSIS OF TRANSPORT NEEDS OF USERS OF THE TAXI TRANSPORTATION PASSENGER SYSTEM IN BANJA LUKA
Tarik Sinanović 155

USAGE OF WASTE CAR TYRES AS FUEL FOR ENERGY PURPOSES
Milan M. Milotić, Slavko N. Đurić, Petko Č. Stanojević, Milutin J. Rakić 163

INNOVATIVE METHODS FOR IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF ROAD SAFETY INSPECTION
Salvatore Cafiso, Giuseppina Pappalardo, Mariusz Kiec 172

EFFECTS OF SPEED TABLE, CHICANE AND ROAD NARROWING ON VEHICLE SPEEDS IN URBAN AREAS
Natalia Distefano, Salvatore Leonardi 182

A COMPARATIVE ANALYSIS SELFREPORTED AND REAL BEHAVIOR OF CHILDREN PEDESTRIANS
Bojan Marić, Nikola Gnjatović..... 192

ATTITUDES OF A NOVICE DRIVERS ABOUT THE WORK OF DRIVING SCHOOL
Bojan Marić, Mladen Kulundžija, Nemanja Brdar..... 202

OPTIMIZATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF HIGH VOLUME PRESSURE PUMP VEHICLES
Ranko Božićković, Boris Antić, Vojislav Krstić, Dalibor Pešić, Božidar Krstić 210

COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF FILLING STATIONS IN THE MUNICIPALITY OF TESLIC
Dejan Simić, Marko Subotić, Edis Softić, Veljko Radičević 217

POSSIBILITY OF USE MODERN ACTIVE SAFETY SYSTEMS ON VEHICLES FOR THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS
Saša Vasiljević, Bojana Bošković, Milan Mladenović, Nadica Stojanović 225

TRAFFIC SAFETY ON THE ROADS OF REPUBLIKA SRPSKA
Tihomir Đurić, Dušan Janković 235

ARCHITECTURE OF WIRELESS SENSOR NETWORK FOR ROAD TRAFFIC NOISE MEASUREMENT
Stefan Zdravković, Dušan Mladenović, Slađana Janković, Ana Uzelac 244

INFLUENCE TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES ON ROAD SAFETY
Vojislav Krstić, Nebojša Arsić, Srdjan Jović, Božidar Krstić 253

CONVERSION THE VEHICLES WITH THE GASOLINE MOTOR IN ELECTRIC POWER VEHICLES
Aleksandar Stjepanović, Miroslav Kostadinović, Goran Kuzmić 262

CHARACTERISTICS OF MOBILITY IN NOVI SAD
Ana Vujičić 267

OVERVIEW OF CONTERPORARY MECHATRONIC SYSTEMS ON THE BUS AS SAFETY ELEMENTS
Dušan Mladenović, Dragan Sekulić, Ivan Ivković 279

REGIONAL PASSENGER RAIL CONCEPT: EVIDENCE FROM SERVICES IN SERBIA AND SLOVAKIA
Sanjin Milinković, Slavko Vesković, Peter Marton, Jaroslav Mašek 290

REDUCING THE PASS-BY NOISE OF EXISTING FREIGHT WAGONS
Bas Leermakers, Dragan Nešić 298

ORGANIZING THE SELL OF INTERNATIONAL TRAIN PATHS AT ONE STOP SHOP
Miloš Stanojević, Branislav Bošković 306

EFFICIENCY – KEY PERFORMANCE INDICATOR IN TRANSPORTATION OF GOODS
Aleksandra Gojić 316

HIGH AVAILABILTY OF CORE NETWORK – THE CASE STUDY OF RAILWAYS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA
Ljubiša Tešanović, Zdenko Stevanović 325

METHODS OF IMPROVING ENERGY EFFICIENCY IN HIGH SPEED TRAINS
Ranko Babić 332

TRAIN BRAKING DISTANCE DEPENDING ON THE BRAKING METHODS AT APPLIED SAFETY SYSTEM SIEMENS I60
Dušan Vujović, Norbert Pavlović 342

REGISTER OF RAILWAY INFRASTRUCTURE
Milan Popović, Mirjana Džudović, Dejan Tošić..... 352

DEFINING AND ASSESSMENT OF CRITERIA FOR THE EVALUATION OF EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF RAILWAY UNDERTAKING
Aleksandar Blagojević, Gordan Stojić, Mladen Kuravica, Sanja Petković, Života Đorđević..... 360

TRACK/BRIDGE INTERACTION – THE ASPECT OF BRIDGE STRUCTURE
Nikola Mirković, Zdenka Popović, Luka Lazarević, Milica Vilotijević..... 370

METHODS FOR TRACK STIFFNESS MEASUREMENT - STATE OF THE ART
Milica Vilotijević, Ljiljana Brajović, Luka Lazarević, Nikola Mirković..... 378

DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATIONS WITH THE AIM TO IMPROVE CUSTOMERS' SATISFACTION IN THE RAILWAY TRAFFIC
Ana Uzelac, Slađana Janković, Snežana Mladenović, Slavko Vesković..... 388

THE REGIONAL POINT OF VIEW IN SPATIAL PLANS FOR SPECIAL PURPOSES OF INFRASTRUCTURE CORRIDORS - CASE STUDY RAILROAD STALAC-DJUNIS
Ana Vulević, Zoran Bundalo..... 397

WHEN TO EXPECT THE EFFECTS OF RAILWAYS RESTRUCTURING: EXPERIENCE OF THE U.S.
Jakša Popović, Branislav Bošković..... 405

INTEGRATED BORDER CROSSING
Uroš Stanimirović, Miroslav Prokić..... 414

EUROPEAN RAILWAY PERFORMANSE MEASURING
Bojan Dragićević, Mirjana Bugarinović..... 424

UNIQUE PERFORMANCES INDICATORS FOR RAILWAY INFRASTRUCTURE MANAGERS
Miroslav Prokić, Mirjan Bugarinović..... 433

GOVERNANCE OF EUROPEAN RAIL FREIGHT CORRIDORS
Nikola Stanojević, Uroš Stanimirović..... 441

ASSESSMENT OF SKILLS OF INTERPERSONAL COMMUNICATION OF CONDUCTORS IN RAILWAY TRAFFIC
Milovan Vuković, Snežana Urošević, Aleksandra Vuković..... 450

PERMANENT POWER QUALITY MONITORING DEVICES IN THE ELECTRIC TRACTION SYSTEM 25 KV, 50 HZ
Gavrilovic S. Branislav, Bundalo Zoran, Vasiljević Marko, Tričković Goran..... 460

RAILWAY INFRASTRUCTURE FINANCING MODELS IN EU COUNTRIES AND SERBIA
Jasmina Stanišić, Nikola Ristić, Bojan Vozar..... 470

APPLICATION OF THE OPTICAL TELECOMUNICATION SYSTEM FOR CONNECTING ELECTRICAL FACILITIES AND SYSTEMS OF RAILWAY INFRASTRUCTURE ON RAILWAYS OF REPUBLIC OF SRPSKA
Mario Danilović, Nebojša Tomić, Goran Stevanović, Dragan Žigić 479

NETWORK SWITCHES TO THE INTRANET NETWORK ON THE RAILWAYS OF THE RS
Saša Cvijanović, Zoran Ž. Avramović 488

FACTORS THAT COULD CAUSE DANGEROUS SITUATIONS ON LEVEL CROSSINGS DUE TO CONDITIONS NOT RESPECTED BY COMPANIES
Rade Cvijanović, Dalibor Spasić, Vladimir Malčić 495

USE OF WAYSIDE MONITORING SYSTEMS IN ORDER TO INCREASE SAFETY OF THE RAILWAY TRANSPORT AND REDUCE MAINTAINANCE COSTS ON THE INFRASTRUCTURE
Ivan Jugović, Mia Viduka Milas..... 505

ORGANIZATION OF TRANSPORTATION OF MEDICAL AND CLINICAL WASTE
Bojan Ožegović, Siniša Sremac, Tanja Arsić, Goran Tepić 516

SUPPLIER SELECTION IN FURNITURE PRODUCTION COMPANY USING ROUGH AHP AND ROUGH TOPSIS
Željko Stević, Ibrahim Badi, Ilija Tanackov, Goran Miličić 524

THE SELECTION OF THE RAILROAD CONTAINER TERMINAL IN SERBIA BASED ON MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS
Milan Milosavljević, Marko Bursać, Goran Tričković..... 534

PROJECT OF CENTRALIZATION OF WAREHOUSE SYSTEMS IN COMPANY NATRON HAYAT
Enis Mulalić, Zdravko Božičković, Ranko Božičković 544

JUSTIFY THE APPLICATION LOGISTICS SOLUTIONS FOR MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT - NEW SYSTEM
Nikolche D. Talevski, Ivo Dukoski..... 554

INTERVAL ROUGH DEMATEL TECHNIQUE FOR PRIORITIZING HAZMAT ROUTING CRITERIA
Dragan Pamučar 561

ASPECT OF SYNERGY PHILOSOPHY
Boro Dakić, Aleksandar Blagojević, Nermin Čabrić, Predrag Pecikoza, Dragan Gatarić..... 571

CURVES IN MARITIME NAVIGATION
Tatjana Stanivuk, Ajka Relja, Ivan Bajrić 580

ANALYSIS OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN THE REPUBLIC OF SRPSKA
Irena Đalić, Slobodan Subotić, Svetlana Terzić, Siniša Božičković..... 587

GREEN LOGISTICS - A FACTOR OF ENVIRONMENTAL PROTECTION
Ljudevit Krpan, Robert Maršanić, Krešimir Buntak, Ivana Košutar 597

ECONOMIC DEVELOPMENT BOOST THROUGH THE INVESTMENT IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE-THE CASE OF LOGISTIC CENTER PIROT
Dragan Kostić, Aleksandar Simonović, Vladan Stojanović 607

BUSINESS ANALYSIS OF TRANSPORTATION COMPANY WITH OVERVIEW TO THE APPLICATION OF LOGISTICS INFORMATION SYSTEM
Marko Vasiljević, Nikola Brković, Željko Stjepanović, Milorad Ubiparip 617

CITY LOGISTICS STRATEGY AS A TOOL FOR URBAN PLANNING
Jasmina Bunevska-Talevska, Ivo Dukoski, Marija Malenkovska Todorova 627

ANALYSIS OF LOGISTICS PARAMETERS IN URBAN AREA TEŠANJ
Mirzet Škiljo, Ismet Husanović, Borislav Gojković 634

COMPARATIVE ANALYSIS OF AHP, FUZZY AHP AND ROUGH AHP IN DECISION MAKING PROCESS
Željko Stević, Zdravko Nunić, Anil Kumar 644

THE CONCEPT OF STRATEGIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT
Kristijan Lukić, Asib Alihodžić 653

THE COMPETITIVENESS OF POSTAL OPERATORS IN TRANSFER OF DANGEROUS GOODS
Aleksandar Varjačić, Dejan Marković, Momčilo Dobrodolac, Bojan Stanivuković 663

THE POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE IQOS SYSTEM AND MOBILE APPLICATIONS IN THE POST OF SERBIA
Jasmina Musić, Aleksandar Čupić, Mladenka Blagojević, Đorđe Popović 674

E-BUSINESS AND DIGITAL PROCESSES – BLOCKCHAIN IN INSURANCE
Kari Perälä, Jukka Sirkiä, Liisa Kemppainen, Jukka Hallikas 685

CRYPTOGRAPHIC ASPECTS OF DATA PROTECTION IN COMPUTER NETWORKS
Željko Stjepanović, Marko Krsmanović, ... 694

OVERVIEW AND FORECASTing OF THE BROADBAND MARKET IN SERBIA
Valentina Radojičić, Goran Marković, Slobodan Mitrović, Suzana Miladić-Tešić. 704

REMOTE CONTROL AND MONITORING OF SOLAR AGGREGATE NETWORKS
Aleksandar Stjepanović, Miroslav Kostadinović, Goran Kuzmić 714

PLENARY PAPERS/PLENARNI RADOVI

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

SIMULATION OF ACTUAL NETWORK PERFORMANCE USING KRONECKER ALGEBRA FOR OPTIMIZATION OF TRAFFIC FLOW*

Andreas Schöbel[a], Jelena Aksentijević[b], Daniel Hürlimann[c]
[a] *Vienna University of Technology, Karplsplatz 13, Vienna 1040, Austria*
algo4rail.auto.tuwien.ac.at and andreas.schoebel@tuwien.ac.at
[b] *OpenTrack Railway Technology GmbH, Kaasgrabengasse 19/8, Vienna 1190, Austria,*
jelena.aksentijevic@opentrack.at
[c] *OpenTrack Railway Technology GmbH, Gubelstraße 28, Zurich 8050, Switzerland,*
huerlimann@opentrack.ch

***Abstract**: Within the project GoSAFE RAIL, one work package is dedicated to the development of an integrated rail network model that will incorporate both infrastructure asset (e.g. crossings, tracks, bridges, tunnels) and traffic (e.g. vehicle, freight and passenger movement) data with the main goal of offering safer, reliable and efficient rail infrastructure. This will be achieved by using the micro-level simulation tool OpenTrack for enabling capacity optimization in order to maximize the availability of the transport network and minimize environmental impacts. Up to now, optimization was typically predefined by the user of the tool and 'tested' for its applicability, which led to missed opportunities for finding an optimal solution. This modelling tool will be able to dynamically optimise operations, in particular during times of degraded operations using multi-criteria optimization algorithms in order to address complex requirements, for both passenger and freight transport. By employing Kronecker algebra for optimization and software's application programming interface (API) in the case study network Zagreb – Rijeka in Croatia, the behavior of actual network performance will be simulated as a proof of suitability of solutions provided by the optimization algorithm. Finally, an expected impact of the advanced traffic model using scheduling algorithm is a 40% reduction of delays in long-distance traffic.*

***Key words:** micro-simulation, rail operations, traffic flow model, infrastructure maintenance, optimization algorithm*

1. INTRODUCTION

Rail infrastructure managers are responsible for safety measures and planning within the infrastructure network. Although the railway transport mode is considered one of the safest modes of transport (European Railway Agency, 2013) with 0.16 fatalities per billion passenger km's there is a number of infrastructure failures that have happened in recent years. Unfortunately, the number is expected to rise in the future, mainly due to ageing railway network and stronger climate changes. Consequently, the objective of the Shift2Rail project Global SAFEty Management Framework for RAIL Operations (GoSAFE Rail project) is development of an evolutionary Decision Support Tool with the main goal of offering safer, reliable and efficient rail infrastructure.

Application of microscopic simulation of railway operations based upon a physical and mathematical model of the railway system is the state of the art in railway traffic operations. Normally, such tools output indicators for the operational performance, like for example, delays or energy consumption. Up to now, optimization was typically predefined by the user of the tool, introduced into the simulation and 'tested' for its applicability during the

* ***Plenary paper***

simulation. This led to missed opportunities for finding an optimal solution, which led to the simulation programs not being able to solve dispatching questions or handle headway conflicts.

Simulation tools have, however, one shortcoming; namely, the inability to optimize train ran automatically. To close this gap within railway operations with increased traffic, algorithms which consider all train runs at the same time have been developed and applied. Using Kronecker algebra, microscopic simulation tool will both improve traffic flow and assess the impact of maintenance and renewal proposals, as part of support for decision making of the infrastructure manager. The algorithm for calculating the optimal driving strategy and optimizing the overall railway system is based on the PhD-thesis "Energy-efficient Optimization of Railway Operation. An Algorithm Based on Kronecker Algebra" by Volcic (2014).

Moreover, with OpenTrack micro-simulation modelling tool, traffic model will be developed that will use multi-criteria optimization algorithms to address complex requirements, for both passenger and freight transport. Using Kronecker algebra (Mittermayr et al., 2012) which showed good results in dealing with optimization scenarios in railway traffic flow, especially avoidance of bottlenecks and conflicts, simulation of actual network performance on the line between Zagreb and Rijeka in Croatia will be performed. The input data used for the traffic flow optimization tool is defined by two components: first, the current characteristics of the rail system will be supplied, the set of infrastructure, rolling stock and timetable characteristics, which represent the base for future calculations. Secondly, infrastructure manager's identification and assessment of restricted availability of infrastructure assets. Those two components will be merged using simulation tool OpenTrack (OpenTrack Railway Technology) for the visualization of all existing data, and further processed into the concrete syntax for the input files needed by the optimization tool. This paper deals with the import data necessary for the future optimization calculations.

2. MOTIVATION FOR SIMULATION

The main motivation behind dynamic rescheduling is avoidance of unnecessary and time consuming stops. Namely, enabling adaption of driving behavior to constantly changing environment will bring avoidance of bottlenecks and hence, lower delays and consequently, increase capacity (Luethi, 2009). Dataflow in simulation of railway operation with today's production and operation with integrated real-time rescheduling is presented in Figure 1.

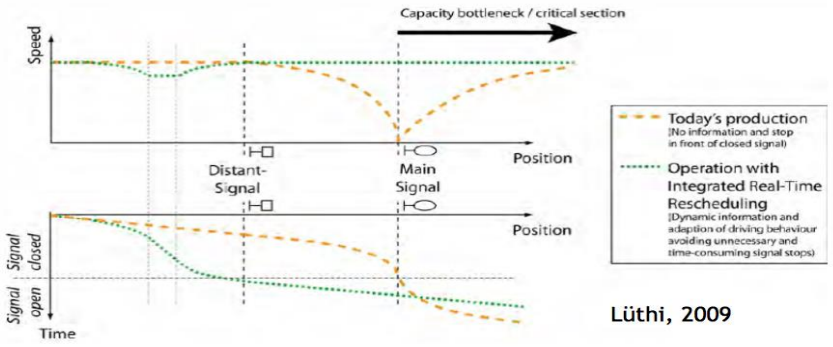


Figure 1. Operational performance without and with real-time rescheduling

The first step in using computer models in the railroad planning is to calibrate the base case model. This should accurately replicate observed railroad operations with the existing infrastructure, rolling stock, and schedules. Once the model has been calibrated it can be used to investigate many issues including estimating the stability of new timetables, determining the minimum infrastructure requirements for a given timetable, or evaluating the impact of rolling stock changes. A significant benefit of models is their ability to evaluate the impact of incidents or time-based network changes (e.g. maintenance) on railroad operations.

Computer simulation is especially valuable for railroad planning since, once developed and calibrated, models can be used for the comparison of the benefits, impacts, and costs of various different improvement packages. To analyze more than a few improvement packages by hand would be prohibitively time consuming. Thus, effective railroad simulation models enable planners to identify and evaluate more alternatives, ultimately leading to more creative and comprehensive problem solutions.

While computer simulation is an excellent tool for analysis and planning of railroads, railroad network simulation programs have the following limitations:

• Programs must be validated to actual conditions.

• Yard operations must be modelled separately.

• Resource constraints such as crew scheduling are largely ignored (although some specialized software does address resource constraints).

• Simulations only include the modelled study area.

• Simplifying assumptions generally create an inherent optimism about overall congestion, schedule adherence, and recoverability (Gibson, 2002).

Given these limitations, especially the last one, it is critical that all simulation results be carefully reviewed, discussed and compared to reality.

3. OPENTRACK RAILWAY SIMULATION SOFTWARE

OpenTrack was developed at the Swiss Federal Institute of Technology's Institute for Transportation Planning and Systems (ETH IVT). The project's goal was development of a user-friendly railroad simulation program that could run on different computer platforms and could answer many different questions about railway operations (Huerlimann, 2001). Figure 2 illustrates the three main elements of OpenTrack: data input, simulation, and output.

OpenTrack is a microscopic synchronous railroad simulation model. As such it simulates the behavior of all railway elements (infrastructure network, rolling stock, and timetable), as well as all processes between them. It can be easily used for many different types of projects, including testing the stability of a new timetable, evaluating the benefits of different long-term infrastructure improvement programs, and analyzing the impacts of different rolling stock.

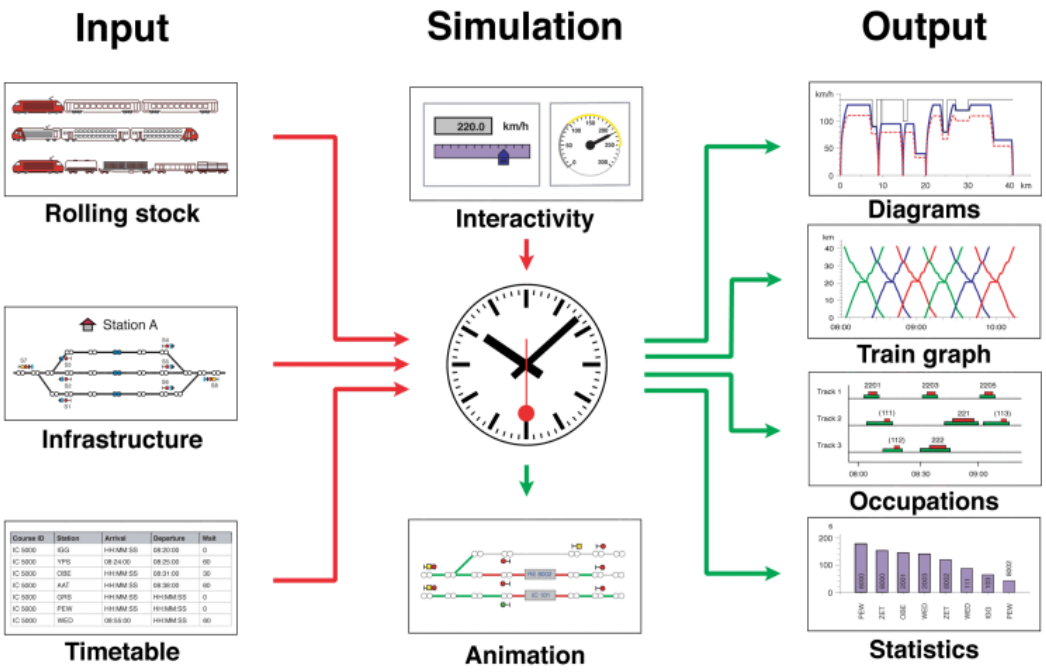


Figure 2. Data flow in simulation of railway operation

Input Data

OpenTrack manages input data in three modules: rolling stock (trains), infrastructure, and timetable. Users enter input information into these modules and OpenTrack stores it in a database structure. Once data has been entered into the program, it can be used in many different simulation projects. For example, once a certain locomotive type has been entered into the database, that locomotive can be used in any simulation performed with OpenTrack. Similarly, different segments of the infrastructure network can be entered separately into the database and then used individually to model operations on the particular segment or together to model larger networks.

Train data (locomotive and wagons) is entered into the OpenTrack database with easy to use forms displayed using pull down menus. Infrastructure data (e.g. track layout, signal type/location) is entered with a user-friendly graphical interface; quantitative infrastructure data (e.g. elevation) is added using input forms linked to the graphical elements. Following completion of the railML (railMl) data structure for rolling stock and infrastructure, OpenTrack is modified to enable train and infrastructure data to be directly imported from railML data files.

Timetable data is entered into the OpenTrack database using forms. These forms include shortcuts that enable data input to be completed efficiently. For example, users can designate hourly trains that follow the same station stopping pattern an hour later. Since OpenTrack uses the railML (railML) structure for timetable data, timetable data can also be entered directly from various different program output files as well as database files. Furthermore, Figure 3 shows a short overview of different software programmes using railML interface.

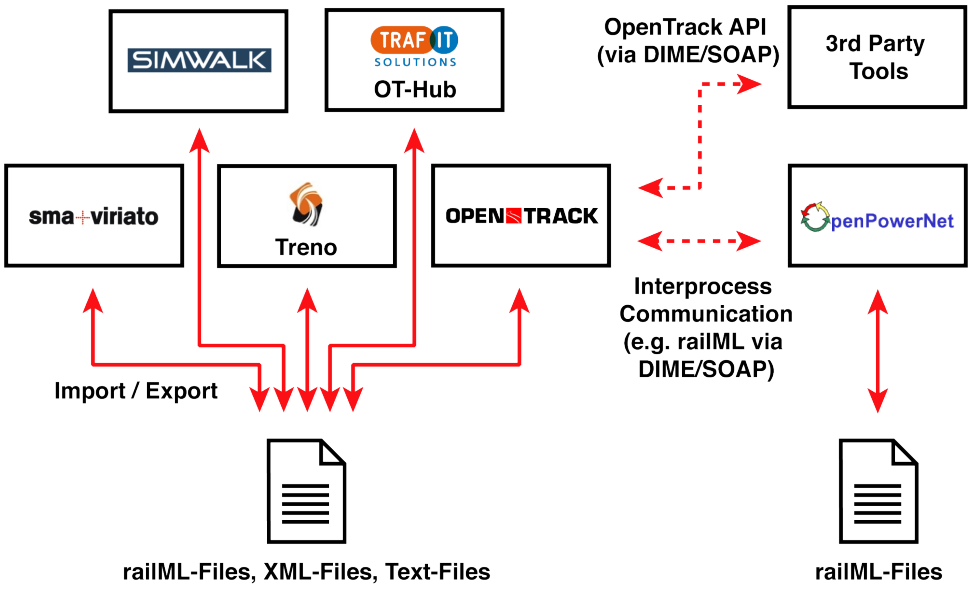


Figure 3. Example of software tools already using

One advantage of OpenTrack is that it enables users to adjust many variables that impact railroad operations. For example, users can simulate the impact of weather on traction by specifying the adhesion scenario (good, normal, bad). OpenTrack then estimates locomotive traction power using a percentage (also user-defined) of that calculated using the Curtius and Kniffler formula (Huerlimann, 2001). While OpenTrack provides standard default values for all variables, having the ability to adjust variables makes the program very useful.

Simulation

In order to run a simulation using OpenTrack the user specifies the trains, infrastructure and timetable to be modelled along with a series of simulation parameters (e.g. animation formats) on a preferences window. During the simulation, OpenTrack attempts to meet the user-defined timetable on the specified infrastructure network based on the train characteristics. OpenTrack uses a mixed continuous/discrete simulation process that allows a time driven running of all the continuous and discrete processes (of both the vehicles and the safety systems) under the conditions of the integrated dispatching rules.

The continuous simulation is dynamic calculation of train movements based on Newton's motion formulas. For each time step, the maximum force between the locomotive's wheels and the tracks is calculated and then used to calculate acceleration. Next, the acceleration function is integrated to provide the train's speed function and is integrated a second time to provide the train's position function (Huerlimann and Nash, 2003).

The discrete simulation process models operation of the safety systems; in other words, train movements are governed by the track network's signals. Therefore, parameters including occupied track sections, signal switching times, and restrictive signal states all influence the train performance. OpenTrack supports traditional multi-aspect signalling systems as well as new moving block train control systems (e.g. European Train Control System – ETCS signalling).

OpenTrack is a dynamic rail simulation program. As such, the simulated operation of trains depends on the state of the system at each step in the process as well as the original user-defined objective data (e.g. desired schedule).

A simple way of describing dynamic rail simulation is that the program decides what routes trains use while the program is running. For example, when building the network, users identify various different routes that trains can use between two points; OpenTrack decides, during the simulation, which route the train will use by assigning the train the highest priority route available. If the first priority is not available, OpenTrack will assign the train the second highest priority route and so on.

OpenTrack's dynamic nature allows users to assign certain attributes to specified times in the simulation. Thus, users can assign a delay to a particular train at a given station and time, rather than being limited to assigning a delay at the start and using it through the entire simulation. Similarly, users can define other types of incidents (e.g. infrastructure failures, rolling stock breakdowns) for particular times and places.

Finally, dynamic simulation enables users to run OpenTrack in a step-by-step process and monitor results at each step. Users can also specify exactly what results are displayed on the screen. Running OpenTrack in a step-by-step mode with real time data presented on screen helps users to identify problems and develop alternative solutions.

Output

One of the major benefits of using an object-oriented language is the great variety of data types, presentation formats, and specifications that are available to the user. During the OpenTrack simulation each train feeds a virtual tachograph (output database), which stores data such as acceleration, speed, and distance covered. Storing the data in this way allows users to perform various different evaluations after the simulation has been completed.

OpenTrack allows users to present output data in many different formats including various forms of graphs (e.g. time-space diagrams), tables, and images. Similarly, users can choose to model the entire network or selected parts, depending on their needs. Output can be used either to document a particular simulation scenario or as an interim product designed to help users identify input modifications for another model run (OpenTrack Railway Technology).

3.1. OpenTrack and API

The Open Track API (application programming interface) is able to communicate with a 3rd party application (over the internet). As in Figure 4 shown, OpenTrack accepts Commands (messages to OpenTrack) and sends Status Messages (Messages from OpenTrack). Most importantly, these messages are designed such that they correspond to those exchanged in a real-world railway system between trains, interlocking and dispatching units. For example, massages received from OpenTrack can be train, timetable and block/routes Messages, arrival and departure times at stations, interlocking messages and others. On the other hand, OpenTrack sends speed commands, timetable changes, dispatching decisions that resulted from dynamic simulation. Figure 4 shows an example of OpenTrack Dispatcher. In this case, OpenTrack acts as the replacement of the reality, since the same type of information is exchanged as in reality; namely, commands (messages) go to OpenTrack, whereas Status Messages come from OpenTrack (OpenTrack Railway Technology).

OpenTrack API's application offers an unlimited number of possibilities, starting from implementation of customer-specific dispatching algorithms to in-depth evaluation of railway operations, connections between trains and circulation of train sets. However, for GoSAFE RAIL project is the possibility of development and analysis of new concepts in train control, such as optimization of energy consumption, reduction of delays and avoidance of bottlenecks and conflicts of greatest importance. This will provide support to IMs for achieving maximum amount of time slots for railway undertakings and for punctual operation. Finally, the goal is that simulation of the behavior of the reality proves that the optimization algorithm provides suitable solutions within a short period of time.

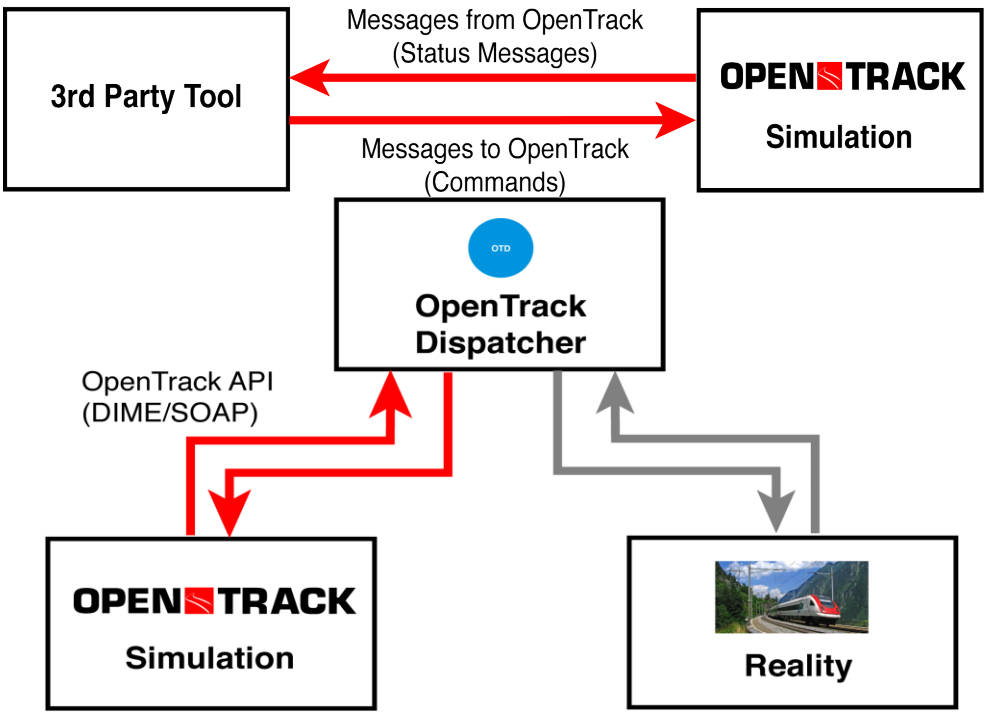


Figure 4. Example for the application of the OpenTrack API

4. CASE STUDY: ZAGREB-RIJEKA LINE

As already mentioned, line Zagreb – Rijeka was chosen for the case in collaboration with Croatian Railways. First reason is its importance within domestic traffic network; second and more important reason, it being part of TEN-T corridor.

Figures 5 and 6 show examples of infrastructure from the case study. Infrastructure data has been successfully imported in OpenTrack, as it can be seen in these graphical representations of topology. For this paper, just few examples that best reflect the possibilities of OpenTrack were selected. This can be seen in Figure 5, where one can see a detailed presentation of the main railway station in Zagreb, Glavni Kolodvor, whereas the Figure 6 shows part of the preselected network for the case study Zagreb - Rijeka, namely from Hrvatski Leskovac, via Horvati, Mavracici, Zdencina, Desinec, Jastrebarsko, Domagovic, Lazina to Draganici.

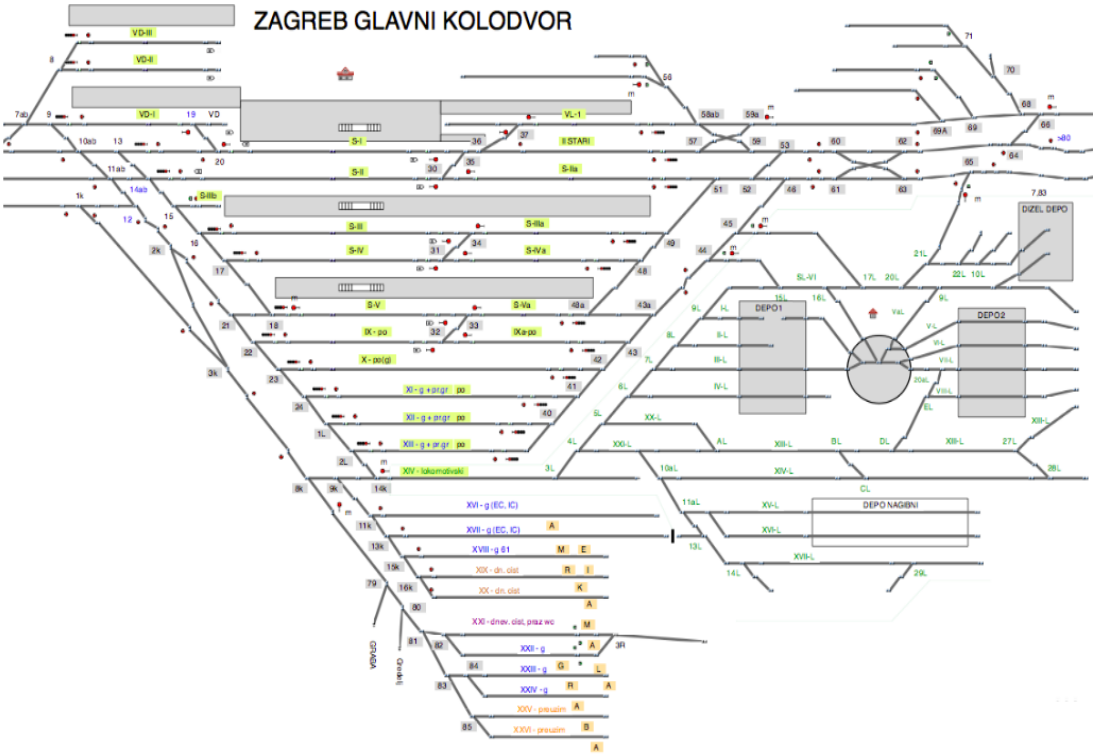


Figure 5. Infrastructure in OpenTrack: Zagreb Glavni Kolodvor

Infrastructure topology includes all signals, stations and information about radius, gradient and speed profile on every kilometre point. Train graph, seen in the Fig.7, shows the timetable for different train categories; namely, cargo, fast or the regional trains. Furthermore, for the clear overview, the period between 3PM and 10PM was chosen and includes blocking time stairway.

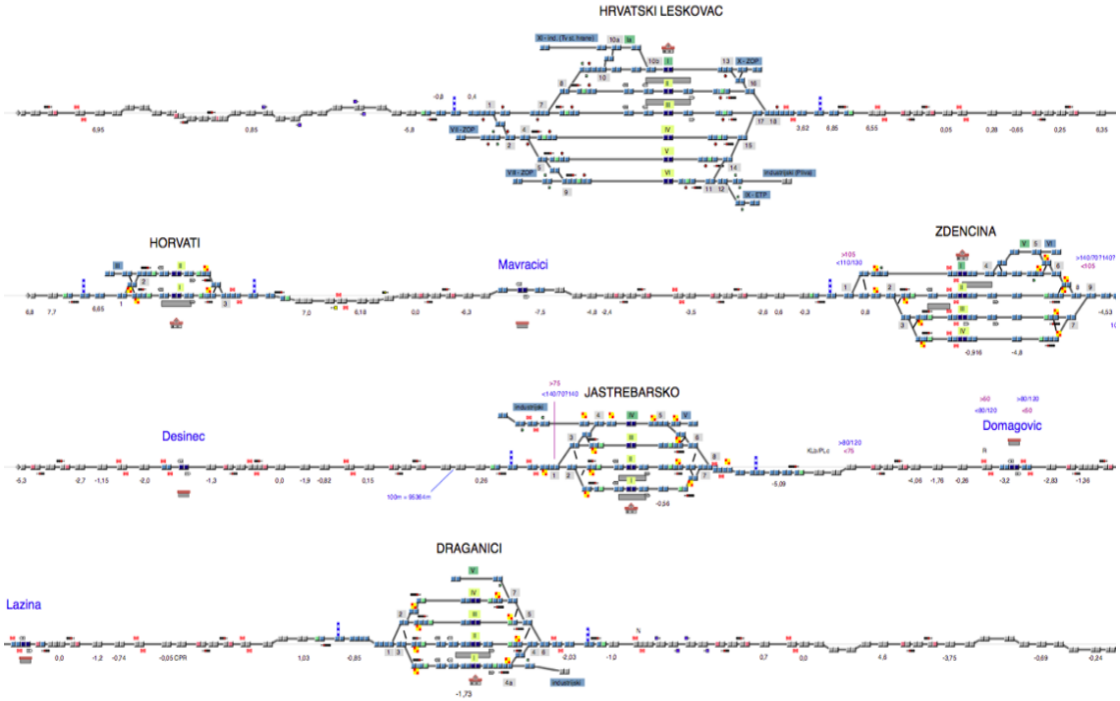


Figure 6. Infrastructure in OpenTrack: Hrvatski Leskovac-Draganici

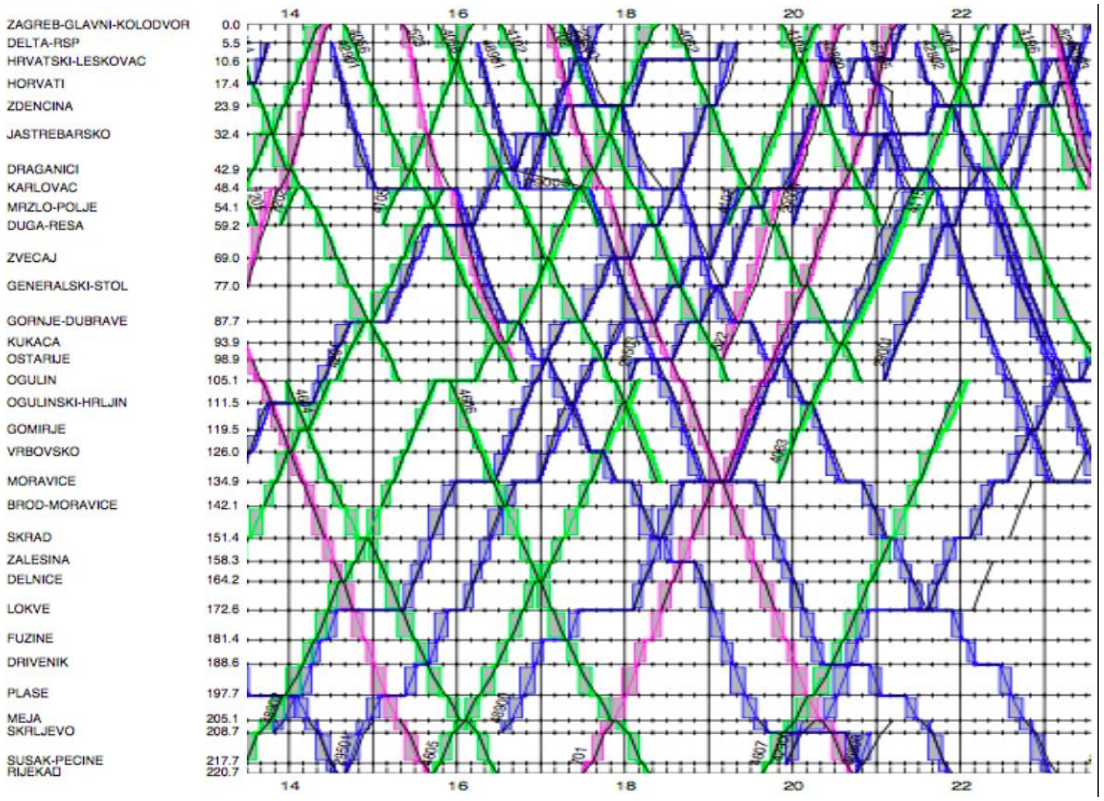


Figure 7. Train Graph: Zagreb Glavni Kolodvor-Rijeka

5. CONCLUSION

In conclusion, GoSAFE RAIL project will provide a means of virtually eradicating sudden infrastructure failures. OpenTrack, being a sophisticated micro-simulation model with API function, will allow the determination of impact of safety decisions on network capacity. Thus, by incorporating both infrastructure asset (e.g. crossings, tracks, bridges, tunnels) and traffic (e.g. vehicle, freight and passenger movement), effective delivery of maintenance or new works while maximizing the connectivity and adaptability of the overall surface system will be enabled. Finally, the maximization of the availability of the transport network leads to minimization of environmental impacts, such as carbon emissions, and reduction of delays up to 40%. This will be shown in the next project period.

ACKNOWLEGMENT

GoSAFE RAIL project has received funding from European Union's Horizon2020 research and innovation programme Shift2Rail under grant agreement No 730817.

6. REFERENCES

European Railway Agency, Intermediate report on the development of railway safety in the European Union 2013. http://www.era.europa.eu/document-register/documents/spr%202013%20final%20for%20web.pdf (accessed 13.08.2017)

Gibson, J. Train Performance Calculators and Simulation Models. Handout, Transportation Research Board, "TRB Workshop on Railroad Capacity and Corridor Planning." January 13, 2002.

GoSAFE Rail project: http://www.gosaferail.eu (accessed 22.08.2017)

Huerlimann, D. Object oriented modeling in railways; ETH Dissertation Nr. 14281; 2001.

Huerlimann, D. and Nash, A. OpenTrack – Simulation of Railway Networks. User Manual Version 1.3; ETH Zurich, Institute for Transportation Planning and Systems; May 2003; Page 58.

Luethi M. (2009): Structure and Simulation Evaluation of an Integrated Real-Time Rescheduling System for Railway Networks, Journal of Networks and Spatial Economics, vol 9, Issue 1, pp. 103-121.

Mittermayr, R., Blieberger, J. and Schöbel, A. 2012. Kronecker algebra-based deadlock analysis for railway systems. *Traffic Planning*. 24(5): 359-369.

OpenTrack Railway Technology: www.opentrack.at

railML: www.railml.org

Volcic, M. 2014. Energy-efficient Optimization of Railway Operation: An Algorithm on Kronecker Algebra. Dissertation: Vienna University of Technology.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

RISK BASED OBSTACLE AVOIDANCE FOR MULTIPLE AUTONOMOUS GUIDE VEHICLE PATHS PLANNING*

Hamed Fazlollahtabar
Department of Industrial Engineering, College of Engineering, Damghan University, Damghan, Iran, hfazl@iust.ac.ir

***Abstract**: Collision avoidance is considered as an essential part of the autonomous guided vehicle (AGV) navigation systems. Collision avoidance helps to determine and decide for changing the speed and direction of an AGV in the presence of obstacles. Avoidance of collision problem can be considered as a spatial multi objective problem due to it needs to handle with different objectives by searching a space of possible routes and find a set of optimal routes. Solving collision avoidance problem in AGV's routing is a complicated problem because of different objectives, inconsistency between them and presence of dynamic and static obstacles in the system. In this study, the risk modelling and optimization has been used for solving the problem.*

***Key words:** Autonomous guide vehicle (AGV); Path planning; Risk modelling; Obstacle avoidance*

1. INTRODUCTION

The analysis of safety themes associated with the transportation of hazardous materials is considered to be as important as the study of risk problems connected with fixed installations, since historical evidence has shown that incidents related to the transportation of dangerous goods are comparable in number and magnitude with those occurred in chemical plants. Furthermore, hazardous materials releases during transport may occur in areas which are not sufficiently controlled or protected, such as zones of high population density or of natural and historical beauty (CCPS, 1995). For this reason risk analysis should address both fixed installations and transportation networks, thus obtaining a complete area risk evaluation, which represents the basis on which decision makers will establish criteria for risk management, risk control and planning.

Flexible manufacturing systems (FMSs), container terminals, warehousing systems, and service industries including hospital transportations are employing autonomous guided vehicles (AGVs) for the material handling to maintain flexibility and efficiency of production and distribution. For the efficient operation, it is requested to realize the synchronized operations for the simultaneous scheduling of production systems and transportation systems (Nishi et al., 2011).

Path planning under uncertainty has been extensively studied in the areas of computer science and operation research due to its wide applications such as communication routing and transportation engineering (see, e.g., Kouvelis and Yu, 1997; Waller and Ziliaskopoulos, 2002; Montemanni et al., 2004). The omnipresent uncertainty of travel times on network links could result from network congestions, hardware failures or traffic jams, temporary construction projects, weather conditions, traffic accidents. Because of the lack of updated on-line information on network links (cables, roads, etc.), the client/traveler will have to consider

* ***Plenary paper***

possible ranges of the travel times on network links when making the appropriate route choice, that often involves tradeoffs between travel times and risk-sums to be taken (Chen et al., 2009).

Risk-based route evaluation is necessary for decision making by authorities for regulating hazardous materials transport vehicles. The paper highlighted risk estimation and its representation for three highway study routes in western India using frequency analysis through logic diagrams and scenario based detailed consequence analysis of accidental releases categories (Chakrabarti and Parikh, 2013).

Shipments of hazardous materials underline the significant risk and tremendous cost, but literature has focused only on the cost-effective scheduling of these vehicles. It is important that transport companies consider risk, since the insurance premiums is contingent on the expected claim. Siddiqui and Verma (2015) presented a mixed-integer optimization program with operating cost and transport risk objectives, which could be used to prepare routes and schedules for a heterogeneous fleet of vehicles. The bi-objective model was tested on a number of problem instances of realistic size, which were further analyzed to conclude that the cheapest route may not necessarily yield the lowest insurance premiums, and that larger vessels should be used if risk is more important as it enables better exploitation of the risk structure.

Effective design of automatic material handling devices is one of the most important decisions in flexible cellular manufacturing systems. Minimization of material handling operations could lead to optimization of overall operational costs. AGV is a driverless vehicle used for the transportation of materials within a production plant partitioned into cells. The tandem layout is according to dividing workstations to some non-overlapping closed zones to which a tandem automated guided vehicle (TAGV) is allocated for internal transfers. Shirazi et al. (2010) illustrated a non-linear multi-objective problem for minimizing the material flow intra and inter-loops and minimization of maximum amount of inter cell flow, considering the limitation of TAGV work-loading. For reducing variability of material flow and establishing balanced zone layout, some new constraints have been added to the problem based on six sigma approach. Due to the complexity of the machine grouping control problem, a modified ant colony optimization algorithm was used for solving this model.

Fazlollahtabar and Shafieian (2014) concerned with the design of a computer integrated manufacturing system to identify an optimal path in a vehicle routing problem (VRP) network regarding to triple criteria. In most VRPs just one criterion, either time or cost was considered in decision making. They considered all time, cost, and AGV capability in decision making, simultaneously. To satisfy a material requirement planning (MRP) by providing the bill of material (BOM), AGVs are suitable devices.

Fazlollahtabar et al. (2015) concerned with both time and cost optimization in an automated manufacturing system. In their proposed system, material handling is carried out by AGVs and robots for the manufacturing functions. In this way, defect rates, breakdown times, waiting time, processing time, and certain other parameters are not expected to be deterministic. Stochastic programming was applied to optimize the production time and material handling cost. The proposed stochastic program was a nonlinear model, for this reason a successive linear programming (SLP) technique was employed for its optimization. Numerical test results pointed to the inefficacy of the proposed optimization method for large sized problems. Hence, a genetic algorithm (GA) was presented to optimize large sized problems.

The optimization of material handling systems (MHSs) can lead to substantial cost reductions in manufacturing systems. Choosing adequate and relevant performance measures is critical in accurately evaluating MHSs. The majority of performance measures used in MHSs are time-based. However, moving materials within a manufacturing system utilize time and cost. Tavana et al. (2014) considered both time and cost measures in an optimization model used to evaluate an MHS with AGVs. They took into account the reliability of the MHSs because of the need for steadiness and stability in the automated manufacturing systems. Reliability was included in the model as a cost function.

One of the principal matters of concern in the multiple AGVs based industrial system is prevention of conflicts between AGVs which might escalate to collision. Although AGV collisions have actually been very expensive events, contributing to a very small proportion of the total fatalities, they have always caused relatively strong impact mainly due to relatively large number of fatalities per single event and occasionally the complete failure of the industrial system.

The main driving force for developing risk methods/models during the 1960s was the need for increasing the efficiency of the system. In general, separating AGVs using space and time separation standards has prevented conflicts and collisions. However, due to the reduction of this separation, in order to increase AGVs capacity and thus cope with growing industrial transport demand, assessment of the risk of conflicts and collisions under such conditions has been investigated using several important methods/models. The methods/models were expected to show if a reduction of separation and spacing between AGVs' handling task tracks would be sufficiently safe, i.e., determine the appropriate spacing between tracks guaranteeing a given level of safety.

The main purpose of collision risk analysis has always remained to support decision-making processes during system planning and development, through evaluation of the risk and safety of the proposed changes (either in the existing or the new system).

The remainder of the work is organized as follows. Next, an overview of the problem, assumptions and significance are presented. Section 3 provides the mathematical model formulation and description. In Section 4, a simple implementation of the model is presented. Finally, we conclude in Section 5.

2. STATEMENT OF THE PROBLEM

In an industrial system having multiple AGVs, as material handling devices, a significant problem is a path planning so that collision among AGVs is minimized. For financial analysis it is more effective to obtain an estimation of the losses before or during implementation of such a system. A very helpful method to handle uncertainty is risk analysis. Consider an industrial manufacturing system having several AGVs as material handling devices. AGVs are dispatched according to a request from a station. Products are processed in stations according to the process plan and job sequences. Multiple stations may request AGVs at the same time and thus a precise path plan is required to avoid collisions of AGVs. Also, AGV's arrival within a due time of a station satisfies just in time manufacturing leading to avoid delay. AGVs in some paths may become obstacle for others. Consequently, a complicated system of AGVs, paths, and stations is configured leading to possible collisions and obstacles. The problem is elusive for hazardous manufacturing systems (e.g. galvanization or plating production system). The aim here is to provide separate path plan for each AGV

with minimal risks. The risk is associated with collision and obstacle avoidance of AGVs. The risk is defined as the product of probability of collision and severity of collision hazard.

2.1. Significance of the model

One of the extensive applications of industrial robot is in hazardous environment. Designing an appropriate control mechanism to fulfill handling tasks efficiently is significant. Therefore, the proposed problem and model are adaptive to process AGVs in such environments

2.2. Major contribution

As reviewed in the literature most of the AGV path planning works considered either time or cost and in some cases both time and cost. A research gap is noticed to include quality in the path plan which is a critical performance criterion. Then, time, cost and quality simultaneously are modelled and optimized. Quality is considered using risk. Also, considering multiple AGVs is another aspect of novelty of this paper.

3. MODELING THE PROBLEM

Modelling the problem into mathematical formulation environment is needed to solving collision avoidance by the risk modelling and optimization. In this problem, an AGV moves from one specific point to another specific point, start and end points, through a particular route that there is some obstacle in its' route. The AGV is modeled according to its' central coordinates and such as a point that moves from start to end through a specific set of coordinates. The AGV has the constant speed and constant direction for a move between the two points. The static obstacles are modeled as a specific range of coordinates. If the movement coordinates of AGV is same as the static obstacles coordinate, at least in one point, then the collision happens. The dynamic obstacles are modeled as a moving point with constant speed and constant direction. The dynamic obstacles coordinate will be calculated dynamically according to AGV's position. The AGV for avoiding the collision will change the speed and/or the direction of its movement in one point that's called redirection point. For presenting and modeling the route of the AGV, we can use the coordinates of redirection points besides speed and direction of AGV's movement.

The mathematical formulations are presented below in Table 1.

Table 1. Mathematical notations

i, j	Counter for stations, i=1,…,n; j=i+1,…,n
k, k'	Counter for AGVs, k, k'=1,…,m
Parameters:	
s_{ijk}^{c}	Severity of collision hazard of AGV k in path i to j
p_{ijk}^{c}	Probability of collision of AGV k in path i to j
R_{ijk}^{c}	Risk of collision of AGV k in path i to j
t_{ij}	Required time to move in path i to j
d_{ij}	The distance between station i to station j

d_{0k}	Current position of AGV k
v_k	The velocity of AGV k
a_k	The acceleration of AGV k
Decision variables:	
$x_{ijk} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	If AGV k is assigned to path i to j Otherwise
$y_{kk'} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	If AGV k collide with AGV k' Otherwise
$z_{jk} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	If station j requests AGV k Otherwise

$$\min W = \sum_{k,k'=1}^{m} \sum_{j=i+1}^{n} \sum_{i=1}^{n} R_{ijk}^{c} . y_{kk'} \quad . \tag{1}$$

s.t.

$$R_{ijk}^{c} = p_{ijk}^{c} \times s_{ijk}^{c}, \tag{2}$$

$$d_{ij} = \frac{1}{2} a_k . t_{ij}^{2} + v_k . t_{ij} + d_{0k} \quad , \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ijk} = z_{jk}, \quad \forall k, j, \tag{4}$$

$$\sum_{j=i+1}^{n} \sum_{i=1}^{n} x_{ijk} = 1, \quad \forall k, \tag{5}$$

$$\sum_{k=1}^{m} z_{jk} = 1, \quad \forall j, \tag{6}$$

$$\sum_{k=1}^{m} x_{ijk} d_{ij} \le \min_{k} \left\{ d_{0k} z_{jk} \right\}, \quad \forall i, j, \tag{7}$$

$$\sum_{k=1}^{m} d_{0k} z_{jk} \le \sum_{k'=1}^{m} d_{0k'} z_{jk'}, \quad \forall j, \tag{8}$$

$$\sum_{k=1}^{m} p_{ijk}^{c} \le \sum_{k,k'=1}^{m} \frac{y_{kk'}}{x_{ijk}}, \quad \forall i, j, \tag{9}$$

$$y_{kk'} \le \sum_{j=i+1}^{n} \sum_{i=1}^{n} x_{ijk} z_{jk}, \quad \forall k, k', \tag{10}$$

$$\sum_{k'=k+1}^{m} \sum_{k=1}^{m} y_{kk'} a_k \le \sum_{k=1}^{m} s_{ijk}^{c}, \quad \forall i, j, \tag{11}$$

$$\sum_{k'=k+1}^{m} \sum_{k=1}^{m} y_{kk'} < \sum_{k=1}^{m} z_{jk}, \quad \forall j, \tag{12}$$

$$x_{ijk}, z_{jk}, y_{kk'} \in \{0,1\}, \quad \forall i, j, k, k'. \tag{13}$$

Equation (1) is the objective function of the problem minimizing the risk of collisions. Relation (2) computes the risk including the probability and the severity of collision hazard. Relation (3) shows the distance computation using acceleration and velocity of AGVs. Equation (4) guarantees the simultaneous assignments of AGVs to stations and request from stations. Equation (5) assures that an AGV is assigned to a station. Equation (6) emphasizes that for each station an AGV is requested. Equation (7) shows that the request rule is based on the closest distance of an AGV to a station. Equation (8) shows the sequence of AGVs requested to stations. Equation (9) computes the probability of collision. Equation (10) guarantees that if an AGV is assigned to a station based on a request then the collision is avoided correspondingly. Equation (11) shows the computation of severity of collision hazard based on the acceleration of AGV's movement. Equation (12) specifies that if an AGV is requested by a station then it is not collided with others. Relation (13) shows that the decision variables are binary.

4. NUMERICAL EXAMPLE

To show the effectiveness of the proposed mathematical model a numerical example is presented. As for input data, the number of stations and AGVs are assumed to be 8 and 3, respectively. The existing paths between two stations are given in Table 2. It should be noted that the existing path between any two stations are presented by 1 and otherwise with 0.

Table 2. Existing path among stations

i \ *j*	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	1	0	1	0	1	0	0
2	0	-	1	0	1	0	1	1
3	0	0	-	0	0	1	1	1
4	0	0	0	-	0	0	1	1
5	0	0	0	0	-	1	0	1
6	0	0	0	0	0	-	0	1
7	0	0	0	0	0	0	-	0
8	0	0	0	0	0	0	0	-

Then, the severity of collision hazard of AGVs in all paths is assumed to be same and equal to 11.5 unit of cost. But, the probabilities of collision for different paths are different as given in Table 3. The probabilities are extracted from past data recorded by maintenance department.

Table 3. Collision probabilities of paths

i \ *j*	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	0.03	0	0.05	0	0.07	0	0
2	0	-	0.08	0	0.09	0	0.04	0.05
3	0	0	-	0	0	0.04	0.04	0.04
4	0	0	0	-	0	0	0.03	0.06
5	0	0	0	0	-	0.09	0	0.08
6	0	0	0	0	0	-	0	0.04
7	0	0	0	0	0	0	-	0
8	0	0	0	0	0	0	0	-

The velocity of all AGVs is same and equal to 2.5 m/s and the acceleration is 0.9 m/s2. The movement time between any two stations are given in Table 4.

Table 4. Movement time for all paths

i \ *j*	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	6	0	11	0	14	0	0
2	0	-	3	0	7	0	12	18
3	0	0	-	0	0	11	9	15
4	0	0	0	-	0	0	14	19
5	0	0	0	0	-	7	0	21
6	0	0	0	0	0	-	0	11
7	0	0	0	0	0	0	-	0
8	0	0	0	0	0	0	0	-

Using above input data and employing GAMS optimization software the following outputs are obtained as shown in Table 5.

Table 5. Outputs

X_{141}	X_{282}	Y_{23}	Z_{41}	Z_{82}
X_{172}	X_{361}		Z_{72}	Z_{61}
X_{253}	X_{483}		Z_{53}	Z_{83}

Note that the shown variables are the ones with value equal to 1. The obtained results show that path between stations 1 and 4 is assigned to robot 1 and thus station 4 requests AGV 1 since it is closer than the others. Also, robots 2 and 3 collides each other. Thus, the planner needs to resolve this problem by redesigning the paths.

5. CONCLUSION

In this work a risk based path planning mathematical model for obstacle avoidance was proposed. The model made use of severity of collision and the probability of collision as risk factors. The proposed mathematical model was implemented using hypothetical data. The results could help the decision makers to redesign the system so that obstacles are minimized. Also, the number of required AGVs can be analyzed considering different layouts of stations and different settings of process plan.

6. REFERENCES

CCPS, (1995). Guidelines for chemical transportation risk analysis, AIChE, New York.

Chakrabarti, U.K. and Parikh, J.K. (2013). Risk-based route evaluation against country-specific criteria of risk tolerability for hazmat transportation through Indian State Highways. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 26, 723-736.

Chen, X., Hu, J. and Hu, X. (2009). A new model for path planning with interval data. Computers & Operations Research 36, 1893-1899.

Fazlollahtabar, H. and Shafieian, S.H. (2014). An Optimal Path in an AGV-based Manufacturing System with Intelligent Agents. Journal of Manufacturing Science and Production 14(2), 87 – 102.

Fazlollahtabar, H., Mahdavi-Amiri, N. and Muhammadzadeh, A. (2015). A Genetic Optimization Algorithm for Nonlinear Stochastic Programs in an Automated Manufacturing System. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems 28(3), 1461-1475.

Kouvelis, P. and Yu, G. (1997). Robust discrete optimization and its applications. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Montemanni, R., Gambardella, L.M. and Donati, A.V. (2004). A branch and bound algorithm for the robust shortest path problem with interval data. Operation Research Letters 32, 225-232.

Nishi, T., Hiranaka, Y. and Grossmann, I.E. (2011). A bilevel decomposition algorithm for simultaneous production scheduling and conflict-free routing for automated guided vehicles. Computers & Operations Research 38, 876-888.

Shiazi, B., Fazlollahtabar, H. and Mahdavi, I. (2010). A six sigma based multi-objective optimization for machine grouping control in flexible cellular manufacturing systems with guide path flexibility. Advances in Engineering Software 41(6), 865–873.

Siddiqui, A.W. and Verma, M. (2015). A bi-objective approach to routing and scheduling maritime transportation of crude oil. Transportation Research Part D 37, 65-78.

Tavana, M., Fazlollahtabar, H. and Hassanzade, R. (2014). A Bi-Objective Stochastic Programming Model for Optimizing Automated Material Handling Systems with Reliability Considerations. International Journal of Production Research 52(19), 5597–5610.

Waller, ST. and Ziliaskopoulos, A.K. (2002). On the online shortest path problem with limited arc cost dependencies. Networks 40(4), 216-227.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

ANALYSIS OF LOGISTICS CENTER LOCATION: A GIS – BASED APPROACH*

Aleksandar Rikalović[a], Gerson Antunes Soares[b], Jelena Ignjatić[c]
[a] *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Industrial Engineering and Management, Trg Dositeja Obradovica 6, Novi Sad 21000, Serbia, a.rikalovic@uns.ac.rs*
[b] *Universidade Luterana do Brasil, Department of Computer Science, Av. Farroupilha, nº 8001 Bairro São José, 92425-900, Canoas, Rio Grande do Sul, Brazil, gerson@inf.ufsm.br*
[c] *Urban Institute of Vojvodina, Železnička 6/III, Novi Sad 21000, Serbia, a.rikalovic@uns.ac.rs*
affiliation, Address, City and Postcode, Country, ignjaticjelena@gmail.com

Abstract: *To select suitable logistic center (LC) location it is necessary to do a broad spatial analysis. Geographic information systems (GIS) are ideal for this type of spatial analysis which provides functionality to capture, store, query, and analyse geographic information. This paper presents novel methodology for LC location analysis based on GIS. The proposed method uses a GIS for for data collection, spatial analysis, generating alternatives, and to produce maps for further analysis. We used GIS for support decision making and for the analysis of the location attributes, including a number of relevant factors: spatial position, intermodal connections (road, water, air and rail transport), the size of the available location, topography, local traffic connections, environment, ecological aspect of the location, ownership structure, equipment of communal infrastructure, constraints in the area, etc. Experimental results on real-world problems, i.e., application of the proposed methodology in a case study of location analysis for logistic center in municipality Apatin, Vojvodina, Serbia, show that the proposed methodology provides upstanding results in spatial analysis.*

Keywords: *geographic information systems, location analysis, logistic center, spatial analysis, spatial data mining*

1. INTRODUCTION

The recent development of logistics management in companies incited the need to streamline business operations in the most efficient way, which implies cost reduction and improving service quality in order to satisfy the growing customers' demands.

The Council of Supply Chain Management Professionals defines the term logistics management as follows: "Logistics management is that part of supply chain management that plans, implements, and controls the efficient, effective forward and reverses flow and storage of goods, services and related information between the point of origin and the point of consumption in order to meet customers' requirements" (CSCMP, 2012).

Thus, the importance of logistics centers (LC) is reflected in linking economic activities both locally and globally, were LC become places of circulation of production, storage and transportation of goods. The LC is a separate entity operating in a secured area, within which all logistics activities (transportation and forwarding, material handling, warehousing, inventory management, cross-docking, intermodal trans-shipment, physical distribution of goods) are carried out on a commercial basis (Jacek Żak, Szymon Weglinski, 2014).

According to the European Transport Ministers' Conference (ECMT) the following criteria relating to site selection are common to all LC (ECMT, 1996):

* ***Plenary paper***

- the specific location of a LC reflects a need to optimise the quantity and quality of local and long-distance traffic, so that flows can be efficiently grouped together in terms of traffic volume. The most important is that the location is able to optimise the inevitably broken local and long-distance flow by achieving a cluster effect. Topographical factors are important in this context, as is the possibility of using existing infrastructure developed by the different transport modes.
- the size of logistics centres must be given considerable thought. Firms looking for a location to generate or organise transport operations regard networked traffic nodes as highly attractive. In all events, a sufficient area of land must be set aside for the centre so that any future growth in traffic can be absorbed.
- existing infrastructure has already been identified as an important factor when choosing the site of a logistics centre. In the case of European inland transport, centres must at least offer the possibility of linking up with the combined transport network of road/rail services. Links with other transport modes, such as the inland waterways, air transport or, in coastal areas, maritime transport, can of course also be incorporated. The attractiveness of these logistics nodes will depend mainly on the quality of the existing infrastructure, in other words, available capacity and, in particular, the possibility of extending capacity where necessary.
- another important factor for developing a network of logistics centres is compatibility, particularly at the level of transhipment procedures, containers, etc. A certain amount of standardization of technical equipment is therefore required. In addition, telematics networks of information and communications systems are needed so that firms have on-line access to any important data required for rapid decision making (e.g. data on consignments, stocks, status, etc.).

A LC location is a strategic decision and a critical point of the entire supply network, from the manufacturer to the consumer, whereby one of the main factors determining the location is the transportation cost. According to Rikalovic et al., the transportation costs, taxes, salaries, raw materials, renting costs, etc. are directly under the influence of the location and can be 25% of the purchase product price. When all costs are summarized the location may change the overall operating costs by 50% (Rikalovic, Cosic & Lazarevic, 2014). As a result, the optimal location of a LC may lead to reduced transportation costs, promote synchronization between production and consumption, ensure a balanced development of transportation systems, and achieve better overall benefits (Gao & Dong, 2012; Lium, Crainic & Wallace, 2009).

Many mathematical and approaches to solving LC location problem have been reported, including: mathematical programming (Klose, Drexl, 2005), evaluation and ranking of considered sites (Özcan, et al, 2011; Korpelaa, Awasthi, et al, 2011, Jacek Żak, Szymon Weglinski, 2014). The location problem plays a crucial role in logistics, where it refers to finding the most desirable (proper) location of LC (Van Thai, Grewal, 2005; Kayikci, 2010).

Recent developments in the field of decision making have led to dramatic improvements in the capabilities of GIS for LC location analysis. Geographic information systems (GIS) are powerful tools designed for spatial analysis which provides functionality to capture, store, query, analyse, display and output geographic information (Bolstad, 2002). The power of geographic information systems it's reflected in simultaneously analyse geographic space and the information (attributes) linked to the space (Rikalovic, Cosic & Lazarevic, 2014).

To address all of the above aspects we propose a novel methodology for location analysis based on GIS, which provides an innovative approach to finding desirable location efficiently. This paper is organized as follows. In Section 2 we summarize the literature overview in the field of logistics centers, pointing out the role of the multi-criteria decision analysis and the geographic information systems in location analysis. In Section 3 we present innovative methodology for analysis of logistics center location, with study case to show the implementation choices. Section 4 presents a discussion and analysis of the application of the proposed approach Section 5 derives some conclusions and directions for future research.

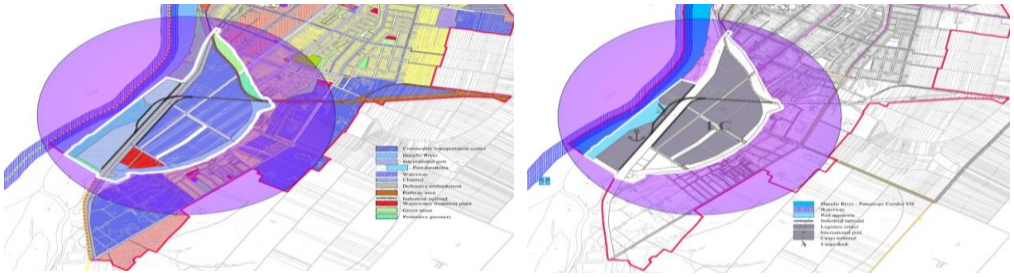
2. BACKGROUND

The location problem consists in determining a proper placement of an infrastructural component (ground, site, facility) in a considered area, taking into account the decision maker's preferences and existing constraints (Owen, Daskin, 1998; Farahani, Hekmatfar, 2009). One of the typical logistics location problems refers to the proper placement of LC (Van Thai, Grewal, 2005; Kayikci, 2010).

Logistics centers should be located at the intersection of large streams of flow, or very close to major transport links, especially in order to take advantage of multimodality. The advantage of multimodal transport in addition to optimizing transport times and reducing transport costs is increased justification from the point of view of environmental protection. (Gao, M. and Dong, M., 2012)

Decisions related to LC location have an impact on operating costs and revenues. For instance, a poor choice of location might result in excessive transportation costs, a shortage of qualified workers, loss of competitive advantage, inadequate supplies of raw materials, or some similar condition that would be detrimental to operations (Stevenson 1993). While the optimal location selection in the logistics sector decreases transportation costs, it increases the job performance, competitive capacity and profitability of companies (Thai and Grewal 2005). Lee, Huang & Teng (2009) point out the need to consider geographic, topographic, and hydrological aspects of the available land for the logistics center installation.

In the literature the site selection processes is generally disaggregate the problem into several levels. Zelenovic distinguishes macro and micro locations. The macro location is the geographical area, which can meet the basic requirements for construction and development of LC with minimal operating costs. The micro location is the specific place in the macro location that meets technical, infrastructural and working process requirements (Zelenovic D., 2003). The basic criteria for the analysis of the micro-location of the LC include the analysis of all parameters from the micro and macro aspect with the coordination of all entities in the multimodal transportation process. The factors that influence the selection of the location of the LC, mentioned in the literature, can be divided into two categories: factors that influence the selection of a macro location of a facility and factors that influence the selection of the micro-location. In the selection of the macro location of facilities, the factors are considered that are related to the role of the facilities in the logistic system – market characteristics, type and characteristics of goods in the distribution chain, transport possibilities and the availability of the expert personnel. In determining the micro-location of the facility, the following characteristics are considered (Fig. 1.): the area of the terrain, fitting of the location to urban plans condition of the traffic infrastructure in the observed area, price of the land, attitudes and exemptions for the local community, etc (J. Pašagić Škrinjar et. al., 2012)



(a) (b)

Figure 1. Micro location (from the urban plan): (a) land use and (b) infrastructure

In the modern concepts of 3PL and 4PL LC plays an important role of logistics service integrator that provides customers with a comprehensive, high quality service and connects all possible transportation modes (road, rail, water and air) . The concept of a location planning is based on the technological-functional requirements of the work organization such a multimodal transport node (Rushton, et al, 2006). Also, the transport and technological requirements of goods flows and the global and domestic experience in determining the technology, structure and size of individual subsystems of the LC have a significant influence on the planned solution. The development of multimodal transport corridors and logistics services are promoted as part of the overall development strategy of transport (World Bank 2008).

With the development of information technology, spatial databases have become an irreplaceable tool in management systems. It has been estimated that 80% of data used by managers and decision makers are geographical (spatial) in nature (Worral, 1991). A large number of decisions have geographic (spatial) character, and finding a winning formula for the selection of optimal location is the challenge for engineers and scientists. Expect for standard spatial analysis, GIS is increasingly used in the decision-making process. Experts in the field of industry and trade consider spatial analysis using GIS technology, as reliably approach in location analysis and overall marketing strategy of the company (Beaumont, 2000). Several studies have used this type of GIS function for location analysis. One of the papers in which the GIS methodology was applied is the role of GIS in the industrial site of analysis (Rikalovic, Cosic and Lazarevic, 2014).

Previous research on location analysis has determined that GIS provided methodological framework for quality, reliable and efficient decision making and development of the overall strategy for the development of a certain space or within a particular company.

3. ANALYSIS OF LOGISTICS CENTER LOCATION: A GIS BASED APPROACH

In this section we introduce an innovative approach for logistics center analysis: a GIS based approach.

The proposed method uses a GIS for generating location alternatives and spatial data mining. We used GIS for support decision making and for the analysis of the location attributes, including a number of relevant factors: spatial position, intermodal connections (road, water, air and rail transport), the size of the available location, topography, local traffic

connections, environment, ecological aspect of the location, ownership structure, equipment of communal infrastructure, constraints in the area, etc.

We divided proposed methodology into eleven phases (Fig. 2):

1. Creating (preparing) graphics in AutoCAD in relevant layers
2. Graphic transformation in Gauss-Krieger's projection (Hermannskogel's date)
3. Controlling the graphics before entering ArcGIS - import data into ArcGIS
4. Transformation of graphics from Hermannskogel to WGS84 (World Geodetic System - Worldwide Reference Date-Applied by Google) using Geocentric Translation
5. Inserting a satellite reference folder (which is in WGS84)
6. Controlling the position of the brownfield location relative to the reference map
7. Graphics processing in ArcGIS / geo-visualization
8. Relational connection of spatial data with alpha-numeric data
9. Entering attribute (alpha-numeric) data into the database
10. Controlling of compliance of attribute and spatial data
11. Importing already prepared layers of infrastructure (traffic, electricity, thermal power, water management, etc.) on the territory of the province of Vojvodina, Serbia, in the form of information (Fig. 3):
    - review and analysis of infrastructure data in the territory of the province of Vojvodina, Serbia, created in the process of drafting Regional spatial plan of the province of Vojvodina
    - graphic transformation from Hermannskogoel to WGS84 (World Geodetic System - world reference date-applied by Google) using geocentric translation
    - control of compliance of spatial and attribute data and
    - final control.

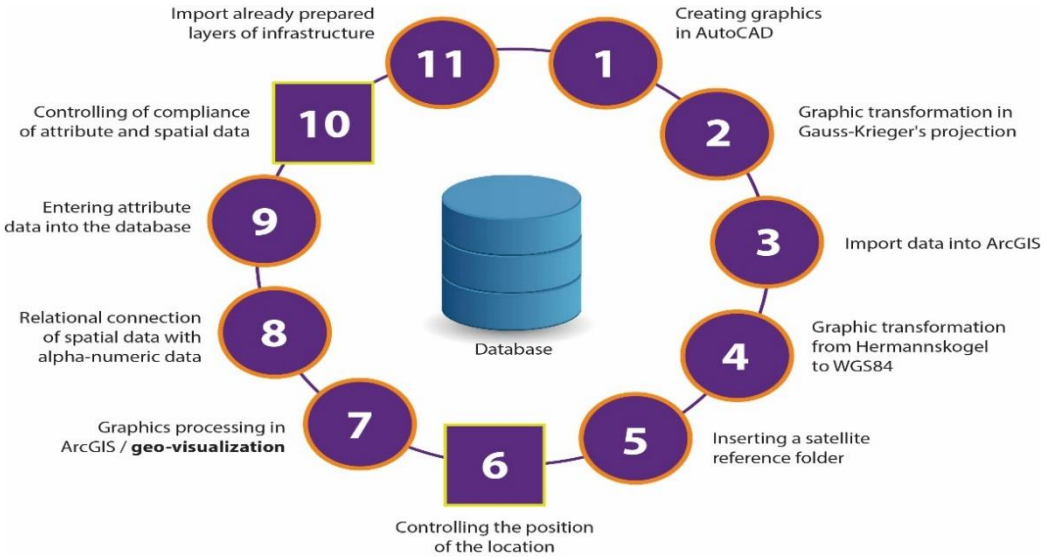


Figure 2. Process of creating a database

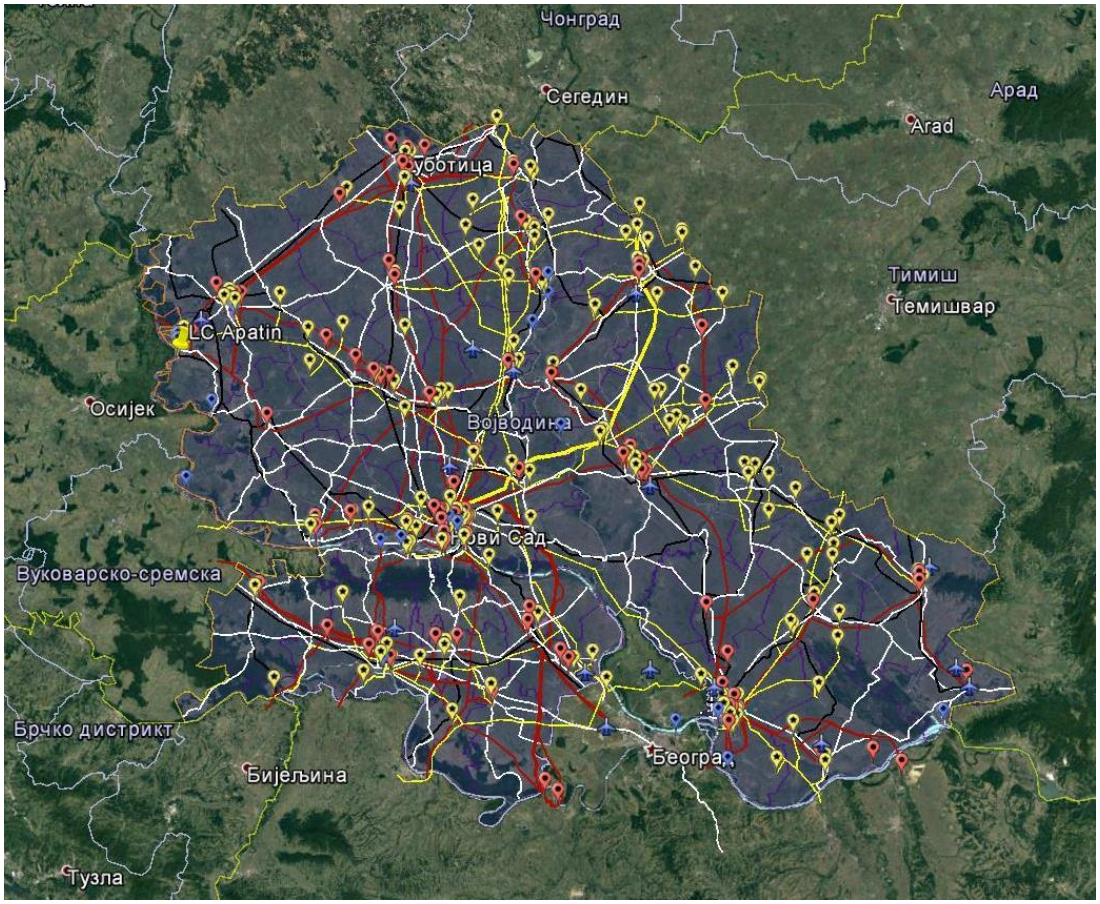


Figure 3. Traffic, electricity, thermo power and water management layer on the territory of the province of Vojvodina - macro view

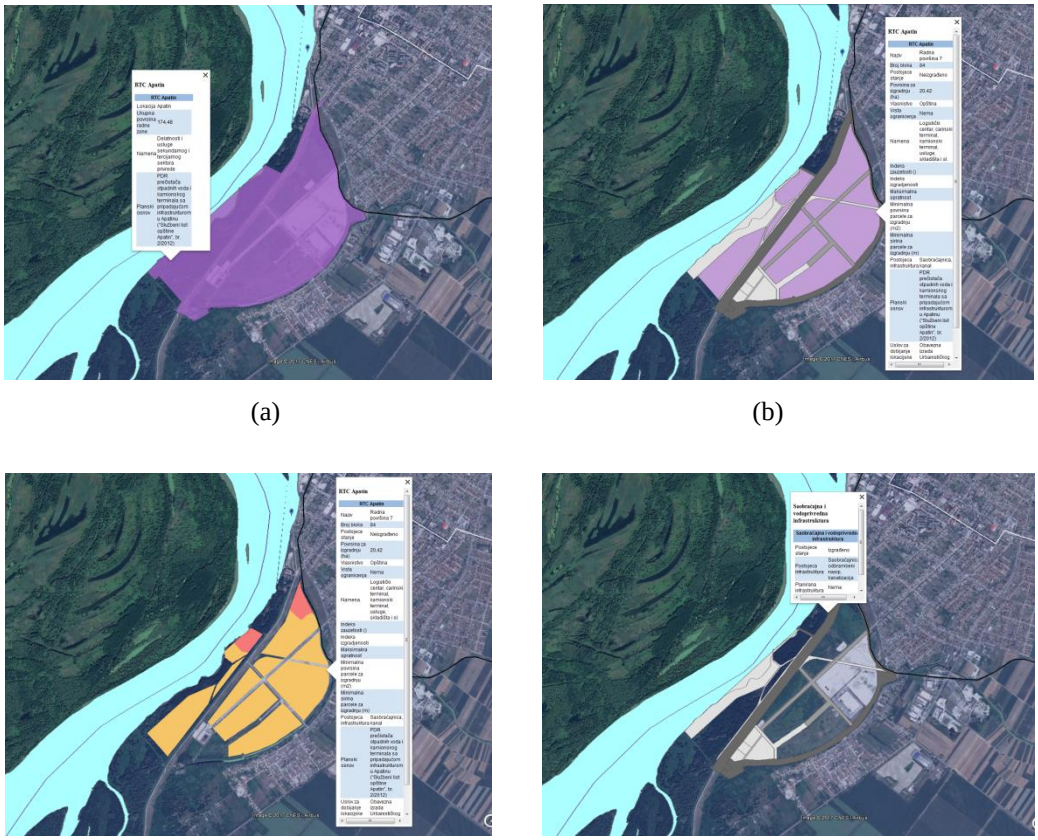
GIS techniques & procedures have an important role in analysing decision problems in a form of spatial decision support system for location analysis especially in screening phase. In screening phase role of GIS is to analyse feasible alternatives that will be later consider in evaluation phase. The first step is the collection, input and processing of data such as: geographical characteristics, urban parameters, ecological aspect of the site, ownership structure, infrastructure facilities, architectural heritage and other relevant data.

The analysis and assessment based on the collected data is extremely important, because based on this, it is possible to determine the extent of the potential and risk posed by the location of logistic centre. Based on the information provided by the municipality and based on spatial plans, we were able to look at and adequately address the spatial-technical-technological aspects of the site and set up the database. For generating the location alternatives and spatial analyses we develop a GIS, using the ArcGIS infrastructure [24]

To provide a useful set of location alternatives, we developed a GIS to mine data and generate location alternatives. Our GIS is based on a spatial database that contains data for all the selected features in the region of interest. The spatial data mining process focuses on the process of discovering interesting and potentially useful patterns for generating industrial locations alternatives from a spatial dataset by using a multilayer framework i.e., an infrastructure where the spatial database is organized in multiple layers (thematic maps) that

represent the selected features layer by layer (map by map) (Fig 4.). Using our GIS, we can separately analyzed each layer of the spatial data in the region of interest and overlapped specific layers to obtain useful information as well.

In Fig. 4 we are presenting application of the proposed methodology, i.e., spatial data mining process in a case study of location analysis for logistic center in municipality Apatin, Vojvodina, Serbia in Google Earth environment.



(a) (b)

(c) (d)

Figure 4. Spatial data mining process: (a) zone of logistic centre, (b) land use, (c) property and (d) infrastructure

4. DISCUSSION AND ANYLYSIS

The significance of LC is reflected in the geographical position, infrastructure and traffic connections in the distribution chain. Logistics today is one of the most important factors that arise in the market economy. Companies use the services of LC to speed up the process of starting up goods while reducing transportation costs

The possibility of connecting with the environment, as well as the possibility of communal equipping, are very important parameters for the functioning of the LC. We used GIS for data mining, generating alternatives, spatial analysis and presentation of the layers obtained by analysis in the form of maps.

After analysing the geo-traffic position and infrastructure, as the most important factors for the development of a LC, on the case of municipality Apatin we can state:

- the direct support of the LC to the Danube aquarium, which represents the most important river road in Europe (by commissioning the Rhine-Main-Danube channel, all the Danube countries, with good interconnections, the exit to the Black Sea and the North Sea) provides an excellent geo-traffic position of the LC. Apatin is located in the central part of this waterway, and it is also the first convenient location for the formation of a freight transport center, downstream of the Hungarian border, through which the entire central and north-western area of Backa can reach the exit to this important international river road, known as the Pan-European corridor VII;
- railway line Apatin factory - Sonta in Sonta comes to the main road Szeged (Hungary) - Subotica, Sombor (Serbia) -Vinkovci, Osijek (Croatia), so it has a direct connection with European corridors VII, X, IV and V;
- Apatin is not directly connected with neighbour Croatia, because the Danube River and Kopacki rit represent a natural obstacle for the construction of road and railroads, and the traffic connection with Croatia is realized in the hinterland over the state road (Sombor-Apatin bridge over the Danube near Bogojevo);
- the Apatin settlement has an eccentric position in relation to the area of the municipality of Apatin, and also to the wider hinterland where the main landing traffic routes are located, which in some way makes it separate, but this is usually the usual position for the coastal settlements and can be completely Compensates for the activation of river transport potentials and the formation of an appropriate network of road and railroads, through which they will be linked with their immediate, but also wider environments.

Direct access to the international waterway - the Danube River, as a Pan-European corridor VII, indirect rail link with the main railway line through the local railway line, exit by road connection to the state road IIa of order no. 107, are elements that give this space extraordinary spatial-traffic predispositions for smooth development, especially in the domain of integral transport.

In addition to the analysed infrastructure from the aspect of traffic, the subject location is also analysed from the aspect of the utility equipment, where it can be assessed as suitable for placing space in function, since the infrastructure of electricity, water supply, gas pipelines and electronic communication infrastructure has been built.

5. CONCLUSION

This paper proposed an innovative approach for logistics center analysis that adopts a GIS based approach. The proposed methodology uses developed GIS for generating location alternatives and spatial data mining. We used a GIS for data collection, spatial analysis, generating alternatives, and to produce maps for further analysis.

The results of the location analysis in study case of municipality Apatin, Vojvodina, Serbia showed that s suitable geostrategic position is the biggest advantage for Apatin's future development priority in the field of economy, infrastructure and logistics development. The position of the LC, on the very bank of the Danube, provides unhindered access from the corridor of the waterway and servicing of all sub-systems and sub-stations of the LC. The international port gives a quality basis to enable the dispatch and delivery of all types of

products across Europe through the Danube (international waterway) with the maximum application of an integral transport system. The Apatin intermodal hub, as a sublimate of all available, natural and infrastructural benefits, with water transport as the carrier of the entire system, will contribute to increasing the efficiency of the system, reducing transport costs, increasing the level of transport services, applying modern transport technologies with ecologically minimal negative impacts and integrating all traffic types. The LC in Apatin will enable the rationalization of the distribution of all types of product on the micro and macro plan, including all modes of transport in the observed area, which will contribute to reducing the cost of shipping - delivery and overall reduction in transport costs.

In further research the comprehensive method for industrial site selection will be studied at the micro-location level.

The results showed that our methodology constitutes an efficient and highly accurate tool for spatial decision support. In future research, our methodology will be tested on different cases with larger datasets. Moreover, we plan to study strategies such as the use of intelligent systems to improve the decision support effectiveness.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Urban Institute of Vojvodina, Novi Sad, Serbia, which provided highly valuable data of LC locations in Vojvodina. The authors would also like to thank J. Lovric and D. Moraca for their expert advice on performing LC locations analysis.

6. REFERENCES

Awasthi A., Chauhan S., Goyal S. (2011). A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers underuncertainty. Mathematical and Computer Modelling, 53, 98 – 109

Beaumont J.R., (2000). GIS and Market Analysis. U knjizi Geographical Information Systems – Principles and Application, „Longman Scintific & Technical“and „Wiley“, NewYork.

Bolstad, P. (2002). GIS Fundamentals, Eider Press, Minnesota, USA.

CSCMP (2012). Supply Chain Management Definitions. Available online at http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp

ECMT (1996). Report of the hundred and fourth round table on transport economics held in Paris on the following topic: New trends in logistics in Europe

Eldrandaly, K. (2007). “Expert Systems, GIS, and spatial decision making: Current practices and new trends”, Expert Systems Research Trends, pp. 207- 228.

Farahani, R.Z and Hekmatfar, M. (2009). Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies, Heidelberg: Physica-Verlag.

Gao, M. and Dong, M. (2012). Analysis of Logistics Center Location-Selecting Based on GIS-Take Li County as an Example. AdvancedMaterials Research, 569: 804–807.

Jacek ŻAK, Szymon WĘGLIŃSKI (2014), The selection of the logistics center location based on MCDM/Amethodology, Szymon WĘGLIŃSKI,Transportation Research Procedia 3 555 – 564

J. McCoy, K. Johnston, “Using ArcGIS Spatial Analyst”, Environmental Systems Research InstituteI, Redlands, 2001.

J. Pašagić Škrinjar, K. Rogić, R. Stanković (2012): Location of Urban Logistic Terminals as Hub Location Problem, Promet – Traffic&Transportation, Vol. 24, No. 5, 433-440

Kayikci, Y. (2010). A conceptual model for intermodal freight logistics center location decisions. Procedia Social and Behavioral Sciences, 2, 6297-6311.

Klose A., Drexl A. (2005). Facility location models for distribution system design. European Journal of Operational Rsearch, 162, 1, 4-29.

Lee, KL. Huang, WC. & Teng JY. (2009). Locating the competitive relation of global logistics hub using quantitative SWOT analytical method. Quality and Quantity, 43(1): 87–107.

Lium A-G, Crainic TG and Wallace SW. 2009. A Study of Demand Stochasticity in Service Network Design. Transportation Science, 43(2): 144–157.

Owen, S. and Daskin, M. (1998). Strategic facility location: A review. European Journal of Operational Research, 111, 423 – 447.

Özcan T., Çelebi N., Esnaf S. (2011). Comparative analysis of multi-criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse

Rushton A., Craucher P., Baker P. (2006). The Handbook of Logistics and Distribution Management. London – Philadelphia: Kogan Page.

Rikalovic A., Cosic I., Lazarevic Dj. (2014), The role of GIS in industrial location analysis, XVI International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'14), Available online at http://www.iim.ftn.uns.ac.rs/conferences/is14/

Stevenson, W.J. (1993). Production /operations management, 4th edn. Richard D. Irwin Inc., Homewood

Van Thai, V. and Grewal, D. (2005). Selecting the Location of Distribution Centre in Logistics Operations: A Conceptual Framework and Case Study. Asia Pacific Journal of Marketing and

Worral L.(1991), Spatial Analysis and Spatial Policy using Geographic Information Systems, Belhaven Press, London, UK.

World Bank 2008

Zelenovic D. (2003), The Design of Production Systems, 2nd ed., Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

THE APPLICATION OF NUMERICAL ANALYSIS TOOLS FOR THE OPTIMIZATION OF INDIVIDUAL SEGMENTS OF THE LOGISTICS PROCESS*

Ivan Mihajlović
University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Engineering Management Department, Vojske Jugoslavije 12, 19210 Bor, Serbia, imihajlovic@tfbor.bg.ac.rs

***Abstract**: This paper is presenting the overview of potential use of the numerical analysis tools in optimization of the operational processes, through improvement of the individual logistic activities of the organizations. The first part of the manuscript will be dealing with the importance of applying the systematic approach in optimization of the company's operations. Also, the scope of potential numerical analysis tools that can be applied for modeling and simulation of the operational processes will be presented. In the second part of the paper, the review of previous results of modeling and optimization of some segments of logistic processes, as the part of companies operations, will be given, based on some of the previous research and publications of the author. Final segment of the manuscript will present one case of selecting the most appropriate location of the business facility, based on the numerical analysis and criterions evaluation, resulting from the analysis of the practical example. The results presented in this manuscript can be of use to decision makers, responsible for operations process optimization, demonstrating some potential tools which can be used in the process.*

***Key words:** Numerical modeling, optimization, logistics processes*

1. INTRODUCTION

Operations management is one of the three core functions of the contemporary organizations, together with Product/Service development function and Marketing function (Slack et al., 2013). If explained in the simplest manner, operations are processes that take in a set of input resources which are used to transform something, or are transformed themselves, into outputs of products and services. On the other hand, no organization exists in isolation. Every organization is part of a larger and interconnected network of other operations, which enable supply of adequate resources and distribution of the final product/services to their final customers. Accordingly, this supply network includes different suppliers and customers, which can be branched in several levels. To enable efficient materials and information flow down through a distribution channel, starting with the interface with the companies supply markets and ending with the coordination to the retail store or consumers, there have to be clear mechanism of control which is situated in the frame of logistics process of a company. This is why; supply network can also be presented as logistic network. Accordingly, the logistic process activities, should be planned at the strategic level, during development of the long term operations plan, however, should be facilitated and controlled at the operational level to enable fast adjustments to the uncertain market environment of contemporary businesses.

Having in mind that the complexity of the operations processes is increasing, aiming to enable fast response to growing customer demands and its variations in wide scope of quality

* ***Plenary paper***

levels, consequently the logistic processes must be organized at high efficiently level, enabling the fast adaption to the changes in the environment. Accordingly, contemporary logistic processes are being supported with high level of automatization and optimization mechanisms. To avoid risks of experiments on the real logistic systems, and to enable obtaining the optimal solutions for such processes optimization, development of simulation models is becoming a must. This is the reason why many researchers, both among academia and practitioners, are developing, employing and improving the models representing different segments of the logistics processes, aiming to develop new aspects of their understanding and optimization (Negri eta al, 2017; Mohanty & Shankar, 2017; Santibanez-Gonzalez & Diabat, 2016).

Contemporary industrial processes are in demand for expertise in the field of complex process optimization. Having this in mind and especially based on the fact that Technical faculty in Bor (TFB) is located in the region with wide developed industrial activity, (e.g. one of the largest copper mine and smelting facility is located in this region), one of the most important research goals of the Engineering Management Department (EMD) of TFB is dedicated to modeling, simulation and optimization of the large industrial facilities, based on the contemporary numerical analysis. In the frame of this goal, research teams of EMD have also done considerable number of research and practical projects directed towards modeling and optimization of complex industrial processes, including optimization of logistics processes as important segments of the companies' organizations.

The numerical modeling approaches, based on differing available methods and techniques, applied and developed by the research team of EMD were presented in the publications (Mihajlović & Milijić, 2015; Mihajlović & Živković, 2014). Those papers were presenting the algorithm developed, as a tool for decision making support in selecting the most optimal modeling approach, based on the characteristics of the input data available from the system.

In this paper, based on the results of previous research, some practical examples of application of different modeling approaches on optimization of logistic processes will be presented and described, followed by one example of ongoing project research.

2. EXAMPLES OF NUMERICAL ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF SOME LOGISTIC PROCESS ACTIVITIES

In this part of the paper some of the results of numerical analysis and modeling of different logistic activities, form the real time operational practice will be presented. Numerical models presented here were developed with the purpose to simulate the segments of different logistical processes, aiming to their optimization and improvement. In parallel with presenting different cases, applied modeling approach and obtained results will be shortly described, in accordance with page number limitations. The presentation with more details and analysis of the final results will be presented during the conference.

Considering that inventory management is one of the most important issues for the logistic process planning and optimization, one of the research projects – with practical application, of the EMD research team was to analyze the optimal quantity of the production run of one large limestone factory. Based on the data considering available resources in the supply chain; production resources capacities and the flexibility of demand for the final products, optimal quantity of each production run was calculated. Accordingly the inventories model was proposed for the production cycle with the highest profitability. The optimal results

were calculated with the derivative simulation model developed using first order DE's modeling, based on the available technological, organizational and economic parameters from the everyday operation of the factory. Details considering this research are available in the references (Mihajlović et al, 2008; Mihajlović and Milijić, 2015).

Another important issue in the logistic systems is production equipment allocation, e.g. layout optimization. Machinery and equipment layout plays an important role in the design and usability of many engineering processes. The layout problem involves the placement of components in an available space such that a set of objectives can be optimized while satisfying optional spatial of performance constraints. The layout goals are usually formulated as objective functions. Although the objectives may reflect the cost, quality, performance and service requirements, the primary objective of the layout design problem is to minimize the costs associated with production and materials movement over the lifetime of the facility. Mathematical techniques for layout planning and optimization usually involve the identification of one or more goals that the sought layout should strive to achieve. A widely used goal is the minimization of transportation costs on site. These goals are commonly interpreted to what mathematicians term "objective functions". This objective function is then optimized under problem-specific constraints to produce the desired layout. This problem belongs to the non-polynomial hard (NP-hard) class. The problem complexity increases exponentially with the number of possible machine locations. For the research published in the reference (Mihajlovic et al, 2007), optimal allocation of nine different work stations, based on available space and the quantity of the material that is transported among them, during each production run, was conducted using the technique of genetic algorithm (GA). Genetic algorithms can be defined as meta-heuristics based on the evolutionary process of natural systems (Holland, 1975). Since their inception, they have been applied to numerous optimization problems with highly acceptable results. In this example, using 9 machines, there are 362880 possible layout solutions in the solution space, from which the GA should receive the optimal one in as less as possible iterations. The acceptability of each layout is assessed based on its total material handling costs. A comparative evaluation of the proposed approach was made using benchmark numerical examples. The example was taken from Chan and Tansri (1994) and compared with the work of Mak, Wong and Chan (1998) as well as with work of El-Baz (2004) whom used same example to evaluate their algorithm. The stopping criterion for simulation model, based on the GA, iteration was obtaining a value of total cost function, equal to the best value obtained in benchmarking results. The comparison indicates that the proposed approach is efficient and has a high chance of obtaining the best solution for the facility layout problem with less number of iterations. The solutions for the example studied were calculated in reasonably short time on standard PC equipment. Only demerit of GA presented in this work, compared to results presented by other researchers is that number of trials needed to obtain first optimum is to some extent larger, still overall number of iterations is much lesser (40995 < 63200), with same number of experiments.

Besides this, so called „hard aspects"of logistic process optimization, research group from EMD was recently also dealing with the „soft aspects" of supply network logistic process optimization. Accordingly some examples of our research on this topic will be presented here.

In the reference (Milošević et al, 2015), the subject of research was to find the relational relationship between supplier and buyers, that has to go through control system as last step in Strategic Management control. The research idea was based on the fact that in the supply network (e.g. logistic network) consisted of resources suppliers, companies which conduct some production and/or services development, and final customers of produced goods;

suppliers play an important role, and therefore the selection of the right supplier is of great importance for the success of the company. For this reason it is necessary to find and choose the right suppliers that will suit the needs of the companies in the network. This paper is presenting the research results which were conducted using questionnaires among numerous suppliers, included in the logistic processes of different logistic networks, in a variety of industries and sectors operating on the territory of East Serbia. The basic framework for the research was aiming to assess the level of dependability of established control mechanism in the customer – supplier relations, on the type of the management system in the supplier company (presented in the form of supplier governance); on the extend of relational capital (including trust, reciprocity and emotional commitment); on the capability development (which may cause the supplier to see the customer as someone who has a high degree of integrity as well as the trust that is likely to be achieved). Based on such hypothetical framework, the questionnaires were developed to enable measurement of interdependences between capability development and supplier governance; capability development and relational capital; supplier governance and control; relational capital and control. Data collect using the questionnaires was processed with adequate statistical tools aiming to produce adequate structural equating models (SEM). Based on obtained results of developed structural model, it was concluded that proper development of capabilities and skills of the suppliers company personal has very strong influence on adequate management process and governance. It also strongly increases the averseness of employees on the high importance of achieved relational capital among suppliers and customers. On the other hand, it was revealed that high developed management process and governance in the supplier company doesn't automatically mean that the level of strategic control in the supplier – customer relations would be high. This indicated that this kind of control should be conducted apart from the management process of the supplier company, in different sectoral activities. On the contrary, by the results of SEM model, it was concluded that the relational capital generated from the supplier – customer relationships has a positive effect on the control of their inter-correlated activities.

Further research on the importance of the relations among suppliers and customers, in the different logistic networks, was conducted in the research published in the reference (Savić et al, 2017). For this research, SEM tool was also developed to test the acceptability of proposed relationship between important factors which can result in potential partnership between suppliers and customers (companies), and thus can lead to eventual upgrade of their relationship from classical logistic network to higher level supply chain (SC). The hypothetical framework proposed was based on the assumptions that proper communication and exchange of information among connected companies in logistic network can increase their mutual trust and commitment. Also, it was proposed that high level of trust and commitment will lead to increased satisfaction of both sides. The satisfaction should lead to better results of cooperation, which will lead to formation of potential strong partnership that will transform logistic network in to the supply chain. The hypothetical framework was again used to develop the questionnaire as a measurement tool for assessment of all proposed relationships in different logistic networks in Serbia, which was then used to develop a structural equation model (SEM), that enabled the measurement of strength of each of proposed relations. A special aspect of this research was in assessment of the influence of introduction of ISO 9001 standard in the company on relations between customers (in this case production companies) and their suppliers. This way, companies included in the research were divided in the group of standardized companies (SC) and non-standardized companies (NSC). Considering that the research described in this paper was conducted in the transition economy of Serbia, the

presented results contribute to a relative lack of consensus in the scientific literature regarding the implication and benefits of standardization against ISO 9001 in terms of buyer – supplier relationship, especially in the context of countries in transition. Due to a very small percent of SC in Serbia compared to NSC and the fact that in all the cases considered in this research, the NSC have no QMS implemented in their business operations, the SC should be leaders and trendsetters in their fields, especially in the context of transitional economies. Implementation of the elements of the ISO 9001 standard in everyday operation and business processes should have a differential effect and set goals for NSC to reach in order to be able to successfully collaborate with SC buyers and to bring their businesses to a higher level. On the contrary, research has shown that the same relations with suppliers that exist between standardized companies (SC) and non-standardized companies (NSC) within the set of suppliers also exist between NSC and NSC within the set of companies. Creating partnerships between SC and NSC suppliers should not possible, while obtained results show the opposite, which clearly indicates that the certification in the studied transition economy is being performed only pro forma (Savić et al, 2017).

There has been additional number of different soft aspects of the relationships among customers and suppliers in the logistic networks and the supply chains, published by the groups of researchers from the EMD. Off course, it wouldn't be possible to mention all the results in this single paper. However, some additional research results from our previous projects will be given in the final conference presentation.

3. OVERVIEW OF THE CURENT RESEARCH

The research that will be presented here is one of the EMD ongoing projects which is dealing with analyzing and optimization of the logistic process activities of one local SME. The subject of this research is the SME located in the city of Knjaževac (Eastern Serbia), which is producing honey and different products based on honey (such are honey with selenium, propolis drops, and different dietary products made of honey). The SME is purchasing required raw material from different suppliers in Eastern Serbia and then, distributing its own final products to customers in Serbia and abroad. First stage of the research was dedicated to the assessment of the current location of the firm, and developing suggestions for potential relocation and/or investment in new distribution warehouse, which will enable better operations results. The necessity for this kind of research was concluded after analyzing its logistic network from the aspect of supply of the necessary raw material and distribution of the final products. Accordingly, the subject of analysis was the quantities of material which have to be transported to and from the production facility and the distances for transportation. The tool for optimal location selection, applied in this case study, was simple Canter of Gravity method.

Analysis of the optimal location of the analyzed SME' was made on the basis of transportation flows of the vehicles used for external transport. Although this SME owns number of different vehicles, for the simplicity of presentation, the analysis will take into consideration the number of kilometers and capacity utilization of two types of considered vehicles. This analysis will show the optimal location for potential relocation of the company (or for location of the central warehouse), from the aspect of delivery of raw materials as well as the most suitable site from the aspect of shipment of its final products.

Two delivery vehicles were included in the research: Iveco Daily van with carrying capacity 3460 kg and truck Iveco Eurocargo with total capacity of 9880 kg. When deciding on the choice of vehicle for transportation, it can be seen that the marginal value is 3500 kg to decide which vehicle to use and how to best utilize its capacity. In the tables that follow, the degree of use of the vehicles, on the basis of kilometers, liters of fuel purchased and the average consumption and capacity utilization in the year 2016 will be screened and analyzed. All data were taken from the travel orders, which are regularly kept by the employees of the SME. For example, the mileage of the truck, fuel consumption and utilized capacity per month in 2016 are shown in the table 1., while the same data for the van, are presented in table 2.

Table 1.Analysis of transportation, fuel consumption and capacity utilization of the truck in 2016

Month	Traveled distance, km	Spent fuel, liters	Average fuel consumption, l/100 km	Capacity utilization, %
January	2961	601	20	72.5
February	1974	406	20	63
March	2394	529	22	61
April	2982	542	18	74.1
May	1992	388	19.5	76.7
June	512	153	30	94
July	1418	310	22	91.7
August	4049	953	23.5	83.6
September	2084	482	23	62
October	2299	508	22	67.3
November	734	170	23.2	81
December	3575	675	19	84.1
TOTAL	26974	5717	21.2	75.96

Table 2.Analysis of transportation, fuel consumption and capacity utilization of the van in 2016

Month	Traveled distance, km	Spent fuel, liters	Average fuel consumption, l/100 km	Capacity utilization, %
January	1026	173	16.8	92
February	6525	722	11	82.6
March	5199	615	12	84.3
April	5052	602	12	76
May	5256	631	12	90.2
June	3573	411	11.5	88.6
July	4327	553	12.8	85.6
August	3190	376	11.7	84
September	3769	436	11.5	79.1
October	3071	452	14.7	93.6
November	3803	476	12.5	89.8
December	3348	388	11.5	90.6
TOTAL	48139	5835	12.12	86.36

From table 1 it can be seen that the truck crossed a total of 26974 km, which is significantly less than the van from the table 2. It also can be noted that there is considerable diversity in the distances, covered during the year with truck, by months as opposed to the van. Also, average capacity utilization of truck is 76%, or about ¾ of cargo space. This way, using just the truck would be more expensive than using it in combination with a van, which justified reasoning of SME that the truck should be used only when necessary. Accordingly, in 2016, the van was driven 21165 kilometers more than the truck.

Following analysis was carried out for the assessment of the present location of the SME investigated and suggestions for directions of its optimization. On the basis of the data considering the quantities of raw materials (delivery) and finished goods (shipment) transported, using the truck or the van, as well as latitude and longitude of the traveling locations during the year 2016, present location of the SME was assessed. For detailed calculations, all transportation routes were analyzed for entire year, for both vehicles. However due to the space limitations, it wouldn't be possible to present all obtained results here. Table 3 is just one example giving the overview of initial parameters used for the calculation of optimal locations, for the transportation based on the truck.

Table 3. Transport information flow for the truck, in January 2016

Delivery	Date	G_i (kg)	X_i (latitude)	Y_i (longitude)	$G_i \cdot X_i$	$G_i \cdot Y_i$
Kovačica	20.01.	10000	45.111884	20.620378	451118.84	206203.78
Zaječar	28.01.	5000	43.906952	22.272592	219534.76	111362.96
∑		15000			670653.6	317566.74
Shipment		G_j (kg)	X_j	Y_j	$G_j \cdot X_j$	$G_j \cdot Y_j$
Požarevac	28.01.	7100	44.620090	21.183014	316802.639	150399.40
Beograd	28.01.	2500	44.778382	20.415366	111945.955	51038.42
Niš	30.01.	5000	43.318472	21.891087	216592.36	109455.44
∑		14600			645340.954	310893.26

The optimal location of the facility, based on the center of gravity method, can be calculated as:

$$X_L = \frac{\sum x_i G_i + \sum x_j G_j}{\sum G_i + \sum G_j} \quad (1)$$

$$Y_L = \frac{\sum y_i G_i + \sum y_j G_j}{\sum G_i + \sum G_j} \quad (2)$$

Above equations were used for sequential calculations for the transportation flows based on the input data of each month, end for both type of vehicles. For example, with the data from the table 3, this will lead to $X_L = \frac{670653.6+645340.954}{15000+14600} = \frac{1315994.554}{29600} = 44.459275$ (latitude) and $Y_L = \frac{317566.74+310893.26}{15000+14600} = \frac{628460}{29600} = 21.231757$ (longitude), of the optimal location. Thus, the most favorable location in respect to the provision of the raw materials (delivery) would be: $X_d = \frac{\sum x_i G_i}{\sum G_i} = \frac{670653.6}{15000} = 44.71024$ and $Y_d = \frac{\sum y_i G_i}{\sum G_i} = \frac{317566.74}{15000} = 21.171116$. On the other hand, the most favorable location with an objective to minimize the cost of shipment of the final products would be: $X_o = \frac{\sum x_j G_j}{\sum G_j} = \frac{645340.954}{14600} = 44.201435$ and $Y_o = \frac{\sum y_j G_j}{\sum G_j} = \frac{310893.26}{14600} = 21.294059$.

Similar calculations were conducted for all inputs considering transportation in the remaining months of the year 2016. Table 4 shows received baseline data to be used to

determine the optimal location of the SME based on the sequential optimal locations calculated for transportation routes in all the months, according to the shipment and delivery carried out by the truck. Based on this data the resulting optimal location of the SME for the transportation routes conducted through whole year was calculated. Accordingly, the optimal location, based on the average data for the whole year 2016 and for the transportation carried out with the truck is Latitude: 44.762065 and Longitude: 20.795278, which corresponds to small municipality in Serbia called Omoljica.

The same calculation was repeated based on the transportation routes for the van. Optimal location of the SME, based on the transportation routes with the van is Latitude: 44.561485 and Longitude: 20.905032, which corresponds to another municipality in Serbia called Suvodol.

Table 4. Basic data for determining the optimal location of the facility based on the transportation routes by month, for the truck

Sequential optimal locations by months	Latitude (X)	Longitude (Y)
January (Tićevac)	44.459275	21.231757
February (Svilajinac)	44.223947	21.162314
March (Omoljica)	44.706523	20.763853
April (Dobri Do)	44.488374	20.964466
May (Belgrade)	44.801091	20.474389
June (Zrenjanin)	45.328086	20.377006
July (Pudarci)	44.631051	20.742258
August (Zrenjanin)	45.414314	20.371014
September (Brežane)	44.643786	21.068097
October (Baranda, Mećavina)	45.078823	20.445389
November (Kovin)	44.773636	20.939100
December (Vranovo)	44.595869	21.003695

In this case the aim was to optimize transportation flows for the means of the external transport, trucks and the vans on the basis of monthly data of one real SME. The routes presented are from one year (2016), however those routes for the analyzed firm's transport are mostly constant on an annual basis because the company has regular monthly deliveries to its customers, and the purchase is done from relatively the same suppliers, so optimal location would be similar based on the calculations for any other year. Based on obtained results, it is obvious that present location of the investigated SME is not the optimal one. On the other hand, analyzing the optimal location of the facilities using the Center of gravity method can be considered as the numerical tool for finding the potential location for relocation in the wider region. This initial calculation is than followed by the detailed analysis of the transportation routes and analysis of all required infrastructural conditions for production or storage facility relocation. Considering that the optimal locations, calculated for presented case (if using the truck for transportation is Omoljica and if using the van is Suvodol) are very near to each other, total optimum should theoretically be located between those two places. On the other hand, the other location (Suvodol) is located at the route of the state highway (Belgrade to Niš E75). This way, it would be much more appropriate to build the storage facility at this location.

However, before actual relocation of entire production facility, additional feasibility analysis of the investment will have to be conducted. Also, this analysis should include the scenario with the main production facility remaining on its place and with a storage space purchased, rented or built at the optimal location for a longer period of time. It should be analyzed if, with the adequate storage facility, it will be feasible to carry out transport in combination of both types of vehicles economically. In this scenario, the trucks can be used for transport form the production facility in Knjazevac to storage facility and return, while the vans should be used for transportation to short distances, between customers, suppliers and storage facility.

4. CONCLUSION

This paper contents presentation of some of the research results and practical projects targeting optimization of different segment of logistic processes in real time production facilities. After introducing the scope of research and some of the methodology used for numerical analysis, modeling and optimization of logistic activities, initial results of one ongoing project were also presented. In this ongoing research, the first stage was dealing with analyzing the present location of the facility and potentials for its relocation in the future. After this first stage is completed, next segments of the research will include analysis of soft aspects of existing logistic network of presented SME, including the relations among all participants of the logistic network, and based on the methodology developed in our previous research projects. The final project results will lead to development of the suggestions for entire logistic process improvement, which will be the target of our future research.

5. REFERENCES

Chan K.C., & Tansri H. (1994). A study of genetic crossover operations on the facility layout problem. *Computers and Industrial Engineering, 26(3),* 537-550.

El-Baz M. Adel. (2004). A genetic algorithm for facility layout problems of different manufacturing environments. *Computers and Industrial Engineering, 47,* 233-246.

Holland H.J. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor, USA.

Mak K.L., Wong Y.S., & Chan T.S. (1998). A genetic algorithm for facility layout problems. *Journal of Computer Integrated Manufacturing Systems, 1(1-2),* 113-123.

Mihajlović, I., & Milijić, N. (2015). Optimizacija logističkog procesa zasnovana na numeričkom modelovanju – praktični primer. V Međunarodni simpozijum „NOVI HORIZONTI SAOBRAĆAJA I KOMUNIKACIJA“, Doboj, Bosna i Hercegovina, 192-197.

Mihajlović, I., & Živković, Ž. (2014). Development of the Algorithm for Selection of Appropriate Numerical Modeling Approach. Proceedings of FIKUSZ ’14 Symposium for Young Researchers, Budapest, Hungary, 211-222.

Mihajlović, I., Živković, Ž., Štrbac, N., & Prvulović, S. (2008). Inventory Logistics Systm as The Part of the Supply Chain: A Case Study. *Strategic Management, 3,* 17-23.

Mihajlović, I., Živković, Ž., Štrbac, N., Živković, D., & Jovanović, A. (2007). Using genetic algorithms to resolve facility layout problem. *Serbian Journal of Management, 2 (1),* 35 – 46.

Milošević, I., Živković, D., Arsić, S., Mihajlović, I. (2015). Effects of strategic control in relationship between suppliers – costumer. International May Conference on Strategic Management - IMKSM2015, 523-533.

Savic, M., Djordjevic, P., Milosevic, I., Mihajlovic I., & Zivkovic, Z. (2017). Assessment of the ISO 9001 functioning on an example of relations with suppliers development: empirical study for transitional economy conditions. *Total Quality Management & Business Excellence,28 (11-12),* 1285-1306.

Mohanty, M., & Shankar, R (2017). Modelling uncertainty in sustainable integrated logistics using Fuzzy-TISM. *Transportation Research Part D, 53,* 471–491.

Negri, E., Perotti, S., Fumagalli, L., Marchet, G., & Garetti, M. (2017). Modelling internal logistics systems through ontologies. *Computers in Industry, 88,* 19–34.

Santibanez-Gonzalez, E.D.R., & Diabat, A. (2016). Modeling logistics service providers in a non-cooperative supply chain. *Applied Mathematical Modelling*, *40,* 6340–6358.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2013). *Operations Management*, 7th Edition, Pearson Education Limited, Edinburgh Gate, Harlow CM20 2JE, United Kingdom.

Živković, Ž., Nikolić, D., Mihajlović, I., Djordjević, P. (2016). Dependability Assessment of Supplier Performance based on the Fuzzy Sets Theory Management. International Confernce Enterprise and Benchmarking in the 21st Century, Budapest, Hungary, 43-56.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

SKILLFUL PROJECT – WHAT IS PROFILE OF TRANSPORTATION PROFESIONALS OF THE 21ST CENTURY?*

Peter Márton[a], Jaroslav Mašek[b], Dana Sitányová[c]

[a] *Department of Mathematical Methods and Operations Research, Faculty of Management Science and Informatics, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, Slovakia, Peter.Marton@fri.uniza.sk*

[b] *Department of Railway Transport, Faculty of Operation and Economy of Transport and Communications, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, Slovakia, Jaroslav.Masek@fpedas.uniza.sk*

[c] *Dana Sitányová, Department of Geodesy, Faculty of Civil Engineering, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, Slovakia, Dana.Sitanyova@fstav.uniza.sk*

***Abstract**: Transport is a social sector that is rapidly developing and changing. Transport is being influenced to the maximum extent by the development of automation, electrification and greening. The Transportation sector employs over 10 million persons in the EU today. New technologies and technical solutions implemented to transport are causing the need for changes in training and education content, curricula, tools and methodologies absolutely imperative, incorporating lifelong learning aspects for the professionals in all transports areas. SKILLFUL project goal is to identify the skills and competences needed by the Transport workforce of the future and define the training methods and tools to meet them. SKILLFUL aims to review the existing, emerging and future knowledge and skills requirements of workers at all levels in the transportation sector, to structure the key specifications and components of the curricula and training courses that will be needed to meet these competence requirements optimally and to identify and propose new business roles in the education and training chain.*

***Key words:** training courses, education in transport, transport workforce*

1. INTRODUCTION

In the last years, there has been a growing tendency towards internationalization (globalization) of qualifications in different industry sectors (Cedefop, 2012). This trend is very visible in sectors as ICT and finances. This trend started to be applied in logistics too, but has not as yet covered the whole transportation sector.

EU supports development and research in field of education in transport in frame of H2020 research program. Education of transport workforce is very important. It is clear, when reading following statements from H2020 call for projects description: "Transport is a rapidly developing and changing sector which faces problems to develop, attract and retain appropriate staff. As the overall trend is to increase automation, the sector will depend more and more on specialised equipment and products. Future jobs will therefore require new and advanced skills in engineering as well as in back office operations, but at the same time, the growing interdisciplinary elements of transport activities will also require transport professionals with developed skills in safety, security, logistics, IT, behavioural sciences, marketing and economics. As a consequence a new paradigm needs to be developed in training and education cross-fertilizing the disciplines and combining traditional training methods (e.g. face-to face classrooms, on the job training, etc.) with alternative methods and learning systems (such as web-based training, immersive virtual learning environments /IVLE, etc.)

* ***Plenary paper***

addressing the different needs of the various skill levels (from low skilled workers to high skilled managers/researchers) and incorporating lifelong learning aspects which seem particularly important for the low and middleskills segments of the workforce (EC, 2015).

SKILLFUL project goal is to identify the skills and competences needed by the Transport workforce of the future (2020, 2030 and 2050 respectively) and define the training methods and tools to meet them. SKILLFUL project aims could be described as follows:

- to critically review the existing, emerging and future knowledge and skills requirements of workers at all levels in the transportation sector, with emphasis on competences required by important game changers and paradigm shifters (such as electrification and greening of transport, automation, MaaS, etc.)
- to structure the key specifications and components of the curricula and training courses that will be needed to meet these competence requirements optimally, with emphasis on multidisciplinary education and training programmes
- to identify and propose new business roles in the education and training chain, in particular those of "knowledge aggregator", "training certifier" and "training promoter", in order to achieve European wide competence development and take-up in a sustainable way

SKILLFUL project is supported by European Commission in frame of the Horizon 2020 Work Programme 2016-17 "Smart, green and integrated transport" and specifically the call topic "MG.8.3-2016: Assessing future requirements for skills and jobs across transport modes and systems" (FEHRL, 2016).

2. PROJECT STRUCTURE

The SKILLFUL project consortium consists of 21 research institutions from 12 countries (Belgium, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Netherlands, Portugal, Slovakia, Spain and UK). Some of participants are the associations of institutions oriented to research in one transport node or specific research field:

- Forum of European National Highway Research Laboratories– FEHRL
- European Conference of Transport Research Institutes – ECTRI
- International Union of Railways – UIC
- European Rail Research Network of Excellence – EURNEX e. V.

Several universities are members of the project consortium too:

- Technische Universität Berlin, Germany
- University College Dublin, Ireland
- Universita degli studi di Firenze, Italy
- Politecnico di Torino, Italy
- Zilinska univerzita v Ziline, Slovakia
- Universitat de Valencia, Spain
- University of Newcastle upon Tyne, UK

SKILLFUL project is based on work plan divided to the seven work packages (complete project structure – Figure 1):

- WP1 – Future trends in transport systems and their job impact assessment
- WP2 – Benchmarking and critical review of training schemes, curricula and tools
- WP3 – Novel curricula and training courses
- WP4 – Definition of competences, profiles and training provision business scenarios
- WP5 – Pilots
- WP6 – Dissemination and Exploitation
- WP7 – Project management

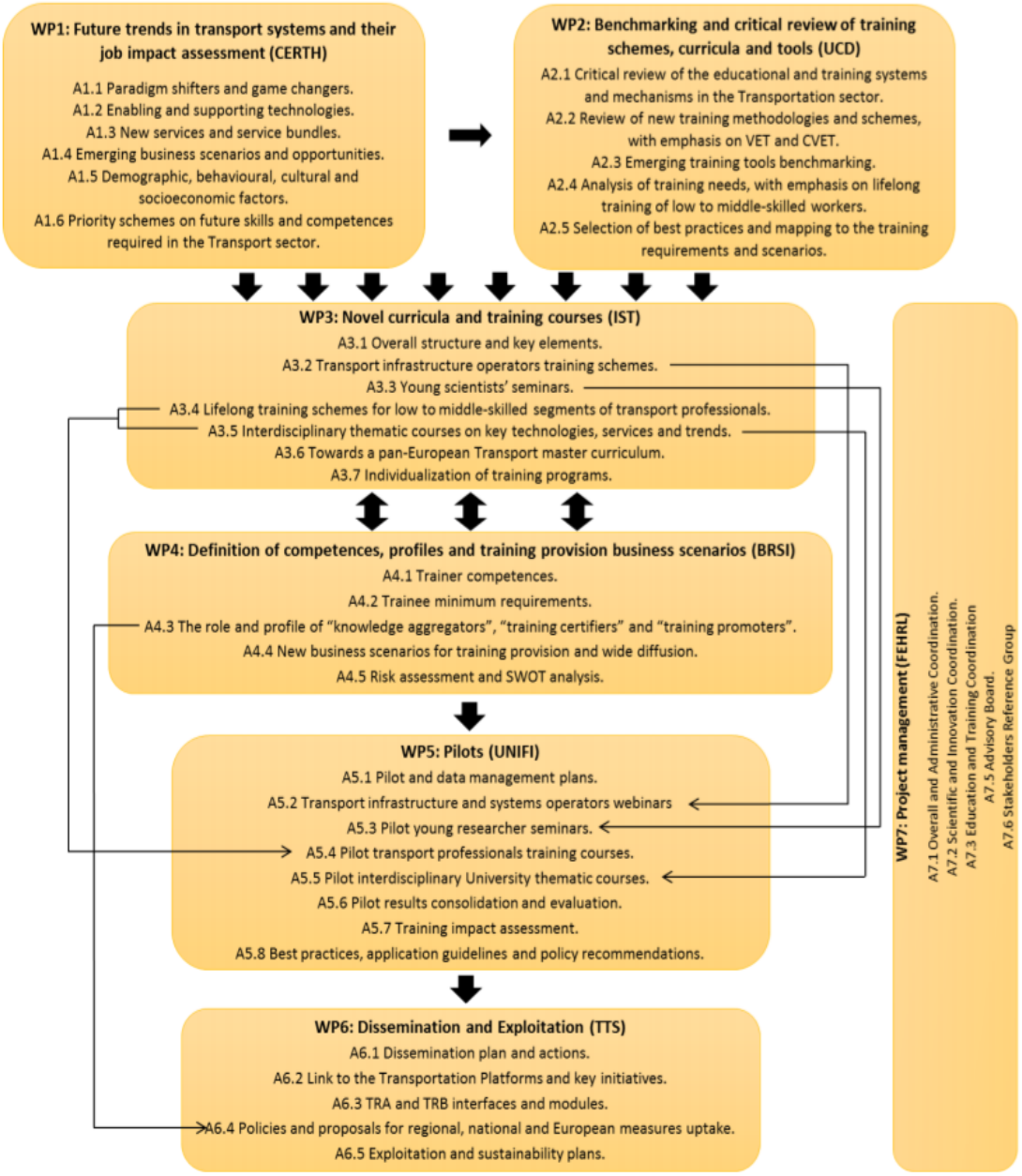


Figure 1. SKILLFUL project work plan scheme

SKILLFUL aims to utilize existing and emerging (of TRL 6 to 9) training/education methodologies, tools and knowledge (of WP1 and WP2), to design novel training/education schemes (of current TRL 3 to 5 in WP3 and WP4) and Pilot several of them (in WP5), to prove their usefulness and assess their impact; thus, bringing them to TRL 6 (for the non-piloted ones) up to TRL 8 (for the ones that will be included in the Pilots).

WP1 constitutes the groundwork of the project. It starts with the recognition of the key paradigm shifters and game changers in the Transportation sector, which will create new forms/types and positions of jobs and may as well endanger several existing ones. For each of them the key Roadmaps and Impact studies will be analysed to predict when it will happen (or better its foreseen speed of market penetration) and its expected impact on existing jobs and requirements for future ones. This will be supplemented by a thorough analysis of jobs impact of enabling and supporting technologies to those technological trends and those of the new services and service bundles. Last but not least, the impact of emerging business scenarios and opportunities, as well as key demographic, behavioural, cultural and socioeconomic factors will be taken into account. This work will lead to the issue of scenarios on future skills/requirements that will be needed on priority in jobs in the Transport of the future; taking as "future" 3 different time horizons, the short-term (2020), the medium-term (2030) and the long-term (2050). In parallel to the above work, best practices in existing and emerging training schemes, curricula and tools will be benchmarked and studied (WP2). This will encompass both horizontally the whole sector, as well as indepth the priority areas of VET/CVET schemes, training support tools and life-long training of low to middle-skilled workers. Mapping of the identified best practices and schemes to the priority requirement scenarios will be performed. WP3 constitutes the heart of the project, where novel curricula and training courses will be developed and proposed. They will follow a common overall structure/architecture and will then focus on particular priority target groups within the transportation domain, such as transport infrastructure personnel, young scientists and low to middle-skilled professionals. Furthermore, interdisciplinary thematic courses will be developed for the key technological trends and critical issues; adaptable to each related professional group. Also, work will be devoted towards designing the key components of a Pan-European transport master curriculum in selected areas across several modes and technologies. Finally, individualization of training programs to specific workers, related to language, mobility of job position, shift level, working position, professional re-orientation, etc. will be analysed. The above novel training courses and schemes will be matched in WP4 by their required training and trainee competences. Furthermore, new business scenarios for training provision and key roles within them will be researched. In this respect, the Consortium has already identified three novel potential important roles; those of "knowledge aggregators", "training promoters" and "training certifiers"; to be fully described and analysed. A risk assessment and SWOT analysis provide guidance on how to match market requirements with business schemes; so that new training schemes and job types will be successfully introduced and penetrate the Transport market. A few of the novel training schemes proposed within WP3, will be piloted (WP5) in real educational conditions through (Universities, VET/CVET Institutes), as well as on-the-job training environments, to prove their usefulness, usability and assess their impact on employability. The relevant Pilot Plans include expert walkthroughs of relevant curricula and schemes by internal, as well as external (Advisory Group Members) experts and the actual implementation of limited (in trainer/trainee numbers and time duration) real trainings; covering each multiple countries/institutes. To control relevant training costs within the project, but also to propose cost efficient training schemes per target group, the Transport infrastructure and systems Pilots will be given in the form of webinars (since many

of the workers concerned can barely spend time out of their working premises). In addition, the organisation of young scientists seminars will be integrated in the existing Young Researchers seminars scheme of ECTRI, FEHRL and FERSI; extending them to more actors and subjects. Classroom and on the job training schemes will be piloted for an indicative number of Transport professionals of low to middle skills, with good balance between modes and subjects. Also, a number of interdisciplinary University thematic courses (mainly at master level) will be given in Universities Europewide. It will be followed by an extension of particular master curricula with a specific semester Pilot results, which will be evaluated; all leading to training impact assessment and the identification of best practices, the development of application guidelines and the formulation of policy recommendations towards training schemes accreditation. It should be underlined that many novel training schemes of WP3 can't be applied in Pilots in WP5; as the relevant content is not yet available-being related to emerging technologies and professions. The ones Piloted in WP5 constitute but a small cluster of the ones proposed in WP3; mainly to prove the project's concept and optimise the proposed training schemes and tools. Wide dissemination will take place, encompassing traditional and new dissemination tools and addressing both the general public and specific actors in the employment chain. This is further supported by targeted activities towards the ETP's (and their linked stakeholders), TRA and TRB Communities (for Internationalization purposes) and the regional, national and European policy makers. Last but not least, the sustainability and exploitation of the proposed training schemes and courses will be analysed. The project is governed by an Overall and Administration Coordination scheme, supported by a Scientific and Innovation Coordination one and – furthermore – an Education and Training Coordination scheme due to the specificity of the project. Quality Assurance, Ethics, Equity and Gender issues are specifically covered in a horizontal manner across the project. An Advisory Board (of 6 highly renowned experts from Europe, USA, Australia and China) and a stakeholders' Reference Group further support the internationalization and replication/multiplication nature of project results.

SKILLFUL will identify the needs and requirements for the addressed user groups at an early stage of the project (WP1 and WP2). Given the nature of the project, there are many user groups to be looked at, ranging from low to high skilled workers, across transportation modes and for multimodal chains and for all levels/types of works (blue collar, white collar, managers, operators, researchers, etc.).

The following categorisation will be adopted within SKILLFUL:

- Low-skilled workers: Most low-skilled workers require the so-called new basic skills. Workers in low-skilled jobs are expected to act appropriately at work and to perceive instructions from others correctly. Many low-skilled jobs also require physical abilities and mechanical skills, especially in the transportation field (i.e. loaders at ports, ticket collectors, truck drivers, road infrastructure maintenance personnel, etc.). In fact, some low-skilled jobs require physical and mechanical skills at higher levels than other jobs (Maxwell, 2006).
- Middle skilled workers: The term "middle skills" is being used to describe a wide range of jobs that do not require college degrees but can offer attractive careers to people with high school diplomas and sometimes additional skills training (Burleton, 2013). In the transportation sector, some representative examples of middle-skilled workers are train drivers, aircraft maintenance personnel, traffic management centre operators, etc.

- High-skilled workers: In the group of high-skilled workers are mainly employees who carry out tasks that require at least a University education and training and beyond. It usually refers to positions of managers and scientists or high level technical positions, such as air traffic controllers, engineers, etc. In general, the definition used for a highly-skilled worker is mainly on the basis of level of salary, educational qualifications and/or specific sectors or occupations (EMN, 2007).

3. CONTRIBUTION OF UNIVERSITY OF ŽILINA

University of Žilina (UNIZA) is the only consortium member from new EU member countries (countries that are EU members after 2004). UNIZA is traditionally oriented to the Transport sector in the education and research activities. Current academic year is the 65th in the university history. UNIZA, earlier known as VŠD or VŠDS (College of Transport, College of Transport and Communications), was founded as the HEI for the Transport sector in the former Czechoslovakia. Before 1989, the traditional partners were colleges of transport and transport engineering and transport science faculties in Dresden, Warsaw, Gyor, Belgrade, Moscow and Leningrad. Currently, UNIZA is Europewide accepted partner in the Transport sector. UNIZA owns and operates plenty of transport research facilities, laboratories, equipment for in-situ tests, simulators, IT equipment; software, hardware, etc. Among others laboratory and simulators for air traffic operations, simulator for piloting, airplanes, railway transport laboratory, mobile laboratory for localization services, simulator for tunnel operation management, Technical equipment for modelling dynamics of situation: driver/car/traffic situation/control station, etc.

Researchers from three departments from three faculties of UNIZA are involved in the SKILLFUL project:

- Department of railway transport – Faculty of Operation and Economy of Transport and Communications
- Department of Geodesy – Faculty of Civil Engineering
- Department of Mathematical Methods and Operations Research – Faculty of Management Science and Informatics

Interdisciplinary research team of UNIZA takes part in several project activities. We can mention for example creating of new curricula and training courses. UNIZA offered to prepare three different courses concerning the decision support systems for rail infrastructure managers and train drivers and one training course on road infrastructure monitoring and maintenance focused on tunnel safety. UNIZA will participate in Pilots sites too, in frame of interdisciplinary thematic courses for middle and high-skilled workers of administrative, operational and traffic department of different transport operators.

4. CONCLUSION

A skilled workforce is a key element and benefit for the development of a competitive, sustainable and innovative European economy (EU Council, 2010). The transport area is one of the most important ones for the European economy and it is characterized by a great diversity and different transport modes that come with different technologies, regulations, challenges, know-how and skills requirements. Thus, different challenges need to be met for the Transportation sector through, namely through the issue of proper and continuous training

for transport professionals, the creation of a properly skilled workforce to all occupational levels, depending on the needs and requirements of each and the enhancement and development of flexicurity. These are among the objectives of SKILLFUL, tackled by a Consortium, as well as an additional group of experts (i.e. Advisory Board and Stakeholders Reference Group) that have the experience and expertise to provide significant input for successfully addressing them.

SKILLFUL is innovative in many respects. Its main innovation can be structured in the following attributes:

- Holistic approach: It covers all transport modes, types of workers, educational levels, training methods and tools, Europewide.
- Business innovation: The definition and analysis of new actor roles, such as "knowledge aggregators", "training certifiers" and "training promoters" may dramatically change the future training provision and become the catalyst for its sustainability.
- Cross sectorial knowledge transfer and interdisciplinarity: Best practises and knowledge transfer in various technologies performed within the project; with the focus on interdisciplinarity in automated maintenance application using extensively IT technologies.
- Pragmatic and sustainable approach: Due emphasis is given to emerging business scenarios, as well as the sustainability of the newly proposed training schemes under real world conditions and during a recession period for several European countries and job clusters. Therefore, cost-efficient training schemes, such as webinars and wide use of ICT tools, are fully considered and proposed to be applied – whenever possible.
- Internationalization: Drawing from relevant international initiatives, such as FOMCRECE (with Central America), UNIRAIL (USA/EC), Transport and Logistics Systems (USA/EC), RECOAUD (with Russia) project results; as well as through an International Advisory Group, the project attempts to address key issues at a global scale and build international consensus rather than confine itself in a regional approach. Specific links to TRA and TRB aim to further promote this approach.
- Modularity: Looking at three time horizons; short-term (to 2020), medium-term (to 2030) and long-term (to 2050), the project sets intermediate targets and modular scenarios; that may easily be adapted/revisited later; in view of future market changes or new technological trends.
- Inclusive and ethical approach: SKILLFUL aims not to leave anyone outside the work environment; promote employability of all current and future workforce through appropriate and individualised training/retraining/lifelong training schemes for all, with due emphasis on low to middle skilled workers, gender issues and other key socioeconomic factors, also considering new employment opportunities for people with disabilities.
- Gender equality and promotion of women workforce: The equal gender balance adopted in and promoted by SKILLFUL schemes will spur the kind of major innovations that will help create a more sustainable sector.
- Pan-European consensus: New educational schemes and job profiles may only be successfully introduced in the European market through appropriate consensus building mechanisms. SKILLFUL Consortium includes 7 stakeholder Associations (of Universities, Research Performers, Operators and SMEs); that together represent about

784 legal entities across the whole of Europe. Furthermore, the project is supported by 14 Letters of Support from individual actors or other Associations and will include many more stakeholders through its Stakeholders Reference Group; thus uniting over 1000 Transport stakeholders of all types in a joint effort to shape the employability of future Transport.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research presented in this paper is conducted within the context of the SKILLFUL project "Skills and competences development of future transportation professionals at all levels", under the Horizon 2020 Work Programme 2016-17 "Smart, green and integrated transport" and specifically the call topic "MG.8.3-2016: Assessing future requirements for skills and jobs across transport modes and systems".

5. REFERENCES

Burleton, D. (2013). Are medium-skilled jobs in Canada experiencing a hollowing out, US-style?. Retrieved from: https://www.td.com/document/PDF/economics/special/AreMediumSkilledJobsInCanadaExperiencingAHollowingOut.pdf.

Council, E. U. (2010). Communication from the commission to the European parliament, the council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. An Agenda for new skills and jobs: A European contribution towards full employment. Strasbourg. Retrieved from:

http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0682:FIN:en:PDF.

European Commission. (2015). Assessing future requirements for skills and jobs across transport modes and systems. Retrieved from https://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/mg-8.3-2016.html.

European Union's reference centre for vocational education and training (Cedefop). (2012). International qualifications report. Retrieved from: http://www.cedefop.europa.eu/en/publications-andresources/publications/4116.

European Migration Network. (2007). Conditions of Entry and Residence of Third Country Highly-Skilled Workers in the EU. Retrieved from:

http://emn.ie/files/p_20100716103748Conditions%20of%20entry%20synthesis%20report.pdf.

FEHRL. (2016). SKILLFUL. Retrieved from http://skillfulproject.eu

Maxwell, N. L. (2006). Low-Skilled Jobs: The Reality behind the Popular Perceptions.

A – IMPORTANCE OF TRANSPORT AND TRAFFIC

SAOBRAĆAJ I NJEGOV ZNAČAJ

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

INFLUENCE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICT) ON TRAVEL CHARACTERISTICS FOR SUSTAINABLE ROAD TRANSPORTATION IN INDIAN CITIES*

Dillip Kumar Das
Department of Civil Engineering, Central University of Technology, Free State, 20 President Brand Street, Bloemfontein, 9300, South Africa, ddas@cut.ac.za

Abstract: *Challenges of sustainable road transportation in Indian cities has led to an argument for change in travel characteristics of people. Use of Information and Communication Technology (ICT) is advocated to prompt such changes and alleviate road transportation challenges in Indian cities. The study examined the influence of the use of ICT on the travel characteristics of households in cities of India that would contribute to sustainable road transportation. Although majority of the researches focused on ICT enabled Intelligent Transportation System for road transportation, recent works are focused on the influence of ICT on socio-economic activities and behavior of people. The study was conducted by using a case study of an ICT enabled Indian city. Data was collected by using a survey research method followed by relevant statistical analyses and development of empirical models. There exists definite linkage between ICT use and travel pattern and travel characteristics. An increase in ICT use in daily socio-economic and travel activities of people will enable significant reduction in trip generation, travel time and travel distance. The study reinforced the discourse that effective ICT use can alleviate road transportation related challenges and contribute to sustainable road transportation.*

Key words: *ICT, Mobility, Sustainable transportation, Travel pattern, Trip generation*

1. INTRODUCTION

Sustainable road transportation in cities across the world is a challenge. It ensues economic losses and exacerbates environmental degradation (Thynell, Mohan and Tiwari, 2010; Tiwari, Cervero, and Schipper, 2011). Indian cities are no exception and are battling with various road transportation linked challenges that include road congestion, road safety, delay and travel time increase, which cause sustainability challenges in road transportation. Besides, such challenges lead to loss in working labour hours hampering economy and causing environmental pollution. In this regard, travel characteristics and travel pattern in terms of trip generation, distance travel, route choice, use of type of vehicles, etc., to perform everyday life of people have significant impact on the sustainability issues of road transportation system. Large and medium cities in the country such as Delhi, Mumbai, Hyderabad, Bengaluru, Chennai, Pune, Ahmadabad etc., to name a few suffer from such challenges. For example, in recent years Delhi has been termed as one of the most congested and polluted cities of the world. The high volume of vehicles- particularly individually driven private vehicles on the roads, which generally use fossil fuels such as diesel, petrol or compressed natural gases (CNG) are observed to be major reasons for such congestion and pollution respectively. To curb such challenges, the Government of Delhi undertook an unprecedented step in the recent past and applied an odd and even formula for use of vehicles (plying of vehicles with odd

**Short or preliminary communication*

registration number on odd number dates and vehicles with even registration numbers on even numbered dates) with an aim at reducing the use of private vehicular travel and pollution in the city on a pilot study (Hindustan Times, 2016). Although, the results of the study were inconclusive, there was an indication that vehicular congestion can be manageable and pollution can be reduced if privately (by individuals) driven vehicles are reduced (www.quora.com, 2016). However, such programmes are amenable to social challenges and unacceptable to certain sections of society. So, arguments have emerged that there is a need for change in travel pattern and travel characteristics of people in the cities, particularly in India. It is advocated that Information and Communication Technology (ICT) can prompt such changes, which consequently can alleviate the road transportation related challenges (Das, 2014; Das and Emuze, 2014; Emuze and Das, 2015). Evidences from European and North American cities, in support of this argument have shown that effective use of ICT and smart mobility can influence travel pattern, travel characteristics, economy, and environment positively and consequently make the cities smart and sustainable (Das and Emuze, 2014; Griffener. et al., 2007; Lombardi, 2011). Literature suggests that concerted efforts have been made to meet the mobility challenges in the cities over the years. Intelligent Transportation System (ITS), which is largely founded on ICT remains pivotal to alleviate transportation related challenges and enhance efficient transportation over the years (Adler and Blue, 1998; Hameri, and Paatela, 2005; Kanninen, 1996; Ng, Barfield, 1995; Thynell, Mohan and Tiwari, 2010). As a result, road safety, reduction in congestion and increase in road capacities have been experienced. However, because of the increase in vehicular travel by use of individually driven private vehicles, it is argued that ITS cannot alone solve the problems of road transportation; and may also exacerbate certain costs, particularly related to the environment (Goldman and Gorham, 2006). Furthermore, a number of empirical studies suggests that travellers make their travel decisions and route choices depending upon numerous criteria that include travel cost, travel time and reliability, traffic safety, track comfort, roadway characteristics, utility, information supply, socio-economic and demographic characteristics, and behavioural considerations (Adler and Blue, 1998; Chen, and Ting, 2007; Hameri, and Paatela, 2005; Kanninen, 1996; Lombardi, 2011; Martínez-Torres Díaz-Fernández, Toral, & Barrero, 2013; Ng, Barfield, 1995; Yang, and Meng, 2001; Yigitcanlar, O'Connor, and Westerman, 2008). However, the most important criterion that influence travel pattern and travel characteristics has been the minimisation of travel time, which rests on the traffic assignment and in effect on the traffic volume (Chen, Chang and Tzeng, 2001; Martínez-Torres Díaz-Fernández, Toral, & Barrero, 2013; Thynell, Mohan and Tiwari, 2010; Weiyu, & Arul, 2014). So, it is contended that while ITS assists in the route selection and minimisation of travel time, the use of ICT in socio-economic activities of people would possibly reduce the need for trip generation as traffic volume is dependent on the need for trip generation (Das, 2014; Emuze and Das, 2015). However, literature suggests that such linkages have not been explored explicitly so far specifically in the context of developing countries like India. Particularly, the linkages between the local accessibility, travel behaviour of people, and ICT use, and consequently their influence on the economy and environment of the city have not been examined, in Indian conditions. Thus, in summery it is observed that

- Sustainable road transportation is a major challenge in cities.
- It causes economic losses and exacerbates environmental degradation.
- ITS has remained pivotal to alleviate transportation related challenges and assists in enhancing efficient transportation.
- With the increase in vehicular travel by use of individually driven private vehicles, it is apprehended that ITS cannot solve the problems of road transportation alone.

- Although travellers make travel decisions and route choices depending upon factors such as travel cost, travel time and reliability, traffic safety, track comfort, roadway characteristics, utility, information supply, socio-economic and demographic characteristics, and behavioral considerations, minimization of travel time, which rests on the traffic assignment and in effect on the traffic volume remains the most important criterion that influence travel pattern and travel characteristics.
- Effective use of ICT can influence travel pattern, travel characteristics, economy, and environment positively.
- The linkages between the local accessibility, travel behavior of people, and ICT use, and consequently their influence on the economy and environment of the city have not been examined.

Therefore, the objective of this study is to examine the influence of the use of ICT on the travel characteristics of households in cities of India that would contribute to sustainable road transportation. In other words, this study examined the influence of the use of ICT on the travel characteristics of households in terms of trip generation, vehicular travel distance because of the trips generated, and reduction in trip generation and travel distance and saving in travel time by using a case study of an ICT enabled major city- Pune in India. It is also hypothesized and tested that use of ICT in everyday socio-economic activities of households will reduce vehicular travel that will contribute to sustainable road transportation in terms of reduction in trip generation, reduction in travel distance and reduction in travel time.

2. METHODS

The study was performed by using a survey research method to collect data and quantitative statistical analyses. A major ICT enabled city named 'Pune' of India was taken as the case study.

2.1. Case study city: Pune, India

Pune city (Pune metropolitan region) is situated between 180 32' North and 730 51' East and is located about 170.00 Kilometres (kms) South-East of Mumbai city by road. It has a population of about 5.0 million (Census, 2011) and spread over about 500 Square Kilometers of land area. The average number of household members ranges between 4.5 in suburban areas and 5.2 for working class families' industrial area to an average of 4.64 (http://www.yourarticlelibrary.com). It is the seventh-largest city and the eighth largest metropolitan economy having highest per capita income in India with the least income disparity. Although, it is well known for its educational facilities and cultural attributes, it has become one of the most industrialized cities particularly in the Western region of the country engaged in glass, sugar, forging, automobile manufacturing, and ICT industries. The availability of adequate basic urban infrastructure facilities including existence of relatively better transport and communication services, presence of skilled manpower and its proximity to Mumbai (regarded as financial capital of India), have in particular helped establishment of a number of domestic and multinational ICT companies, attracted huge investment in this sector and emerged as an ICT hub and one of major ICT enabled cities in the country in recent years. Besides, ICT has a considerable presence and observed to influence socio-economic and everyday activities of people in the city. ICT includes use of internet, web services and smart mobile services in the city. The services are provided by a number of private service

providers through broad band, and wireless services with band width ranging from 2.5 Mbps to 100 Mbps (Gadgets 360, 2017). People can access internet through broad band connections, wireless connections and hotspots as well as through their smart cell phones. Usually the services are provided by different private or corporate service providers and government agencies.

However, the fast growth is creating pressure on the urban infrastructure, particularly in the transportation sector. It is found that currently there is a large need for daily movement in the city and motives of such daily travel include but not limited to travelling to work places (offices, industries, and commercial activities, etc.), educational institutions (travelling to – and pick up and drop off kids in schools and colleges), entertainment, cultural activities, sporting activities, etc. To meet the challenges of daily travel people are resorting to individual driven vehicles such as cars and motor bikes, which have increased the volume of such vehicles and consequent significant generation trips. For example, the vehicle volume has increase 87 times as against the four times increase in population in the city since 1960s. Currently, about 53% of households have motorbikes and 13% have cars in the city and perhaps the city has the highest vehicle ownership in the country (450 vehicles per 1000 people) (Pai, et al, 2014; PMC, 2006). According to vehicle registration in Pune, 88.00% of the total numbers of vehicles are private vehicles, out of which 75.00% are motor cycles. The number of drivers estimated from the survey of this study range from 0 to 4 with an average of 1.8 drivers per household (in the sample households). Under public transportation system Pune has both bus and local train system. However, only about 0.80% vehicles are buses. *Pune Mahanagar Parivahan Mahamandala Limited* (PMPML) (engaged in metropolitan transportation) operates about 1300 buses per day to facilitate local accessibility. Similarly, local trains (EMU) through its two lines connect the suburban and industrial areas in and around the city offering transportation facilities to about 100000 people per day. Besides, the Bus Rapid Transit system known as Rainbow BRT was opened in August 2015. However, it is observed that the transportation system remained as a challenge in the city with regards to capacity, congestion, and safety. For, example, sometimes congestion becomes so acute on certain parts of the day that it might take as much as 3.0 hours to travel a distance of 5 Kilometers (Rangarajan, 2010) by road. These results to increase in travel time and delay and consequently loss of productive labour hours (man hours), which in effect incur loss to the Gross Domestic Product (GDP) based on employee's contributions. Furthermore, the higher need for travel, vehicle use, increase travel time and travel distance cause higher carbon emissions and pollution (Global Sustainable Systems Research Report, 2004). Thus, it is imperative to explore to what extent use of ICT in daily urban and transportation activities of people in the city can reduce the need for vehicular travel, and distance travelled, and change in travel characteristics.

2.2. Data and analysis

A survey research method was used for collecting data. For the purpose, a household survey was conducted. The city is of cosmopolitan in nature, and heterogeneous considering the socio-economic strata. It constitutes but not limited to slum dwellers to industrial work force, working class people, knowledge workers and elite industrialists. About 62% of people are under the age of 30 with a median age of 24. The working population in the city is about 34% (Pai, Gadgil, Mahendra, Vernekar, Rebecca, Chanchani, 2014). Therefore, the sample survey was conducted in six important locations of the city in order to represent the heterogeneity of the city. The household survey was conducted in different wards

(administrative divisions) of six representative sub regions of the city, such as, Pune Municipal Corporation in the South-east, Pimpri – Chinchwad Municipal Corporation in the North-west, Pune Cantonment Board, Kirkee Cantonment Board, Dehuroad Cantonment Board, and Dehu- a census town of the city. The wards for survey in the six sub-regions were selected based on their geographical locations, demographic characteristics, and availability of industrial and other economic activity areas, density, and transportation connectivity so as to represent the heterogeneity of the city. A total of 500 pre- tested questionnaires were administered by using stratified random sampling process of which 459 were retuned (with a 92% response rate). The sample size selected was based on the confidence level of 95% at confidence interval of 5%. The sample size 459 under these conditions is fairly more than the required sample size of 384. Further, the used sample size of 459 provides a confidence interval 4.57% at the worst case scenario of 50% and 95% confidence level indicating the adequacy of the sample. Samples were spread over nine income range categories (varying between <0.005 million USD (<300000 million Indian Rupees (INR) to >0.4 million USD (>2400000 million INR) with increments of 0.005 million USD)) in appropriate proportions ranging between 16.20% for the lowest income level and 2.40% for highest income range with an average of 11.11% and median of 11.00% indicating suitability of the samples. Variables relating to the ICT accessibility, intensity of ICT use, influence of ICT on transportation and socio-economic activities (such as influence of ICT on travel pattern, number of trips, performing jobs through online system, and time saved in travel, etc.), perception of ICT use in future travel pattern and its impact on socio-economic activities are included in the survey questionnaires. Some of the basis and critical questions asked were: what is purpose and duration of your ICT use?; do you use any ICT enabled equipment during travel: Y/ N?; if yes, what kind of equipment you use: GPS/ Mobile phone GPS/ Real time Road signs/ Sms/ any other?; how much time and number of times you use ICT for travel activities?; how much time and at what frequency you use ICT for socio-economic activities?; what are the important activities you conduct by use of ICT currently; what are the activities that should be conducted by use of ICT activities but currently not conducted?; whether you would prefer to work by using ICT from home or place of residence instead of physical travel to work place?; will you use ICT more to perform your socio-economic activities?; will you ICT in your travel activities more and if yes, how?; and how many trips and distance do you save per day if you use ICT to perform activities instead of physical travel or expected to save if ICT is used in future.

Quantitative descriptive statistics analysis and Cronbach's alpha test of the data collected were conducted to observe the reliability of the data. Furthermore, t-test (for $\alpha \leq 0.05$) for 95% confidence level and regression analysis were conducted to observe the interlinkage and relationship among the variables. The analyses were conducted on aggregate basis by considering all income groups.

3. RESULTS

3.1. Level of ICT use and current general travel characteristics in the city

Before the data was analysed and used for interpretation, it was initially checked for its reliability. The high Cronbach α value between income and ICT use, income and number of trips, and income and distance travelled, ICT use and number of trips, ICT use and distance travelled (0.901, 0.904 and 0.848, 0.832, and 0.794 respectively) indicate that the data set was valid and reliable. Regression analysis and significance tests were conducted to establish the

relationship between the various influential variables. However, initially the data was categorized under 9 income categories at equal intervals ranging from 0-300000 INR (0 - 5000 USD) to >2400000 million INR (>40000 USD) per year at a regular interval of 5000 USD.

Table 1 show the level of ICT use and current general travel characteristics of the people of the Pune city according to their income levels. It is revealed that effective ICT use of households' increases with the increase in income. It ranges from 0.75 (45 minutes) hours to 5.4 hours (5 hours 24 minutes) from lowest income to highest income level. Similarly, it is indicated that the number of trips per household increases with income, although average distance travel per trip varies. On an average the number of trips per household in the city is 7.25 trips with average distance travel of 17.95 Kms per trip per day. Also, with the use of ICT the average reduction in trips and distance travelled by households per day envisaged to be 13.33% and 22.59% respectively.

Table 1 Income level, ICT usage and travel characteristics in Pune City

Income range (Million USD)	ICT Usage in hours per day	Number of trips per day per household	Average distance travelled per trip in kms	Reduction in number of trips per day in numbers and in (%)	Reduction in travel distance per trip (kms)	Distance travelled by households per day	Reduction in travel Distance by households per day in kms and in (%)
0-5000	0.75	5.45	8.15	0.11 (2.00)	1.20 (14.72)	43.63	6.55 (15.00)
5000-10000	1.6	6.96	12.20	0.35 (5.00)	2.80 (22.95)	83.48	19.48 (23.33)
10001-15000	2.7	6.92	14.25	0.69 (10.00)	3.42 (24.00)	96.92	23.68 (24.43)
15001-20000	3.1	7.58	18.25	0.91 (12.00)	4.50 (24.65)	136.50	34.13 (25.00)
20001-25000	3.4	7.62	21.75	1.14 (15.00)	4.80 (22.08)	167.54	36.55 (21.82)
25001-30000	3.7	7.17	20.65	1.15 (16.00)	5.20 (25.18)	150.50	37.27 (24.76
30001-35000	4.1	7.83	25.20	1.41 (18.00)	5.30 (21.03)	195.65	41.48 (21.20)
35001-40000	4.8	7.84	22.10	1.57 (20.00)	5.70 (25.79)	172.33	44.65 (25.91)
>40000	5.4	7.92	26.55	1.74 (22.00)	5.90 (22.22)	213.84	46.73 (21.85)
Average	2.54	7.25	17.95	1.01 (13.33)	4.31 (24.01)	136.20	30.78 (22.59)

(The values in brackets are in %)

3.2. Relationship between ICT use and travel characteristics

Significance test (t-test) was conducted to check the relationship between income and ICT usage and various travel characteristics of the city and the T-index values and p values are presented in Table 2. It is revealed that the relationship between income and ICT usage, income and number of trips, income and average distance travelled by households, income

and reduction of trips and income and reduction of distance are significant for $\alpha \leq 0.05$. Similarly, it is also indicated that significant relationships exist between ICT use and number of trips, ICT use and average distance travelled, ICT and reduction in trips and ICT use and reduction of distance (for $\alpha \leq 0.05$). This implies that with increase in ICT use or if effective ICT use is done it would lead to reduction of number of trips and consequent reduction in travel distance by households. Besides, the test results show that number of trips and distance travelled; and reduction in trips and reduction in distances are significantly related, which imply that people generating more trips travel more distance and generation of less trips would lead to reduction in travel distance.

Furthermore, regression analyses and trend analyses were conducted to establish the influence of ICT use on different travel characteristics in the city. It is found that there exist a linear relationship between ICT use and trip generation (Figure 1). The relationship is defined by Equation 1.

$$y1 = 4.548x1 - 1.599 \quad (1)$$

$r^2 = 0.986$

Where y1= reduction in trips (%), x1= ICT use in hours

Figure 1 evidenced that use of ICT varying from 0.75 hours to 5.4 hours in socio-economic and travel activities will reduce trips generation ranging between 2.00% (0.11 trips) and 22.00% (1.74 trips) per day per household. Thus, it is found that increase in use of ICT by households in socio-economic and travel activities will assist in reduction of number trips generation.

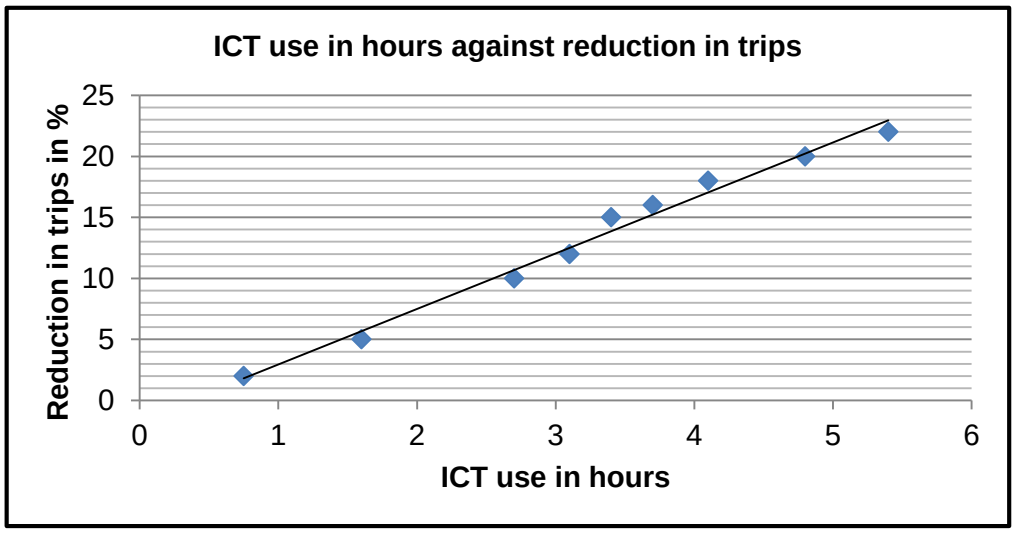


Figure 1. ICT use in hours against reduction in trips in %

Figure 2 established the relationship between ICT use and saving in travel time. It is found that a linear relationship exists between the two, which is depicted by Equation 2.

$$y2 = 0.4382x2 + 0.1722 \quad (2)$$

$r^2 = 0.958$

Where y2= saving in travel time in hours, x2= ICT use in hours

Figure 2 revealed that increase in use of ICT from 45 minutes to 5.4 hours per day assist in saving travel time ranging from 0.32 hours up to 2.33 hours per day per household. This implies that increase in use of ICT by households will lead to reduction in travel time.

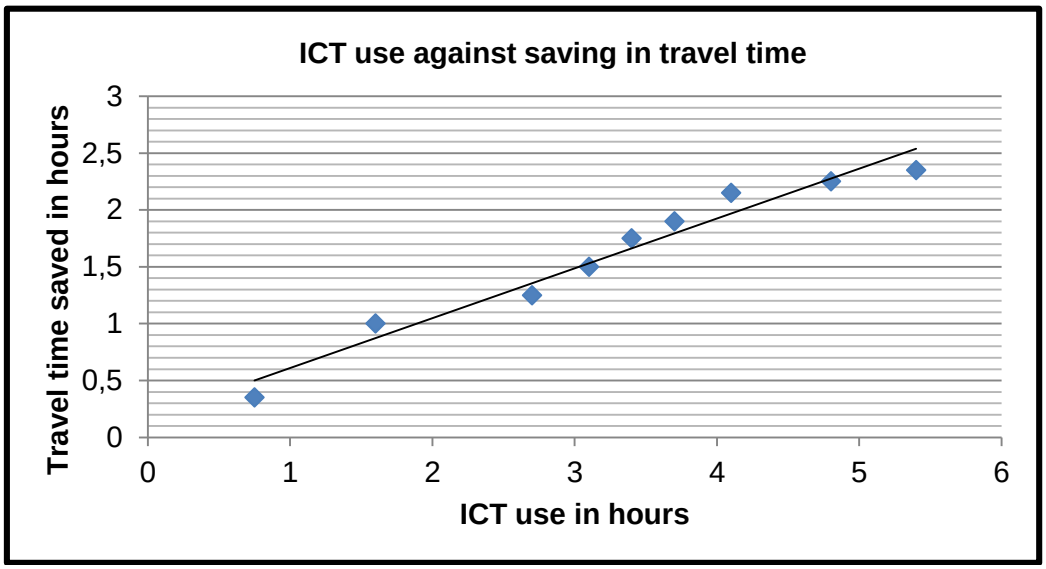


Figure 2. ICT use in hours against saving in travel time

Similarly, Figure 3 established the linear relationship between use of ICT and reduction travel distance per trip. The relationship is given by Equation 3.

$$y3 = 1.0206x3 + 0.9625 \quad (3)$$

r^2 =0.933

Where y3= reduction in travel distance per trip per household in kilometres (kms), x3= ICT use in hours.

It is seen that increase in ICT use from 0.75 hours (45 minutes) to 5.4 hours would lead to reduction in travel distance per trip per household ranging from 1.2 kms (14.72%) to 5.9 kms (25.89%). This indicates that there will be appreciable reduction in travel distance with higher and effective use of ICT by households.

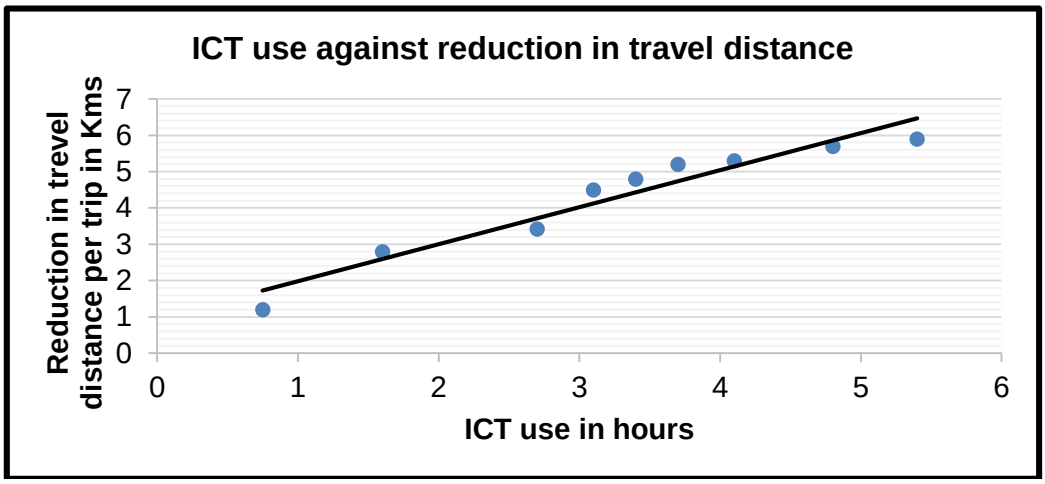


Figure 1c. Intensity of ICT use against saving in travel distance

4. DICUSSION

ICT has been increasingly influencing every aspect of city life in recent years in India. It is also being increasingly used in travel activities of people. ICT has a significant presence in the city which can leverage other socio-economic functions and travel activities of people. Certain information related to travel such as route choice and traffic condition are available through use of ICT, although advanced travel information such as real time travel information, parking lots availability, ticketing, booking, etc. are partially available. Since the augmentation of road infrastructure does not able to solve the road transportation challenges in Indian cities, an argument has been proffered that effective use of ICT in day to day socio-economic and travel activities would able to reduce road transportation challenges in cities of India. Therefore, this study explored the influence of ICT on the travel characteristics of people in a city in India by using Pune city as a case study. The study revealed that a definite linkage between ICT use and travel characteristics such as trip generation, distance travel, reduction in travel time of households exists. The study evidenced that use of ICT varying from 0.75 hours to 5.4 hours per day per household in different socio-economic and travel activities will reduce trips generation ranging between 2.00% (0.11 trips) and 22.00% (1.74 trips) per day per household, and save travel time ranging from 0.32 hours up to 2.33 hours per day per household. Findings also further suggest that an increase in use of ICT will reduce the travel distance significantly ranging from 1.2 kms (14.72%) to 5.9 kms (25.89%). This implies that higher use of ICT to perform socio-economic and travel activities can reduce number of trips, travel distance and save in travel time. Thus, ICT use has a significant influence on the travel characteristics of the people in the city. However, the study has certain limitations. It is based on primary data and limited sample survey of an ICT enabled city. The study was also conducted by considering reduction of trips across all income groups on aggregate basis because of the nature of data collected. Besides, there are other underlying factors such as life style, activity patterns, choice of people, location, affordability, quality of ICT infrastructure, etc. may also influence the use of ICT and travel pattern of people. Therefore, the findings could be partial and context specific (particular Indian cities) and need further study with the inclusion of such factors as well as critical examination of detailed statistical data is necessary

to generalize the findings. Besides, it is also noted that reduction of trips within one income group as against across all income groups separately will be one of the future scope of research.

However, despite the limitations, the study showed that effective ICT use can assist in significant reduction in trip generation and travel distance, and save travel time, which consequently can contribute to sustainable road transportation in Indian cities. In other words, if people use ICT in socio-economic activities, then there will reduction in unwarranted travel requirement, unless it is reasonably essential. Besides, use of ICT in travel needs will assist in optimal planning and management of trips and in consequent reduction of travel distance and delay. Therefore, there is a necessity to strengthen ICT infrastructure in cities and people should be encouraged for higher use of ICT in their daily socio-economic and travel activities to change the travel characteristics and travel pattern which will alleviate the road transportation related challenges.

5. CONCLUSION

The challenges of sustainable road transportation, specifically in cities of developing such as India warranted investigation to find plausible policy interventions to attain sustainability. Change in travel characteristics and travel pattern of people are envisaged to be essential elements that would assist in meeting the challenge. In this regard use of ICT has been argued to pivotal to engender the change. The findings of the study established the hypothesis proposed that use of ICT in everyday socio-economic activities of households will assist in reduction in trip generation (reduce vehicular travel), reduction in travel distance and reduction in travel time which in consequence will contribute to sustainable road transportation. Thus, there is a need for strengthening ICT infrastructure and people should be encouraged to use ICT in their socio-economic and travel activities effectively so as to avoid unwarranted travel. However, the conclusions are partial and confined to the case study city only as well as aggregate analysis across all income groups and therefore needs further investigation to generalize the and proffering for policy interventions.

6. REFERENCES

Adler, J., and Blue, V. (1998). Toward the design of intelligent traveller information system. Transportation Research, Part C, 6(3), 157–172.

Chen, C., and Ting, C. (2007). Combining Lagrangian heuristic and ant colony system to solve the single source capacitate facility location problem. Transportation Research, Part E, 44(6) p.1099–1122.

Chen, T., Chang, H., and Tzeng, G. (2001). Using a weight assessing model to identify route choice criteria and information effects. Transportation Research, Part A, 35(3), 197–224.

Census India. (2011). Population of Pune Metropolitan region, New Delhi, India, http://www.census2011.co.in/census/city/375-pune.html.

Das, D. (2014). Evaluation of Control Parameters for Smart Mobility in the Context of a South African City-A Case of Bloemfontein City. Proceedings of Planning Africa Conference 2014, p.138.

Das, D., Emuze, F. (2014). Smart city perspectives of Bloemfontein, South Africa. Journal of Construction Project Management and Innovation, 4(2), 930-950.

Pai, M., Gadgil, R., Mahendra, A., Vernekar, S., Rebecca, H., Chanchani, R. (2014). Motorized Two Wheelers in Indian Cities, A Case Study of the City of Pune, Working Paper, EMBARQ, India Mumbai., Available online at: http://www.embarqindia.org.

Emuze, F.A., and Das, D. (2015). Regenerative ideas for urban roads in South Africa. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Municipal Engineer, 168 (ME4), 209-219.

Gadgets 360. India's Fastest Broadband Internet Service Providers. http://gadgets.ndtv.com/internet/features/indias-fastest-broadband-internet-service-providers-810697, Accessed on 15 September 2017.

Global Sustainable Systems Research Report, (2004). Pune Vehicle Activity Study, University of California at Riverside, p.1-3

Goldman, T., and Gorham, R. (2006). Sustainable urban transport: four innovative directions. Technology in Society, 28, 261–273.

Giffinger, R., Fertne, C., Kramar, H. et al. (2007). Smart Cities –Ranking of European Medium-Sized Cities. Centre of Regional Science, Vienna University of Technology, Vienna, Austria, Final Project Report, p. 1–25.

Hameri, A., and Paatela, A. (2005). Supply network dynamics as a source of new business. International Journal of Production Economics, 98,41–55.

Hindustan Times. (2016). http://www.hindustantimes.com/delhi/delhi-s-odd-even-plan-genius-or-a-recipe-for-nightmare/story-0rFNFUTEHncNHpWZh2jtTI.html, 01 January 2016.

http://www.yourarticlelibrary.com/essay/family-types-on-the-basis-of-size-of-household-in-india/41330/, Family Types on the basis of Size of Household in India, accessed on 16 June 2017.

Kanninen, B. (1996). Intelligent transportation systems: an economic and environmental policy assessment. Transportation Research, Part A, 30 (1), 1–10.

Lombardi, P. (2011). Managing the green IT agenda. Intelligent Buildings International, 3, 41 - 45.

Martínez-Torres, M. R., Díaz-Fernández, M.C., Toral, S. L, & Barrero, F. J. (2013). Identification of new added value services on intelligent transportation systems. Behaviour & Information Technology, 32(3), 307-320. DOI: 10.1080/0144929X.2010.529942.

Ng, L., Barfield, W., and Mannering, F. (1995). A survey based methodology to determine information requirements for advance traveller information systems. Transportation Research, Part C, 3 (2), 113–127.

PMC. (2006). Pune City Development Plan 2006-2012 under JnNURM.

Rangarajan, A. (2010). BRTS- Bus Rapid Transit System in Pune: Modelling, Simulation and Feasibility Analysis. Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dhaka, Bangladesh, January 9 – 10, 2010.

Thynell, M., Mohan, D., and Tiwari, G. (2010). Sustainable transport and the modernisation of urban transport in Delhi and Stockholm. Cities, 27(6), 421–429.

Tiwari, R., Cervero, R., and Schipper, L (2011). Driving CO2 reduction by integrating transport and urban design strategies. Cities, 28(5), 394–405.

www.quora.com/ (2016). How successful was the Delhi's Odd-even plan?

Weiyu, Zhang., & Arul, Chib. (2014). Internet Studies and Development Discourses: The Cases of China and India. Information Technology for Development, 20(4), 324-338, doi: 10.1080/02681102.2013.796546.

Yang, H., and Meng, Q. (2001). Modelling user adoption of advanced traveller information systems: dynamic evolution and stationary equilibrium. Transportation Research Part A, 35 (10), 895–912.

Yigitcanlar, T., O'Connor, K., and Westerman, C. (2008). The making of knowledge cities: Melbourne's knowledge-based urban development experience. Cities, 25, 63–72. doi: 10.1016/j.cities.01.001.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

AIRLINE BUSINESS MODELS OPTIMIZATION*

Mirko Tatalović[a], Nataša Munitić[b], Jasmin Bajić[c]
[a] *Faculty of Transport and Traffic Sciences, Vukelićeva 4, Zagreb 10000, Croatia, tatalovic.mirko@gmail.com*
[b] *Ministry of the Sea, Transport and Infrastructure, Prisavlje 14, Zagreb 10000, Croatia, natasa.munitic@mmpi.hr*
[c] *Croatia Airlines, Bani 75b Buzin, Zagreb 10010, Croatia, jasmin.bajic@croatiaairlines.hr*

***Abstract**: Implementation of deregulation and liberalisation processes of the air transport industry significantly changed market conditions worldwide. Increased competition in the air transport industry forced airlines to create innovative responding strategy and optimal appropriate business model. Many airlines worldwide emerged, expanded and disappeared over last 35-40 years in all variations of business models - full service network carriers, low cost carriers, holiday/charter carriers, regional carriers, traditional freight carriers, integrators, hybrid carriers or general aviation. Some facts and figures confirming modern trends and challenges are also presented. Consolidation on different air transport markets, achieved results and changing trends of mentioned business models are comprised and analysed in four market segments – Worldwide, Europe, Southeast Europe and Croatia. Sensitive analysis and a new level of vision and intuition followed by variety of basic inputs are necessary to evaluate airline profitability modelling and results. Different key performance indicators in labour, aircraft and fuel productivity metrics, network, customer and revenue management activities, restructuring business programs, implementation of e-commerce and ancillary revenues, improvements of cost structure leading to breakeven sustainability are included in the paper. Optimisation of management and organisational structure in newer generation of the airline business models is following to complete the findings and conclusions.*

***Key words:** Competition, Air Transport, e-Commerce, Cost structure, Optimisation.*

1. INTRODUCTION

Structural and dynamic changes in the air transport market require an innovative and creative management response in terms of efficient adaptation of the airline's business model. Worldwide liberalization and deregulation processes have significantly increased the level of competition, opening up space for new business ideas and solutions. The current processes emphasizing the positive components of particular business models lead to a reduction in the differences between airlines, which will continue in the future. However, adjusting and increasing the airline efficiency should be accompanied by an appropriate regulatory framework that will ensure the prerequisites of a fair market competition. The long-term inferiority of air carriers with a financial position requires significant structural changes in the value chain as a prerequisite for attracting investors to new development cycles and shocks. The statement is valid regardless of the business model that a particular carrier applies because each of them has successful and less successful representatives.

* ***Review paper***

2. AIRLINE BUSINESS MODELS CLASSIFICATION

In order to improve the market strategy airlines are focused on their business model motivated and driven by (Whyte and Lohmann, 2017: 109-110): (1) Necessity to reduce and control the costs of the business; (2) Declining or stagnating yields, leading to reinforcements of revenue management processes; (3) Greater use of modern and new technologies; (4) Increasing the level of competition on the air transport market; (5) Rapid growth of low-cost carriers (LCC) starting from the late 1990's; (6) New restrictive regulation towards inability of national governments to subsidy national airlines...

In principle, a number of business models based on the market characteristics of the business in the aviation market can in principle differentiate the following forms of airline models (Tatalović et al., 2017):

- Full service network or "legacy" / "traditional" carriers (FSNC)
- Low cost carriers
- Regional airlines
- Charter (holiday) airlines
- Cargo airlines.

Authors Whyte and Lohmann (2017: 114) besides above mentioned airline business models emphasizes also in addition hybrid airlines (which adopts characteristics from different models) and specialist airline operators (in case of "public service obligation" or usage of short, unprepared runways). Airline business models have been changing so rapidly dominantly due to three factors: deregulation and liberalization, Internet, and advances in aircraft technologies (Holloway, 2010: 26-28).

Full service network carriers were originally established as state-owned "flag carriers" protected from competition by many different international bilateral agreements. Essential elements of the FSNC model include mixed structure of the fleet, cooperative interlining agreements, network with implementation of "hub and spoke" airport transfer points, relatively complex tariff structure, frequent flyer programs (FFP), lounges on the airports, different service classes and full service, distribution of product by travel agents (Iatrou and Oretti, 2007:202).

Low cost carriers implement a price leadership market strategy based on wide range cost reduction and additional revenue activities. Basic characteristics of the model are individuality, point to point passengers, local and short haul connectivity, only one or two types of aircraft, operations on secondary airports, service and tariff structure very simplified without loyalty program, business class or lounges, internet instead of travel agents… In scientific and professional literature, authors are using also terms: revenue LCC, cost LCC, ultra LCC, hybrid carriers (Mišetić et al., 2017:8)... The scientific research carried out in 2012, on a sample of 20 of the most significant European low-cost carriers, ranked them based on the analysis of key features in four categories (Klophaus et al., 2012: 55): (1) Pure LCC (Ryanair, Wizz Air, Blu Express, bmibaby, Blue Air; (2) Hybrid carrier with dominating LCC characteristics (easyJet, Jet2, Corendon, Transavia, Vueling, Aer Lingus, Wind Jet); (3) Hybrid carrier with dominating full service airline characteristics (Norwegian, Flybe, Germanwings; (4) Full service airline (Air Berlin, Air Baltic, Niki, Meridiana fly, Air Italy).

Regional airlines operate medium density routes using smaller turboprop or jet aircraft with usual capacity of 40 - 100 seats. They can be independent, government owned, wholly

owned subsidiaries or franchises. Strategy is based on geographic niche market improving connectivity and overall social movability of specific region.

Charter airlines operates usually on a demand driven basis mainly focused on touristic transportation. Basic characteristics of the model are allocation of the seat, only one touristic class, high density seat configuration, high passenger load factors, operations even during the night, no network connectivity, distribution of the product via tour operators, frequency of flights pretty rare, no penalties for nonappearance, In the past most charter flights were included in charter packages offered by tour operators, but nowadays many holiday flights are operated as scheduled. **Cargo airlines** provide four different options of air transportation due to modern technology (Morrel, 2011: 73): (1) *Belly hold* cargo capacity on passenger flights (39.5% of total international air freight ton kilometers - FTK) i.e. Lufthansa, cargo flights of combination carriers (44.8% of total FTK) i.e. Lufthansa Cargo, integrators (7.9% of total FTK) i.e. FedEx, UPS, all cargo freighter-only airlines (7,7% of total FTK) i.e. Cargolux.

3. AIRLINE BUSINESS MODELS ACHIEVEMENTS IN PRACTICE

Some 1,400 airlines around the world operate a total fleet of over 26,000 aircraft (ATAG, 2016). Overall performance indicators and within the individual business model achievements are very different. In the period 2000-2016 airline industry generated net profit of 81 billion USD, but achieved net profit margin of only 0.9%. Net profit per departing passenger was only 1,89 USD equivalent to the price of one cup of coffee or one coca cola (Mišetić et al., 2017a). In the year 2001 airline industry passenger load factor was 69% reaching by the end of 2016 over 80%. At the same period huge oscillations of the net results were recorded (net losses -28 billion USD in 2008 vs. net profit +35 billion USD). Achieved results are affected by the huge financial state aid support (Europe 1991-2005 19,4 billion USD and USA 2001 15 billion USD) (Tatalović et al., 2017). Financial ratings of leading airlines worldwide are shown in Table 1 (Air Finance Journal, 2016: 36).

Table 1. Selected airline financial ratings on the 21st August 2016

Airline	Fitch	Moody's	S&P
British Airways	BB+ (pos)	Baa3 (stable)	BB (pos)
easyJet	-	Baa1 (stable)	BBB+ (stable)
Lufthansa Group	-	Ba1 (pos)	BBB- (stable)
Ryanair	BBB+ (stable)	-	BBB+ (stable)
SAS	-	B (stable)	B2 (stable)
Air Canada	B+ (pos)	B1 (stable)	B+ (pos)
Alaska Airlines	BBB- (watch)	-	BBB- (watch neg)
American Airlines	BB- (stable)	Ba3 (stable)	BB- (stable)
Delta Airlines	BBB- (stable)	Baa3 (stable)	BB+ (stable)
JetBlue Airways	BB- (stable)	Ba3 (stable)	BB- (stable)
Southwest Airlines	BBB+ (stable)	Baa1 (pos)	BBB (stable)
United Continental Holdings	BB- (pos)	Ba3 (pos)	BB- (pos)
GOL	CC	Caa3 (neg)	CCC (neg)
LATAM Airlines Group	B+ (neg)	B1 (stable)	BB- (neg)
Qantas	-	Baa3 (stable)	BBB- (stable)

Ryanair is world's highest rated airline with BBB+ (stable). These ratings provide direct access to competitive capital markets funding which is very important from the point of view

of financing future aircraft acquisitions. Carrier is also leading worldwide in terms of labor productivity and punctuality (Ryanair, 2017).

Following United States Department of Transportation (US DOT, 2012) data, the accumulated net losses of traditional network operators in the United States for the period 2001 to 2011 amounted to -60.7 billion USD. At the same time, Low Cargo Carriers (LCC) accumulated a net profit of USD 2.9 billion. According to financial results of leading 30 LCC in the period 2007-2014 overall net profit of 17.6 billion USD was recorded, and only one year (2008) with negative financial score (Tatalović et al., 2017: 97). But it should be emphasized that in the same period 66 LCC from sample of 255 LCC were negative. Besides document *"List of LCCs based on ICAO definition as of October 24th, 2014"*, total of 220 low-cost carriers were registered, of which half (111) reported business problems: bankruptcy, acquisition, integration, merger, rebranding (www.icao.int/sustainability/Documents/LCC-List.pdf, 24.03.2016). The appearance and requirements of LCC model have also developed a new concept for the construction of low-cost airport terminals. Marseille LCC MP2 airport terminal was built for a capacity of 3.7 million passengers and the value of the investment was 16.4 million EUR (Graham et al., 2008: 187-188). For comparison Zagreb airport terminal project comprises a total investment of 331 million EUR for a capacity of five million passengers annually (World Bank Group and European Investment Bank, 2017). Autor de Neufville (2014: 191) in his scientific researches develop different passenger terminal types solutions adjusted to dominant airline business model Table 2.

Table 2. Decision analysis for hypothetical first stage of airport development

Terminal type (Build which terminal?)	Dominant airlines	Revenues (NPV €M)	Expected value (EV €M)
Standard - Cost =1,200 €M	Traditional	1,200	-450
	Low-cost	300	
All low cost - Cost =200 €M	Traditional	150	-25
	Low-cost	300	
Flexible mixed - Cost = 700 €M	Traditional	1,000	50
	Low-cost	500	

Charter airline business model is characterized by seasonal traffic demand. Considering increasing competition of low-cost carriers, the economics of airline charter transport is threatened. Even traditional scheduled carriers are reducing charter share in total traffic results. In accordance with mentioned trends two charter carriers from Croatia (Air Adriatic and Dubrovnik Airline) went bankruptcy (Tatalović et al., 2017).

To understand the economics of cargo airlines is a crucial cost allocation methodology. If the principle of volume capacity is applied, the profitability calculation of cargo transportation is positive. An identical calculation using the full weighting principle of cost allocation, is leading to loss on a same flight. It should be emphasized that the freight yield is gradually declining, which is evident from the Association of European Airlines (AEA, 2015 95) member's reports (Figure 1).

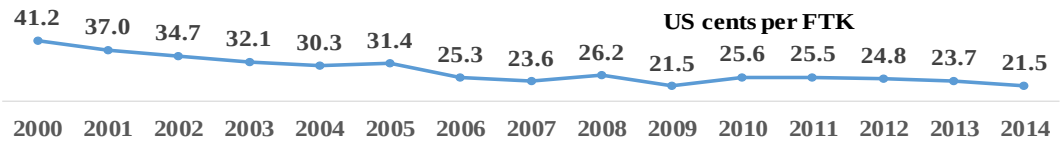


Figure 1. AEA member's real freight yield in the period 2000 - 2014

Summarizing the financial statements in the period from 2003 to 2010, cargo airline operators achieved an operating margin of +5.2 percent but a negative net margin of one percent (Morrell, 2013: 11). The exception is the leading world cargo integrator FedEx, which in the period 2007-2014 recorded net profit of 6 billion USD (Tatalović et al., 2017: 100).

Concerning the implementation of airline e-Commerce efficiency specific metrics for benchmarking technique was developed. The Digital Airline Score (DAS) provided during spring 2015 on sample of 35 airlines worldwide resulted with following ranking (Hanke, 2016: 556):

- DAS 40-79 TAME (Equador), TAAG (Angola), Air Greenland, Philippine Airlines;
- DAS 80-99 Air India, ANA, Air China, Air Berlin, GOL, Aeromexico, Egypt Air...
- DAS 100-119 United, British Airways, Air New Zealand, Emirates, Singapore, Airlines, Quantas, Air France, Lufthansa...
- DAS 120-160 American Airlines, Delta, KLM, JetBlue, easyJet.

E-Commerce significantly contributes to importance of airline ancillary revenue level. Ancillary revenue statistics for the period 2010-2016 is shown in Figure 2 (IdeaWorksCompany, 2016a). Analyzing the results average annual growth rate of 20 percent was achieved, which is much more successful compared to average annual growth rate of airline revenues for the same period (3.7 percent). From this fact is obvious that the growth of ancillary revenues significantly contributes to overall profitability performance of specific airline business model.

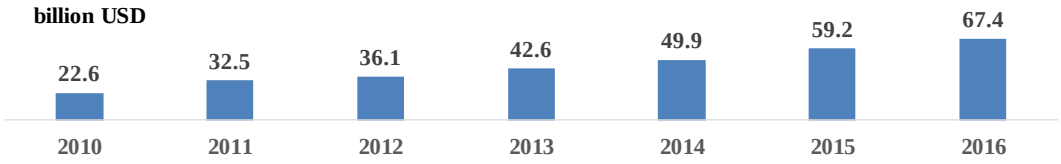


Figure 2. Worldwide Airline Estimated Ancillary Revenue

Top ten carriers worldwide achieved more than billion USD of ancillary revenue leading by United (6.2 billion USD) followed by American (4.7 billion USD) and Delta (3.8 million USD). Using criteria ancillary revenue as a percent of total revenue leading airlines are LCCs Spirit (43.4 percent), Allegiant (37.6 percent) and Wizz Air with share of 36.4 percent (IdeaWorksCompany, 2016b).

Improving organizational performance of airlines implies the continuity of appropriate organizational structure adaptation. In the airline industry strike of employees is reality, and appropriate efforts must be made to minimize the negative consequences for the company. It is also important to continuously stimulate education and training processes all categories of employees. The application of modern mathematical optimization models of human resource management is increasingly present and achieves better results. Expanding the number and structure of employees in airlines that have multiple knowledge and skills is also one of the winning formulas for successful business model (Mišetić et al., 2017a: 13).

The **European civil aviation market** is highly developed, since 181 European airlines is operating on the 580 airports carrying 530 million passengers (Tatalović et al., 2012: 103). It is an opportunity for industry and consumers, especially because Europe is a leading worldwide tourism region. At the same time, high-speed trains and modern highways

increasingly compete with air transport in Europe. During the 2015 the capacity share on the European market changed in favor of LCC reaching 36%. In the year 2003 the structure of market share was completely different i.e. 71% FSNC, 12% LCC, 8% charter and 9% regional carriers (Škurla Babić et al., 2017: 100). European airline industry saw relatively successful 2015/2016 business years both with net profit of 7.5 billion USD, which is approximately 8 (eight) USD per passenger. But, at the same time achieved EBIT margin (5.4-5.7 percent) was lower compare to world average (8.3 percent) and specially compared to North America with more than 14 percent (IATA, 2016). It is obvious that fragmented European air transport market needs further improvements (Mišetić et al., 2017b). In addition to this, according to AEA research, around 600 airlines have been bankrupt in Europe since the beginning of this century until 2010, while 500 new ones started operations in the European market (including the Russian Federation). Within the aforementioned data, the biggest exit from the air transport market (over 50 percent) is recorded by low-cost carriers (Tatalović et al., 2012: 605-606).

Southeast Europe (SEE) air transport market usually includes eleven countries from Slovenia to Moldova and Albania without Greece and Turkey. Researches by authors Steiner et.al (2010: 536) and Bajić et al. (2016: 269) made conclusions that SEE air transport market is undeveloped with weak connections within the region and increasing competition on the main traffic directions with stable demand. Dynamic financial achievements for six dominant airlines in the SEE region (Adria Airways, Air Serbia /JAT, Bulgaria Air, Croatia Airlines, Montenegro Airlines and Tarom) is showing very negative overall net losses level of over 1.2 billion USD in the period 2008-2015. In addition, it could be remarked also the BH Airlines net losses of -60.7 million USD in the period 2008-2011. One of the explanations for losses is high increase of competition in the region due to appearance of LCC. Overall, 15 low-cost carriers are serving 78 airports in the SEE region and leading airports in that sense are Dubrovnik and Split followed by Bucharest and Pula (Bajić et al., 2016: 264). Low-cost carriers penetration example is also airport Tuzla (Wizzair) with extremely high (194 percent) annual average growth rate of passenger traffic in the period 2012 – 2016 reaching the traffic of 311,398 passengers (www.tuzla-airport.ba, 10.05.2017). Besides, fragmented SEE air transport market, lower aircraft and labor productivity level together with modest e-Commerce and ancillary revenue achievements are also responsible for negative overall financial results.

Specific important items affecting **Croatia air transport market** are: seasonality, high level of competition, relatively low living standard in Croatia, high interest burden, demand is generated by foreigners... In order to maintain appropriate scheduled air services on routes which are vital for the economic development of the region Croatia implemented public service obligation model according to the European Union legislation. Croatia Airlines implemented a restructuring program according the state aid rules of European Union. Compensation and self-contribution measures are in line with EU competition, restructuring and state aid rules (Croatian Official Gazette 105/2013). The implementation of restructuring measures and network strategy improvement generated a positive financial result in the period 2013 – 2016 (Mišetić et al. 2017b).

4. AIRLINE BUSINESS MODELS TRENDS

The challenges posed to the airline management in terms of optimizing the business model are obviously becoming more pronounced. This is evident from examples of comparative adaptation of operating and service factors of airline operations in the past and in the latest conditions of the business environment (Flouris and Oswald, 2006: 40-41).

Table 3. Dynamic adaptation of airline operational and service factors

Item	OLD	NEW
Fleet	Wide breadth of fleet.	Consolidated fleet adapted to the business model.
Seating Configuration	Three levels: first class, business class and economy class.	Customized variants, from *all-economy* to *full-service.*
Revenue Management	Complicated with many rules.	More easily manageable and flexible.
Airports	Customers flew to the airport closest to the city center.	Transport to an airport that is more convenient for passengers and airline.
Meals	For all passengers.	No meal service in economy class.
First Class Service	Bigger, more comfortable seats.	Much better quality seat-beds and a wide range of additional benefits
Ticketing and Interlining	Agreed IATA paper documents.	E-tickets

The future of low-cost carriers looks promising but the line between a LCC and a legacy carrier is blurring (Vasigh et al., 2013: 396). Traditional carriers have also attempted to reduce their cost structure by retiring older aircraft, receiving labor concessions, and reconfiguring aircraft seating layouts. In general, however, the legacy carriers' response to LCC has largely been ineffective and many carriers have attempted to avoid LCC by focusing on international flying. In figure 3 reducing the difference between airline business models is shown (Tatalović et al., 2017: 98).

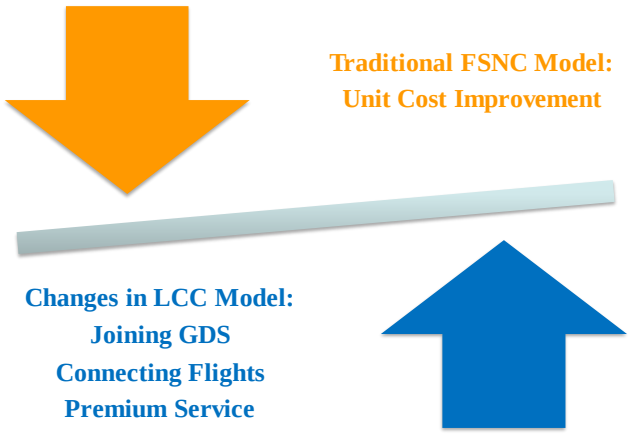


Figure 3. Reducing the cost structure difference of LCC and FSNC business models

Authors Gross and Lück (2013: 225) in context of continuous airline unit cost improvement emphasized trending and volatile costs of fuel, which will remain significant risk factor for the airline sector.

At the same time long haul low-cost becomes more mainstream as full service airlines gradually embrace new business models. Longest routes for each long haul low cost operator are Norwegian (10,841 km), LEVEL (10,459 km), French Blue (9,386 km), Eurowings (9,063 km), Scoot (9,042 km), Jetstar Airways (8,871 km), Beijing Capital (8,648 km), Air Canada rouge (8,122 km). Next problem with the airline business model trends is that, rather than being in a state of stable or even unstable equilibrium it appears to be in chronic disequilibrium primarily due to the interplay of two factors: (1) strong, inherent and unstoppable tendency for the provision of too much capacity; (2) ailing and bankrupt airlines,

like elephants, take a long time to die. In fact, unlike elephants, some, no matter how ill, never seem to die (Doganis, 2010: 320).

One final thought of author Taneja (2016: 193): *Could an airline deploy disruptive technology, coupled with a willingness to "think in a new box" to develop and implement a "quantum strategy" high quality product or service achieved with a lean cost structure for which good example is Singapore Airlines*.

Future trends of airline business model will be influenced with fast technology improvements particularly mobile as a driver of their strategies (Uber, Airbnb). Balance can be achieved between the value provided by an optimized business model and the value received from its customers. The way forward is customer centricity and personalization. Branding and business strategies should be integrated to build strong brands. The role of loyalty is also changing and improving (Taneja, 2016: 194-195).

5. CONCLUSION

Airline business model optimization is never ending story following dynamic changes and challenges on the market. The expansion of low-cost carriers also forced traditional airlines to an appropriate response of reducing unit costs to enhance their competitive position and survive on the aviation market. A large number of companies perform this process successfully, and the reaction is mutually complementary, so the unit cost levels are increasingly approaching each other. There are more and more airlines in which a combination of characteristics of one and the other business model is present, and it is not easy to group them into a specific category. New reality is appearance of long haul low-cost carriers which will find their niche and add to the competition pressure on traditional long haul airline operators. Analysis of airline competition indicates that the airline restructuring processes should be continued toward improvement the efficiency of the business model as a necessary precondition for sustainable business in the future.

6. REFERENCES

AEA. (2015). S.T.A.R. Collection, Bruxeless: Association of European Airlines.

Airfinance Journal. (2016). September, Issue 389, London: Euromoney Institutional Investor PLC.

ATAG. (2016). *Aviation Benefits Beyond Borders*. Geneve: Air Transport Action Group.

Bajić, J., Mišetić, I., Tatalović, M. (2016). Southeast Europe Air Transport in the Light of Global Market Changes - Challenges for Croatia. In book (ed. Kandžija, V., Kumar, A.), *Economic Integrations, Competition and Cooperation*. Nice: CEMAFI International. 249-273.

Croatian Official Gazette. (2013). 105/2013.

De Neufville, R., (2014). Low-Cost Airports for Low-Cost Airlines: Flexible Design to Manage the Risks. In book Budd, L & Ison, S. (editors) *Low Cost Carriers*. Farnham: Ashgate.

Doganis, R. (2010). *Flying off Course - Airline economics and marketing*. Abingdon: Routledge.

Flouris, T. G. & Oswald, S. L. (2006). *Designing and Executing Strategy in Aviation Management.* Aldershot: Ashgate.

Graham, A., Papatheodorou, A., & Forsythet, P. (2008). *Aviation and Tourism Implications for Leisure Travel*. Aldershot: Ashgate.

Gross, S. & Lück, M. (2013). *The Low Carrier Worldwide*. Farnham: Ashgate.

Henke, M. 2016. *Airline e-Commerce Log on Take off.* Abingdon: Routledge.

Holloway, S. (2010). *Straight and Level – Practical Airline Economics*. Farnham: Ashgate.

Iatrou, K. & Oretti, M. (2007). *Airline Choices for the Future*. Aldershot: Ashgate.

IATA. (2016) Industry Economic Performance, http://www.iata.org/publications/economics /Pages/industry-performance.aspx, 10.01.2017.

IdeaWorksCompany. (2016a) 2015 Top 10 Ancillary Revenue Rankings. www.ideaworkscompany.com 17.01.2017.

IdeaWorksCompany. (2016b). Press-Release-115-GlobalEstimate. www.ideaworkscompany.com 17.01.2017.

Klophaus, R., Conrady, R. & Fichert, F. (2012) Low cost carriers going hybrid: Evidence from Europe, *Journal of Air Transport Management* 23, 54-58.

Mišetić, I., Bajić, J. & Tatalović, M. (2017a). Dynamic Approach to Improvement of Airline Organizational Performances. *Suvremeni promet* Vol. 37, No 1-2, 7-14.

Mišetić, I., Bajić, J. & Tatalović, M. (2017b). Evolution of Airline Profitability Modeling. *Economic Integrations: Theory, Cooperation and Perspectives Integrations reforms and business challenges*, Libertas International University, Zagreb.

Morrell, P. S. (2011). *Moving Boxes by Air*. Farnham: Ashgate.

Morrell, P. S. (2013). *Airline Finance*. Farnham: Ashgate.

Ryanair (2017), Fleet, https://corporate.ryanair.com/about-us/our-fleet/, 30.01.2017.

Steiner, S., Tatalovic, M. & Bajic, J. (2010). Competition and Cooperation on European Southeast Air Transport Market. In book Kandžija, V. & Kumar, A. (editors) *Economic integrations, competition and cooperation*, Research monograph. Rijeka: University of Rijeka, Faculty of Economics. 534-552.

Škurla Babić, R., Tatalović, M. & Bajić, J. (2017). Air Transport Competition Challenges. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 7(2), 144-163.

Taneja, N. K. (2016). *Designing Future – Oriented Airline Business*, Abingdon: Routledge.

Tatalović, M., Mišetić, I. & Bajić, J. (2012). *Airline Management (in Croatian: Menadžment zrakoplovne kompanije)*. Zagreb: Mate d.o.o.

Tatalović, M., Mišetić, I. & Bajić, J. (2017). *Air Transport Planning* (in Croatian: *Planiranje zračnog prijevoza*). Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences.

U.S. DOT – Department of Transportation, (2012.), Aviation Industry Performance: A Review of the Aviation Industry, 2008–2011, Controlled Correspondence No. 2012-029, www.oig.dot.gov 26.03.2014.

Vasigh, B., Fleming, K. & Tacker, T. (2013). *Introduction to air transport economics: from theory to applications.* Farnham: Ashgate.

Whyte, R & Lohmann, G. (2017). Airline Business Models. In book Budd, L. & Ison, S. (editors) Air Transport Management: An International Perspective. Abingdon: Routledge.

World Bank Group and European Investment Bank, 2017 *Croatia: Zagreb International Airport* Multilateral Development Banks' Collaboration: Infrastructure Investment Project Briefs.

www.icao.int/sustainability/Documents/LCC-List.pdf, 24.03.2016.

www.tuzla-airport.ba, 10.05.2017.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

FACING THE AIR POLLUTION PROBLEM IN MACEDONIA: REDUCTION AND MITIGATION MEASURES*

Beti Angelevska, Vaska Atanasova, Vasko Stojanovski
University "St. Kliment Ohridski", Faculty of technical sciences, Makedonska falanga 33, 7000 Bitola, Macedonia, beti.angelevska@tfb.uklo.edu.mk, vaska.atanasova@tfb.uklo.edu.mk, vasko.stojanovski@tfb.uklo.edu.mk

***Abstract**: In recent years, air pollution in Macedonia is very acute problem. Apart of industry and energy production, significant contribution to the increase of the concentration of pollutants with harmful effect on the health, ecosystems and materials has intensiveness of oil production and its use in the road transport (MOEPP, 2015). Concentrations of main air pollutants – suspended particles and nitrogen dioxide are continuously exceeding the limit values in all monitoring stations for the whole analyzed period (2005-2015). The national annual reports, elaborating the air pollution problem and its consequences, don't comprise a comprehensive and categorized list of measures with a potential to reduce or mitigate the contribution of different air pollution sources, between them road transport. Hence, the core of this paper is through analysis of air pollution from road transport, to present and categorize a wide range of short-to-long term measures aimed to improve air quality by reducing and mitigating the impact from road transport.*

***Key words:** road transport, measures, categorization, suspended particles, nitrogen dioxide*

1. INTRODUCTION

Urban air pollution from mobile sources is a by-product of the production of urban transport services. Although those services are essential for the economic health of a city and for the welfare of all its inhabitants (Gwilliam et al., 2004) at the same time they contribute for harmful environmental impacts.

Air pollution is a cause for serious concerns in urban areas in Macedonia. Limit values for air quality, especially those for suspended particles, defined in order to protect health, are significantly exceeded. The situation is most serious in the biggest urban centers in Macedonia, like Skopje, Tetovo, Bitola (MOEPP, 2017). Several sources and reasons for these problems with air quality have been identified, but they may differ not only in one urban area, but also between several urban areas. Generally, it may be pointed out that apart of the industry, energy production and households heating with wood during the winters, road transport is also a significant source of air pollution in urban areas. The contribution of road transport to air pollution comes from the high traffic intensity and also from older vehicle fleet and inappropriate maintenance of the vehicles (MOEPP, 2017).

In this paper, a review and categorization of measures proposed for protection of urban air quality is presented. Before defining these reduction and mitigation measures, categorized from short-to-long term, an analysis was needed to be done to stress out the extent of air pollution problem in urban areas and factors that contribute road transport to be one of the main pollution sources. For that reason, the trends of pollutant concentrations for the period

**Original scientific paper*

2005-2015 were analyzed, considering only the concentrations of particles and nitrogen oxides, as main pollutants in the air.

2. ROAD TRANSPORT AND AIR POLLUTION IN MACEDONIA

2.1. Vehicle fleet condition

In the transport sector the biggest impact on air pollution have emissions from road transport (MOEPP, 2017). Road transport emissions are highest in urban areas, where dense road network and high vehicle frequency is typical. Road transport contributes for the emissions of nitrogen oxides, suspended particles, carbon monoxide, benzene, heavy metals and other pollutants.

One of the key reasons for road transport air pollution, which is common for most of the urban areas in Macedonia, is old and inappropriately maintained vehicle fleet. At national level, approximately half of the passenger cars and buses are old and belong in the category of high polluting vehicles (MOEPP, 2017). Traffic jams and poorly developed public transport or complete absence of public transport additionally worsens the situation.

Based on the data from the vehicle register (MOEPP, 2017), in 2015 the total number of registered motor vehicles in Macedonia was 436.502 (fig. 1). Passenger vehicles are dominating with 88%, followed by light duty vehicles (8%).

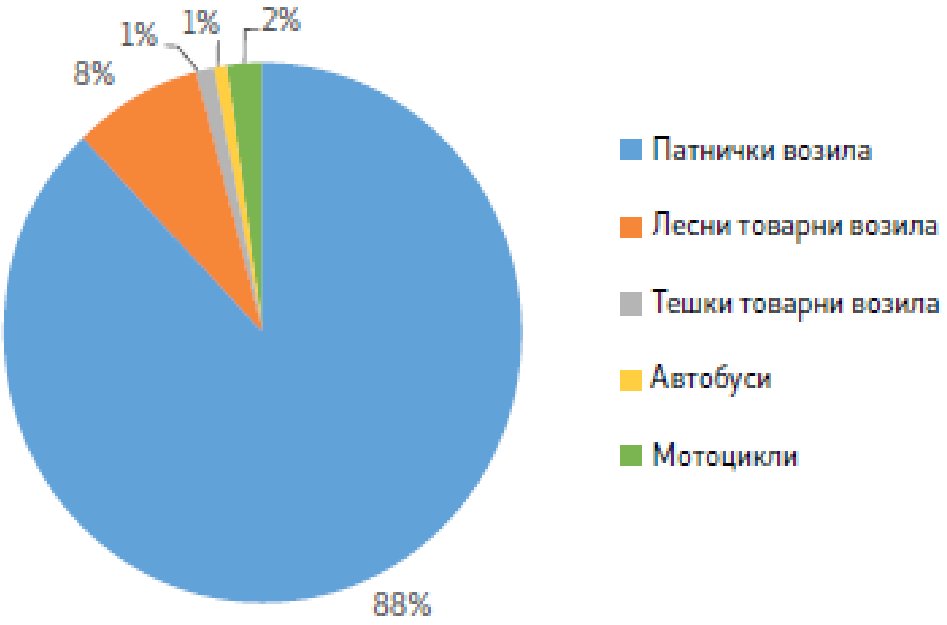


Fig. 1: Participation of different vehicle types in national fleet in 2015

Categorized by age (fig. 2), approximately 60% of the passenger vehicles and half of the buses are still in the classes with high emissions (Euro 0 - Euro 2), while this part at light and heavy duty vehicles is smaller (40% and 20%, respectively) (MOEPP, 2017).

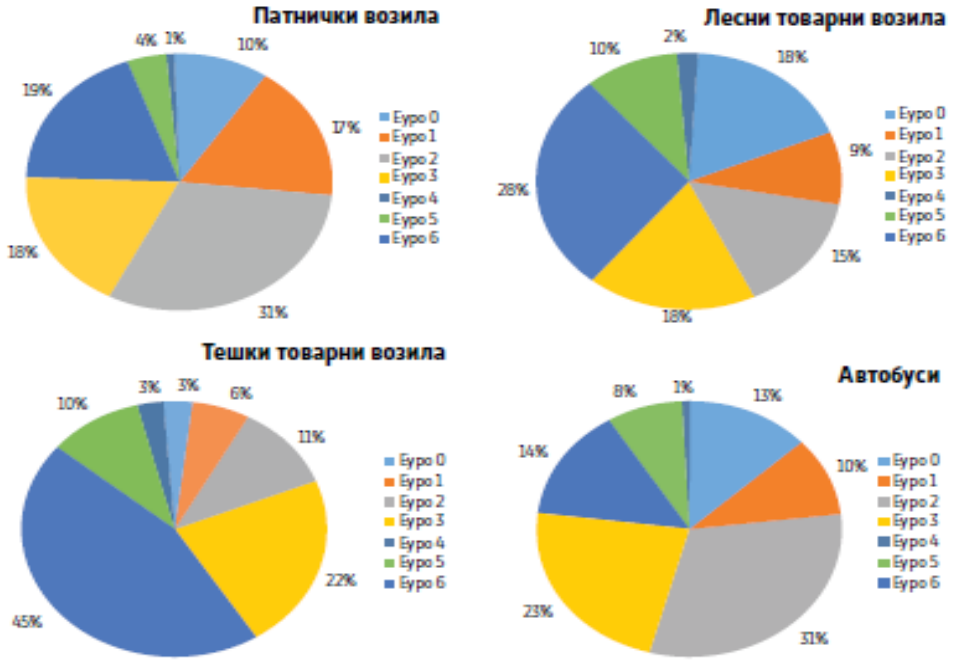


Fig. 2: Participation of registered passenger vehicles, heavy duty vehicles, light duty vehicles and buses, divided according to Euro emission classes, 2015

According to the data from the vehicle registry (MOEPP, 2017), the part of the passenger cars, light duty vehicles and busses belonging to the oldest vehicle category (Euro 0) is still relatively high (10-18%). Belonging to Euro 0, means that these vehicles don't have built-in system for exhaust emission treatment, which makes them a high polluting vehicles.

2.2. Trend of the concentrations of suspended particles (PM_{10} and $PM_{2.5}$) for the period 2005-2015

Pollution caused by suspended particles is at high level and is spread all over the urban areas in the country. The average annual values of PM_{10} exceed the annual limit value (40 $\mu g/m^3$) in all monitoring stations placed in urban areas (except for the monitoring station located in the village Lazaropole), in every year since 2005 (fig. 3).

The highest annual average values of PM_{10} exceeding 120 $\mu g/m^3$ are measured in Tetovo and Skopje (Lisice). It is not possible to make a statistical analysis of the trend because of the data shortage. Still, an assessment could be made that the level of concentrations stays stable in the whole period between 2005 and 2015. It is estimated that the average value of PM_{10} at urban locations is approximately 80 $\mu g/m^3$ (MOEPP, 2017).

Participation of road transport in the total emissions of PM_{10} was around 2% in 2014. In 2014 the main sources for suspended particles (PM_{10}) were heating in the households, industrial processes and energy production, which participated with 36%, 33% and 20% in the primary emissions. The yearly trends of national emission of $PM_{2.5}$ and PM_{10} are similar, because emission sources are mainly the same. The total emissions of PM_{10} in 2014 were 33.000 tones, and total emissions of $PM_{2.5}$ were 22.000 tones (MOEPP, 2017).

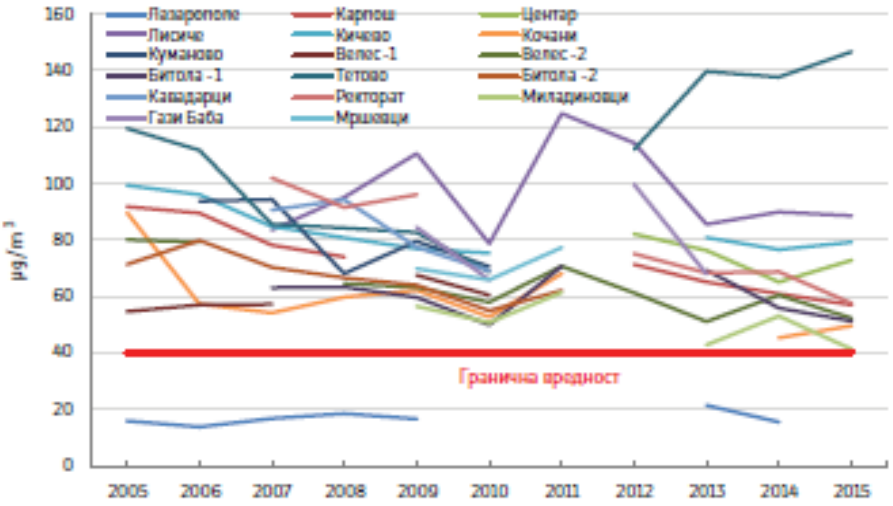


Fig. 3: Average annual values of PM_{10} for the period 2005-2015

The variations of the yearly emissions are mainly caused by the oscillations in industrial production or mild winters, when the need for households heating was decreased (MOEPP, 2017).

Concentrations of PM_{10} in urban areas have shown equal seasonal variations (MOEPP, 2017); concentrations are higher in the period December-January (fig. 4).

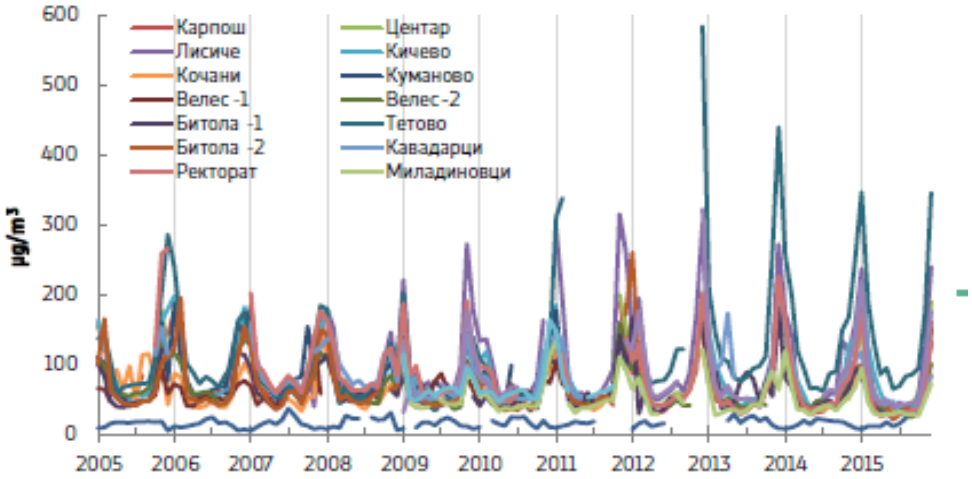


Fig. 4: Average monthly values of PM_{10} for the period 2005-2015

High PM_{10} concentrations during the winter are connected with the higher direct emission (households heating, especially usage of wood), but also with the meteorological conditions which limit dispersion of the emission and alleviate the chemical reactions, creating secondary particle, for example, from the vehicle exhaust emissions (MOEPP, 2017). During the winter months, smog appearance is typical in the towns settled in the valleys.

To summarize: the concentrations of suspended particles are on the high level during the whole analyzed period without significant trend of decrease.

2.3. Trend of the concentrations of nitrogen dioxide (NO_2) for the period 2005-2015

The main sources of NO_2 emission are the high temperature heating processes (heating, energy production and fuel combustion in vehicle engines). The emissions are mainly in the form of NO, which is quickly transformed to NO_2 in the atmosphere.

The main part of the national NO_2 emissions comes from the energy sector (41% in 2014) and road transport (40% in 2014). The total amount of nitrogen oxides emissions in 2014 was around 32.000 tones (MOEPP, 2017).

According to the data from the national emission inventory, nitrogen oxides emissions originating from transport in the past years have stayed at the same level. However, the appraisal of the trends of NO_2 concentrations is a challenge, because of the significant degree of insecurity and small coverage with monitoring data (MOEPP, 2017).

Monitoring of NO_2 concentrations is under serious impact of non regular maintenance and aging of the instruments; as a result, the time series are often without the continuity. In the first several years the yearly limit values of NO_2 were exceeded at all monitoring stations in Skopje and at the monitoring station in Kicevo (fig. 5). The highest concentrations of NO_2 are measured in the center of Skopje, near the frequent roads (MOEPP, 2017).

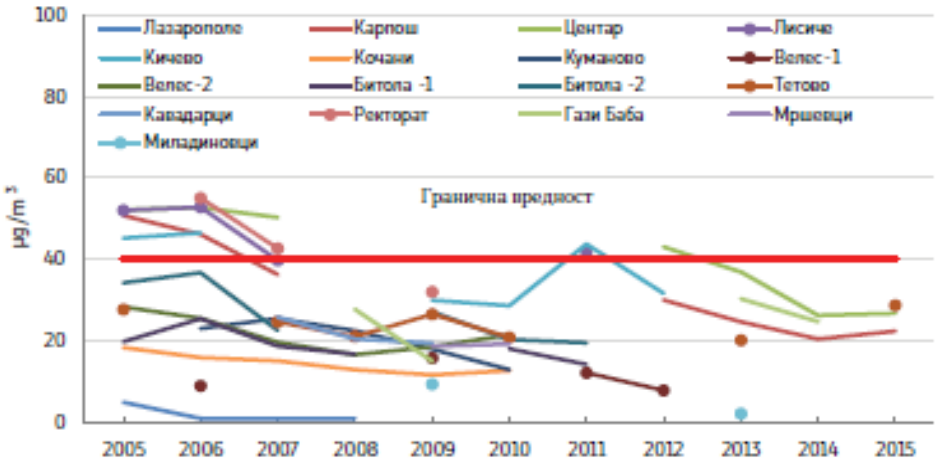


Fig. 5: Average annual values of NO_2 concentrations

In the last years, the limit value is not exceeded. Having in mind that monitoring results for NO_2 concentrations contain significant insecurity, it cannot be confirmed weather the limit values of NO_2 won't be exceeded in the future (MOEPP, 2017). Hence, the instruments for NO_2 measurements should be regularly maintained in order to obtain credible data referring the concentration level.

According to the measurements of air quality, there is a clear and equal seasonal variation of NO_2 concentrations, which may be linked with the meteorological conditions, i.e., unfavorable conditions for air mixing in winter time (MOEPP, 2017).

To summarize: yearly limit value of NO_2 is exceeded at the stations which follow traffic pollution; still, there is a future possibility for exceeding the NO_2 limit values. Road transport has the biggest influence on NO_2 concentrations, especially in the urban areas and near the frequent roads and crossroads.

3. UNDERTAKEN AND PLANNED MEASURES FOR EMISSION REDUCTION

According to the national legislation, measures for air quality improvement should be conducted when the pollutants' concentration limit values for health protection are exceeded (MOEPP, 2017). As a reminder of the previous analysis, limit values for suspended particles are exceeded at the territory of the whole country.

In order the measures defined in the National plan for ambient air protection (brought in 2012) to be more effectively implemented, during 2013-2014 several measures in energy sector, transport and production processes as key sectors for the total air pollution were conducted. At the same time, activities have been started for conducting the short-term and long-term measures, listed in this plan (MOEPP, 2014). However, the list of the measures in this plan defined for road transport isn't complete, meaning that the attention has been placed only at the legislation frame for supporting alternative fuels and other emission control technologies, emission inventorying and providing support for the public transport, without considering other sustainable modes. For an in-depth analysis of the road transport impact on air pollution and definition of the measures, it is necessary that measures for traffic control, inspection/maintenance programs, demand management and development of transport policies should be also included.

In other national reports, such as Annual report for the quality in the environment for 2014, referring the road transport, measures that are listed for a decrease of pollutants include renewal of the national vehicle fleet, usage of clean fuels with low sulfur content (in accordance to the demands listed in the Book of rules for clean fuels quality), promotion of alternative transport, speed limitation (in order to decrease fuel consumption) and introduction of low emission zones. As a support for these measures, in 2014 the import of used vehicles under Euro 1 and Euro 2 had been stopped, i.e., since January 1, 2015, the import of vehicles at least above Euro 3 has been permitted (MOEPP, 2015).

At the same time, the majority of these measures are conducted only in the capital city because of the highest traffic (and population) intensity (MOEPP, 2015). For example: during the winter period a special traffic regime for high duty vehicles is introduced, using the ring-road and avoiding the entrance in the city; for decreasing the road transport PM_{10} emissions, calcium magnesium acetate was provided, in order to reduce the dust concentrations from the road re-suspension; in 2013 the city of Skopje undertook promotional campaigns and subsidies for improvement of the cycling, public transport and introduction of electric vehicles.

However, the current renewal of national vehicle fleet and orientation to the low emission vehicles is still not visible in the national emission assessment (MOEPP, 2017). There are many factors which influence the renewal rate, such as economic situation in the country, legislation and regulations, transportation subsidies, taxation of the new vehicles/different types of vehicles. Based on all this, the consumers decide when and what type of car to buy.

Similar, in other national annual reports, measures are listed without going into detailed analysis or categorization. For example, the following measures as effective measures for air pollution control in urban areas are just mentioned: public transport improvement in bigger areas, promotion of the usage of low emission vehicles and cycling, creation of the pedestrian zones and low emission zones, decreasing the impact of the road dust by improving the streets cleanness, especially in the dry periods. Further on, it is mentioned that a national regulation

for emission control is needed, introducing the measures for vehicle fleet renewal and fuel quality control (MOEPP, 2017).

Hence, this approach of definition and elaboration of measures in annual reports was an impulsion for creating a categorized scheme of short-to-long time measures in road transport, containing several sub-categories, all aimed at reducing and mitigating the air pollution contribution from this source.

4. PROPOSAL AND CATEGORIZATION OF MEASURES IN ROAD TRANSPORT

In order to provide an acceptable transport system, reduction and mitigation measures must be developed and implemented to prevent deterioration of the air quality (http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/eia_planning/sea/files/99_chap-8.pdf; 26.08.2017). It must be clear that measures in road transport should not be solely undertaken; it should be continuously worked at measures appropriate for other sources of pollution. Hence, overall environmental policy decisions cannot be separated from transport sector policy decisions (Gwilliam et al., 2004).

Categorization of the reduction and mitigation measures in road transport is presented at fig.6. The measures are categorized in two main groups: short- and medium- term measures and long-term measures; then a sub-categorization in five groups was performed:

- traffic control measures
- inspection/maintenance program
- transport policies
- emission control technologies
- demand management.

In order to decrease air emissions, during the development and implementation of these measures, a common effort is needed from the central and local governments, business sector, non-governmental organizations, but also from the citizens as well.

Most measures on their own may only generate a small reduction in road vehicle emissions. Hence, these proposed measures are not mutually exclusive: studies show that transport interventions are often combined in the aim of achieving a greater impact (Conlan et al., 2016). For example, a program aimed at encouraging drivers to reconsider their journeys and choice of vehicles can also be used to promote low emission vehicles; a bus quality partnership may generate improvements in overall bus services, assisting shift to an alternative mode of travel, as well potentially improving the emission standards of the buses.

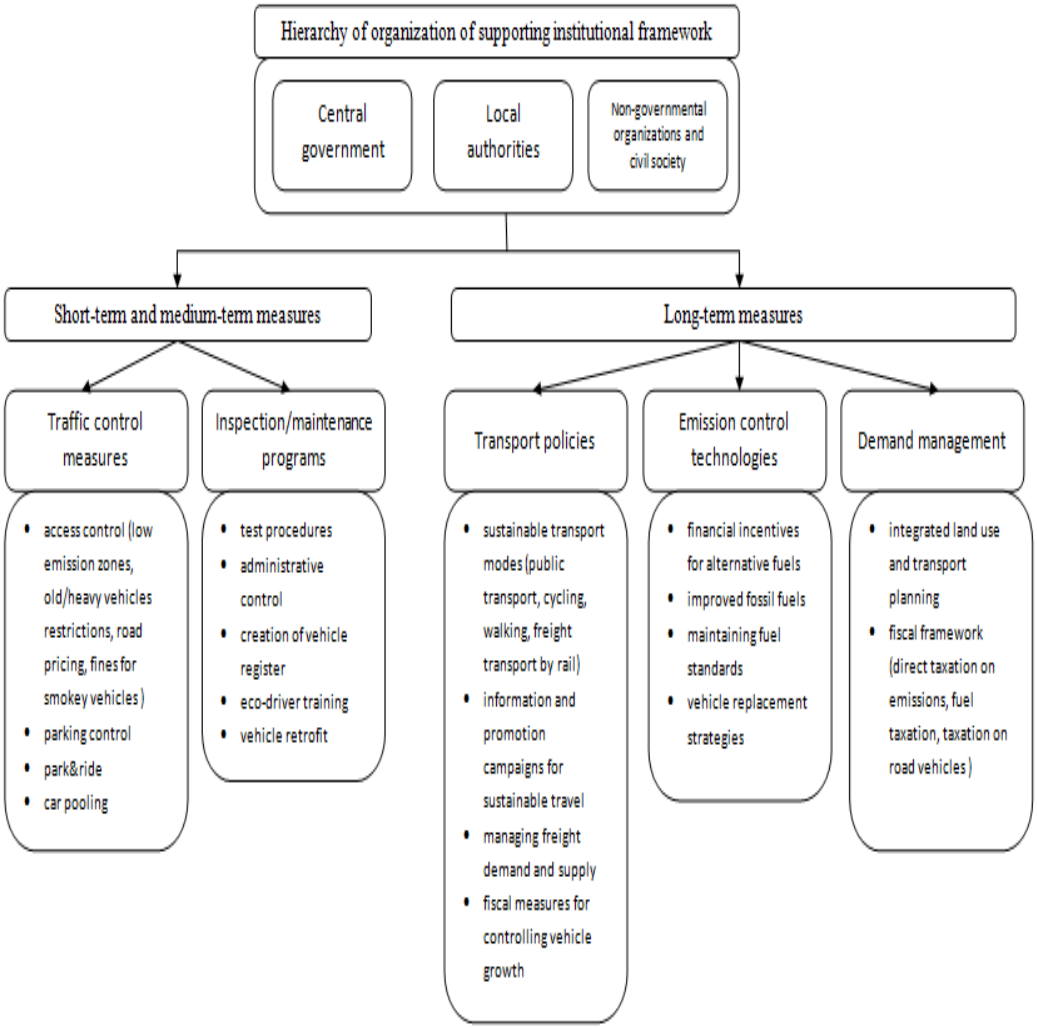


Fig. 6: Scheme of the categorized measures in road transport for air pollution reduction and mitigation

The evidence suggests that greater reductions of pollutants and improvements in air quality may occur when a number of measures are integrated and packaged together (Conlan et al., 2016). For example, a low emission zone designed to target the higher polluting vehicles can be supported by a package of complementary measures. Such complementary measures can include: improvements in walking, cycling, bus facilities; traffic management and pricing mechanisms (to discourage, for example, zone peripheral parking); and incentives to encourage uptake to meet vehicle emission compliance such as retrofit schemes.

There are many different opportunities for traffic emission reduction, but for many of them, especially for the long-term measures, large investments for improvement of the traffic network and infrastructure at local level would be needed (MOEPP, 2017). The "most aggressive and bold" measures to control transport related emissions should be undertaken in those urban areas with the most serious air quality problems and where the transport sector is a major contributor (Gwilliam et al., 2004).

5. CONCLUSION

Apart of the industry, energy production and households heating, another important sector of air pollution in urban areas in Macedonia is road transport. Analyzing the pollution trends from road transport, is could be confirmed that this sector has significant contribution, especially in nitrogen dioxides emission (MOEPP, 2017). For PM_{10} and $PM_{2.5}$ the contribution from road transport is not very high, but considering other sources, pollution with particulates is a very serious problem for the whole country.

In Macedonia, air quality is followed through monitoring of air pollutants concentrations, which gives precise information for the range of the problem. Hence, available monitoring data provide the creation of the pollutants trends in ambient air, as well as identification of the contribution of every pollution source (MOEPP, 2017). This is useful for deciding which measures for air pollution reduction are most needed in which sector and where they would have the biggest effect.

Considering the contribution from road transport emissions, condition of the vehicle fleet and current pollution trends, the future activities for air quality improvement should be directed towards air pollution reduction from road transport.

Therefore, the purpose of this paper is to assist national and local government policymakers to identify the roles that the road transport play in urban air quality pollution. More importantly, the intention is to give support by proposing a categorized scheme of measures to reduce and mitigate the impact from road transport emissions. Presented scheme of short-to-long term measures is detailed and comprises five groups of measures, including traffic control, inspection/maintenance program, transport policies, emission control technologies and demand management, which weren't taken into account in national yearly reports. Supported by the authorities and citizens, designed and implemented appropriately, such measures would have a potential not only to reduce air pollutant emissions but also would provide wider environmental benefits, such as climate change mitigation, noise reduction, congestion alleviation and economic development of the society (Conlan et.al., 2016).

6. REFERENCES

Conlan, B., Fraser, A., Vedrenne, M., Tate, J., Whittles, A. (2016). *Evidence review on effectiveness of transport measures in reducing nitrogen dioxide*. Ricardo/ED60017/Issue Final. Oxford, UK: Ricardo Energy & Environment.

Gwilliam, K., Kojima, M. & Johnson, T. (2004). *Reducing air pollution from urban transport*. Washington, USA: World Bank.

http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/eia_planning/sea/files/99_chap-8.pdf; 26.08.2017.

MOEPP - Ministry of environment and physical planning, Macedonian information centre for the environment. (2015). *Annual report of processed data for quality in the environment 2014*. Skopje, Macedonia: MOEPP.

MOEPP - Ministry of environment and physical planning, Macedonian information centre for the environment. (2017). *Report for the assessment of air quality in the Republic of Macedonia for the period 2005-2015*. Skopje, Macedonia: MOEPP.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

UNAPRJEĐENJE SUSTAVA INFORMIRANJA OSOBA SMANJENE I OTEŽANE POKRETLJIVOSTI U ZRAČNIM LUKAMA*

IMPROVEMENT OF INFORMING SYSTEM FOR PERSONS WITH REDUCED MOBILITY AT ARIPORTS

Dragan Peraković, Marko Periša, Rosana Elizabeta Sente
Fakultet prometnih znanosti, Vukelićeva 4, Zagreb 10000, Hrvatska, dperakovic@fpz.hr, mperisa@fpz.hr, rsente@fpz.hr

***Sažetak**: Osobe s invaliditetom u čijoj su skupini i osobe s oštećenjem vida često se susreću s raznim poteškoćama prilikom planiranja putovanja i kretanja unutar zračnih luka. Zbog navedenog razloga, velik broj osoba s invaliditetom ne putuje jer brojne usluge I objekti nisu prilagođeni njihovim potrebama. Problemi s kojima se osobe s invaliditetom susreću u zračnim lukama su: nepristupačnost usluge informiranja o dolasku/odlasku letova, kašnjenju letova, praćenju prtljage te općenito informiranje u zračnim lukama. Ovo istraživanje usmjereno je na pregled postojećih informacijsko-komunikacijskih usluga informiranja te prilagođenosti zračnih luka za usmjeravanje i informiranje osoba s invaliditetom. Dosadašnjim istraživanjima analizirane su potrebe korisnika, prednosti i nedostaci dosadašnjih istraživanja te je analizirana zakonska regulativa koja se odnosi na osiguravanje pristupačnosti objekata osobama s invaliditetom. Cilj ovog istraživanja je predložiti smjernice, na temelju analiziranih mogućnosti informacijsko-komunikacijskih tehnologija (Internet of Things, Cloud Computing, Fog Computing, Bluetooth), za izradu usluge informiranja korisnika u zračnim lukama. Time se želi podići stupanj kvalitete života i mobilnost krajnjeg korisnika u zračnim lukama.*

***Ključne riječi:** pomoćna tehnologija, informacijsko-komunikacijska tehnologija, pristupačnost, mobilnost, kvaliteta života*

***Abstract:** Persons with disabilities in whose group are visually impaired persons often encounter various difficulties when planning a trip and moving through airports. For this reason, many persons with disabilities do not travel because many services and facilities are not accessible to their needs. The problems they encounter are: inaccessibility of information on arrivals/departures of flights, flight delays, luggage tracking and general information at airports. The research reviews existing information and communication services for routing and informing persons with disabilities at airports and accessibility of airports. The needs of persons with disabilities were analyzed based on previous research. Advantages and disadvantages of previous research and the legal regulation for providing accessibility of facilities were also analyzed. The aim of this research is to propose guidelines based on the analyzed possibilities of information and communication technologies (Internet of Things, Cloud Computing, Fog Computing, Bluetooth) for creating informing service at airports. This is to increase the quality of life and mobility of users at airports.*

***Key words:** assistive technology, information and communication technology, accessibility, mobility, quality of life*

* ***Pregledni rad***

1. UVOD

Kretanje za osobe s invaliditetom u području zračne luke može predstavljati veliki problem. Prvenstveni razlog su gužve, a s obzirom na vrstu invaliditeta, nekvalitetno izrađena pristupačnost zračne luke može utjecati na snalaženje putnika u prostoru. Ovo istraživanje usmjereno je na analizu informacijsko-komunikacijskih usluga i tehnologija koje sudjeluju u isporuci krajnjih informacija korisnicima zračne luke. Cilj istraživanja je na temelju analiziranih mogućnosti informacijsko-komunikacijskih (IK) tehnologija (*Internet of Things*, *Cloud Computing*, *Fog Computing* i *Bluetooth* komunikacijske tehnologije) predložiti smjernice za izradu usluge informiranja korisnika. Dostupnom literaturom analizirana su aplikativna rješenja na pojedinim zračnim lukama o informiranju putnika. Objašnjena je struktura putnika s invaliditetom te njihova klasifikacija. Smjernice za razvoj usluga objašnjavaju razloge potrebe univerzalnog dizajna koji utječe na povećanje kvalitete života osoba s invaliditetom.

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA I PRAVNA REGULATIVA

Trenutno dostupna literatura i istraživanja pružaju informacije o potrebama i zahtjevima osoba s invaliditetom u zračnim lukama. Predmet ovog istraživanja su potrebe za informiranjem osoba smanjene i otežane pokretljivosti koji pripadaju jednoj od skupina *Passenger with Reduced Mobility* (PRM). Europski Parlament i vijeće definiralo je uredbu o *Pravima osoba s invaliditetom i osoba smanjene pokretljivosti u zračnom prijevozu* (European Parliament and the Council, 2006). Definirano je kako osobe s invaliditetom i smanjene pokretljivosti ne smiju biti diskriminirane na način da im se odbije tražena usluga. Upravno tijelo zračne luke obavezno je osigurati pružanje pomoći bez nadoplate. U Hrvatskoj je definiran *Pravilnik o osiguranju pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i smanjene pokretljivosti* (Ministarstvo graditeljstva prostornoga uređenja, 2012). Njime je definirano što je potrebno za stvaranje pristupačne građevine, obvezni elementi pristupačnosti, oznake pristupačnosti i ostali elementi. Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo provodi *Zakon o informacijskoj sigurnosti* i *Zakon o tajnosti podataka* kako bi zaštitila putnike koji se koriste njihovim uslugama (Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo, 2015).

Istraživanje provedeno u Ujedinjenom Kraljevstvu uključivalo je 24 ispitanika koji su se izjasnili kako nedostaje medicinskog i pomoćnog osoblja koje bi im pomoglo u kretanju unutar zračne luke, okruženje u kojem se nalaze nije dovoljno sigurno za njih te da im je važan pristupačnost transportnog sustava (Shaw & Coles, 2004). Zračni terminali smatraju se veoma nepristupačnim okruženjem za osobe s oštećenjem vida (Fewings, 2017). Razlog tome su visoka razina buke i nepristupačni znakovi za usmjeravanje i informiranje te veliki brisani prostori. U istraživanju koje se provodilo u svrhu identificiranja potreba putnika s invaliditetom i smanjenom pokretljivosti sudjelovalo je 26 ispitanika (Carvalho et al., 2016) Rezultati su prikazali kako se usluge pružanja pomoći naplaćuju na pojedinim zračnim lukama, ispitanici se često suočavaju s raznim poniženjima zbog toga što infrastruktura unutar aviona ili zračne luke nije prilagođena njihovim potrebama. Pogodan način za informiranje osoba s invaliditetom je glasovno informiranje (Peraković et al., 2016). Informacije koje smatraju važnim su informacije o ruti kretanja s glasovnim navođenjem te informacije o pronalasku prtljage na željezničkim kolodvorima i zračnim lukama.

IoT (engl. *Internet of Things*) koncept imat će velik utjecaj na povećanje kvalitete života (engl. *Quality of Life*, QoL) osoba s invaliditetom (G3ict, 2015). To se ne odnosi samo na život

u vlastitom domu, već i na kretanje prometnom mrežom, javnim ustanovama, transportnim terminalima itd. Zračna luka u Birminghamu koristi IoT u svrhu nadzora i informiranja putnika (Roberts, 2017). Putnici na svojem mobilnom uređaju (MU), poput tableta ili mobitela, dobivaju informacije o vremenu putovanja, vremenu kašnjenja te kretanju ostalih putnika. Usmjeravanje putnika u nepoznatim unutrašnjim prostorima predstavlja izazov za slijepe i slabovidne osobe (Geng, 2017). Iz tog razloga, Francuska zračna luka Nice Cote d'Azur korisnicima pruža informiranje putem aplikacije koja se pokreće primjenom *beacon* odašiljača. Međunarodna zračna luka Miami također koristi *beacon* odašiljače i mobilnu aplikaciju koja pruža informiranje putnika o vremenima dolaska/odlaska aviona, obližnjim restoranima, dućanima i ostalim sadržajima. (Garcia, 2016). Zračna luka u Hong Kongu pruža dodatne usluge bazirane na iBeacon tehnologiji (SITA, 2015). Korisnicima se pružaju interaktivne karte za usmjeravanje do određenih transportnih točaka i ostale potrebne informacije u zračnim lukama. Osobe s oštećenjem vida u svrhu informiranja koriste mobilne telefone koji im pružaju potrebne povratne glasovne informacije (Periša et al., 2017). Koriste funkcionalnost *text-to-speech* ili uslugu pametnog virtualnog asistenta kao što su *Siri, Cortana* i *Google Now*. Pristupačnost MU vrlo je važna za osobe s invaliditetom kako bi na što jednostavniji i bolji način došli do traženih informacija. U vanjskom okruženju, usmjeravanje osoba s invaliditetom puno je jednostavnije zbog GPS (engl. *Global Positioning System*) sustava koji u zatvorenim prostorima ima određene teškoće u radu, kao određivanje lokacije korisnika (Abedin et al., 2016). Brojni istraživači temelje svoja istraživanja na primjeni Bluetooth komunikacijske tehnologije za primanje informacija prilikom kretanja u unutarnjem prostoru (Delfa & Catania, 2014; Ahmetovic et al., 2017; de Oliveira et al., 2017). Kretanje osoba s oštećenjem vida u zatvorenom prostoru moguće je uz korištenje *smartphone* uređaja, *Bluetooth Low Energy* (BLE) i vizualnih tagova. Vizualne oznake (*tag*-ovi) koji su pogodni za navedeno su 2D i 3D oznake (QRCode, Vuforia i ArUco). Korisnici koriste *smartphone* uređaj, mobilnu aplikaciju i kameru kako bi se *tag*-ovi očitali te pružali potrebne informacije korisniku. Slijepe i slabovidne osobe zahtijevaju veliku točnost u lociranju i usmjeravanju u zatvorenom prostoru (Ahmetovic et al., 2016).

Iz istraživanja je vidljivo kako utjecaj suvremenih IK tehnologija utječe na mogućnosti informiranja osoba s invaliditetom i smanjene pokretljivosti u zračnim lukama. Već danas postoje usluge koje imaju mogućnost kvalitetno ih informirati, a nedostatak nepostojanje univerzalne usluge primjenjive u svim zračnim lukama i za sve kompanije. Ovisno o vrsti oštećenja koju PRM ima, osigurava se mogućnost pružanja različitih usluga za jednostavnije putovanje i snalaženje u zračnim lukama.

3. OSOBE SMANJENE I OTEŽANE POKRETLJIVOSTI

PRM kategorizacija definirana je prema preporukama međunarodne udruge za zračni prijevoz (IATA) i sadrži definirane *Special Service Request* (SSR) kodove za svaku kategoriju. Definicije kategorija i specijalni kodovi su (European Commission, 2010):

- WCHR*: Wheelchair (R for Ramp).* Putnici koji se mogu penjati i spuštati po stubama, kretati se unutar kabine zrakoplova, ali zahtijevaju invalidska kolica ili drugi oblik pomoći na dužim udaljenostima poput puta između terminala i aviona.
- WCHS: *Wheelchair (S for Steps)*. Putnici koji se ne mogu penjati niti spuštati niz stube, ali se mogu kretati unutar kabine zrakoplova. Zahtijevaju invalidska kolica za udaljenosti do i od aviona te pomoć kod stepenica.

- WCHP: *Wheelchair (P for Paraplegic)*. Putnici s invaliditetom donjih ekstremiteta koji imaju dovoljno vlastite autonomije da se mogu brinuti o sebi, ali zahtijevaju pomoć pri kretanju i iskrcavanju. Mogu se kretati unutar kabine aviona samo uz pomoć invalidskih kolica.
- WCHC: *Wheelchair (C for Cabin Seat)*. Putnici koji su u potpunosti nepokretni i koji se mogu kretati samo uz pomoć invalidskih kolica ili neki drugi način, zahtijevaju pomoć u svim trenucima prilikom dolaska u zračnu luku do sjedenja u avionu i obrnutim procesom pri dolasku.
- BLND: Slijepi i slabovidni putnici.
- DEAF: Gluhi i nagluhi putnici te gluho nijemi putnici.
- BLND/DEAF: Putnici koji imaju oštećenje sluha i vida te se mogu kretati samo uz pomoć druge osobe.
- DPNA: Putnici s intelektualnim ili razvojnim oštećenjem koji zahtijevaju pomoć.
- MEDA: Putnici čija je pokretljivost oštećenje zbog bolesti ili drugih kliničkih razloga, a ovlašteni su putovati od strane zdravstvenog osoblja.
- STCR: Putnici koji se mogu transportirati samo na nosilima .
- MAAS: *Meet and Assist*. Ostali putnici koji zahtijevaju posebnu pomoć.

Uz navedene definicije neki avioprijevoznici imaju dodatne kategorije, kao npr. *RyanAir* čija je kategorizacija od 16 pojmova i definiranih kodova. navedeni kodovi primjenjuju se u svim zemljama osim SAD-u jer tamo ne postoji obveza za njihovo korištenje. PRM putnici zahtijevaju odgovarajuću prilagodbu za jasno definirane usluge informiranja koje su dostupne i ostalim putnicima. Usluge koje pružaju pojedine zračne luke opisane su u tablici 1 (European Commission, 2010).

Tablica 1. Usluge koje se pružaju PRM putnicima

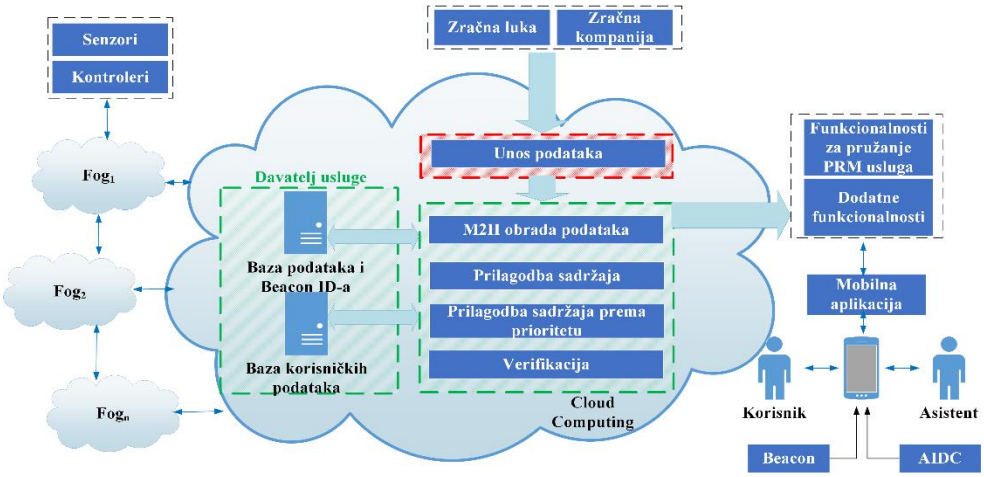
Vrsta usluge	Opis usluge
	Odlasci
Najava dolaska PRM	Gotovo sve zračne luke i zračne linije i kompanije ugovorile su SITA ugovor za pružanje usluga prema potrebama PRM-a. Ako PRM proslijedi zahtjev za pružanje pomoći 48 sati prije leta, zrakoplovna tvrtka duža je prenijeti te informacija na relevantne zračne luke najmanje 36 sati prije objavljenog vremena leta.
Pohrana informacija o potrebama PRM	Pohrana informacija (vrijeme leta, broj leta, ime putnika, kategorija invaliditeta) pohranjuje se putem SITA terminala. Informacije se koriste za ažuriranje sustava odgovornog za upravljanje zadacima davatelja usluga, automatskim ili ručnim unosom.
Dolazak PRM-a i dodjeljivanje asistenta	Dodjeljivanje zadatka asistentu prema potrebama PRM.
Preuzimanje PRM od strane asistenta	Zaduženi asistent preuzima putnika u trenutku kada je dogovorena njihova prisutnost te šalje potvrdu odgovornom uredu o njihovim aktivnostima.
Pomoć PRM-u kroz prijavu i sigurnosnu provjeru	Putniku se pomaže u prolasku kroz prijavu na let i sigurnosnu provjeru.
Pomoć PRM-u kroz izlazni terminal	Nakon što je let spreman za ukrcaj, zaduženi asistent dovodi putnika do ulaznih vrata.
PRM-u se pomaže pomoću zračnog mosta	Ukrcaj PRM prema stupnju oštećenja te moguć ukrcaj pomoću zračnog mosta.

PRM-u se pomaže bez zračnog mosta	Ukrcaj PRM korištenjem dizala ili nekog drugog oblika pomoći direktno do vrata aviona.
PRM-u se pomaže da sjedne na odgovarajuće mjesto u zrakoplovu	Zaduženi asistent pruža potrebnu pomoć da dovede putnika do njegovog sjedišta.
Dolasci	
Obavijest o dolasku PRM	Zračna luka prima obavijest o dolasku PRM-a koji ima zahtjeve za posebnom pomoći pri iskrcaju s aviona. Obavijest sadrži informacije o broju leta, datumu, imenu putnika te informaciju o zahtijevanoj pomoći.
Preuzimanje PRM i pomoć u iskrcaju	Kada zrakoplov sleti, raspoloživi asistenti dodjeljuju se svakom PRM-u i otpremaju ih prema izlaznim vratima.
PRM-u se pomaže od zrakoplova do točke dolaska	PRM-u se pomaže kod prolaska kontrole putovnica i pomoć u preuzimanju prtljage. Ovisno o zahtjevima putnika, asistent ga prati do određene točke dolaska izvan terminala.
Presjedanje i povezanost	
Povezani letovi	Ukoliko postoji značajno čekanje između dolaska i odlaska na sljedeći let, putnik može biti odveden u salon za PRM. Ako postoji ograničeno vrijeme između dolaska i odlaska, pomoć se nudi u prethodno opisanim oblicima.

Regulativa EC 1107/2007 propisala je jedinstveno tržište usluga prijevoza za sve kategorije putnika i donekle ujednačila postupke prihvata i otpreme unutar zemalja članica EU. Definirane usluge moguće je implementirati u sustav informiranja PRM kroz funkcionalnosti aplikativnog rješenja temeljene na suvremenim

4. ANALIZA IK TEHNOLOGIJA I KONCEPTA ZA INFORMIRANJE KORISNIKA

Suvremene IK tehnologije (IoT i *Cloud Computing* (CC) koncepti) uvelike utječu na povećanje informiranosti korisnika, neovisno o tome imali oni oštećenje ili ne. Zbog svojih tehničkih karakteristika i prednosti, IoT koncept ima mogućnost učinkovitijeg rada u zatvorenim prostorima. U svrhu toga, mogući je rad primjenom senzorske i AIDC (engl. *Automatic Identification and Data Capture*) tehnologije kako je prikazano na slici 1.



Slika 1. Prijedlog arhitekture sustava informiranja baziran na IoT konceptu

Prijedlog arhitekture sustava informiranja baziranog na IoT konceptu koristi sljedeće elemente arhitekture: mobilni uređaj i za njega razvijene aplikacije, senzore, *beacon* odašiljače, AIDC tehnologiju, CC okruženje, *Fog Computing* i baze podataka. Korisnički uređaj pomoću BLE tehnologije komunicira s *beacon* odašiljačem na način da očita njegov identifikacijski kod koji se putem mobilne aplikacije proslijedi u CC okruženje. CC sadrži bazu podataka za identifikaciju *beacon* odašiljača na temelju koje se šalje povratna informacija korisniku o njegovoj lokaciji. Senzori i kontroleri koji su umreženi putem komunikacijskog sustava nalaze se unutar cijele zračne luke. Šalju prikupljene podatke u *Fog Computing* koji ih obrađuje i prosljeđuje informacije u CC okruženje ovisno o zahtjevima korisnika. To su senzori za detekciju topline, svjetlosti, blizine, udaljenosti i zvuka. Za usmjeravanje PRM korisnika važni su senzori blizine i udaljenosti te se vrijednosti očitane sa senzora konstanto prosljeđuju na *Fog Computing* za njihovu obradu te CC okruženje za informiranje krajnjeg korisnika. *Machine to Human* (M2H) komunikacija obrađuje podatke u oblik informacije pogodne za korisnika na temelju kojih se pružaju funkcionalnosti usluga za PRM putnike i dodatne funkcionalnosti. Asistenti zaduženi za PRM putnike na mobilni uređaj primaju informacije o lokaciji PRM putnika te vrsti zahtijevane pomoći.

4.1. Internet of Things koncept

Prema *Gartneru*, očekuje se kako će do 2020. godine postojati 20.4 milijardi međusobno povezanih uređaja (Gartner, 2017). Cilj IoT koncepta je omogućiti autonomno i sigurno povezivanje te razmjenu podataka između uređaja u stvarnom svijetu i aplikacija. Zračne luke susreću se sa tri ključna zadatka: povećati zadovoljstvo putnika, isporuka operativne izvrsnosti te osigurati komercijalni i financijski uspjeh (Nokia, 2016). Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja, IoT koncept može isporučiti uslugu stvarnovremenog informiranja korisnika primjenom AIDC tehnologija (NFC, RFID, 2D i 3D kodovi), senzorskih tehnologija i sustava za pohranu i obradu podataka CC.

4.2. Cloud Computing

CC koncept prema svojim modelima SaaS (engl. *Software as a Service*), PaaS (engl. *Platform as a Service*) i IaaS (engl. *Infrastructure as a Service*) ima mogućnost isporuke usluge stvarnovremenog informiranja uz dostupnost 24/7/365 koja omogućuje obradu i pohranu podataka (Popović & Hocenski, 2010). Unutar CC-a izvršava se automatska obrada podataka i generiranje informacija prema korisničkim zahtjevima. U svrhu učinkovitije isporuke usluga, moguće je koristiti novu paradigmu CloudIoT koja uključuje izvedbene modele: SaaS (engl. *Sensing as a Service*) koji osigurava pristup senzorskim podacima, SEaaS (engl. *Sensor Event as a Service*) podrazumijeva slanje tekstualnih poruka potaknutih događajima na senzorima, SenaaS (engl. *Sensor as a Service*) osigurava upravljanje senzorima na daljinu, DBaaS (engl. *DataBase as a Service*) se odnosi na omogućavanje upravljanjem bazom podataka i DaaS (engl. *Data as a Service*) osigurava pristup bilo kojim prikupljenim podacima. Budući da je zračna luka područje kretanja velikog broja ljudi, sustav baziran na IoT i CC konceptu prikuplja i obrađuje velike količine podataka, prilikom čega je važna i sigurnost istih. U svrhu manje latencije, moguće je koristiti *Fog Computing* tehnologiju.

4.3. Fog Computing

Fog Computing smješten je na krajnjim čvorovima u mreži CC koncepta te proširuje njegove mogućnosti rada kroz učinkovitiju isporuku informacija. Glavna svrha *Fog Computing*-a je da sadržaj i podaci koje stvaraju aplikacijske usluge budu što dostupnije korisnicima (Luan et al., 2015; Aazam & Huh, 2014). *Fog Computing* ima funkcionalnost za prikupljanje podataka na određenom mjestu i prosljeđivanje prema CC-u koji prosljeđuje informacije prema korisnicima sustava. Prednosti korištenja *Fog Computing*-a su brzina prijenosa podataka korisnicima čime se postiže pružanje poboljšane kvalitete usluge i smanjeni operativni troškovi. Podaci se obrađuju lokalno u *Fog Computing* mrežnim čvorovima, a ne u CC okruženju što utječe na kvalitetu usluge i smanjene operativnih troškova. Osim navedenog, smanjena je latencija u isporuci informacija.

4.4. Komunikacijske tehnologije povezivanja

Komunikacija između uređaja, objekata, tj. stvari unutar IoT koncepta predstavlja *Machine to Machine* (M2M) komunikaciju, dok M2H komunikacija pruža obradu podataka i njihovu pretvorbu u informacije prema potrebama korisnika. Wi-Fi i *Bluetooth* komunikacijske tehnologije su najraširenije tehnologije unutar IoT rješenja zbog cjenovne prihvatljivosti, podrške na velikom broju uređaja te niže potrošnje energije. *ABI Research* predviđa da će do 2018. godine biti 10 milijardi *Bluetooth* uređaja u svijetu (EPSNews, 2013). BLE je dizajniran na način da uređaji mogu što brže uspostaviti komunikaciju za isporuku usluge u IoT konceptu. Zbog svojih tehničkih karakteristika ima mogućnost određivanja lokacije korisnika i objekata na udaljenosti većoj od 20 [m]. Svojim prednostima je pogodan za korištenje u zatvorenim prostorima.

5. SMJERNICE I PREPORUKE ZA RAZVOJ IOT USLUGA ZA OSOBE S INVALIDITETOM

Osobe s invaliditetom koriste pomoćne tehnologije kako bi mogle izvršavati svakodnevne aktivnosti na što jednostavniji način. Postoje dva osnovna modela pomoćnih tehnologija, a to su: *Human Activity Assistive Technology* (HAAT) i *Comprehensive Assistive Technology* (CAT) (Cook & Polgar, 2008). Modeli se sastoje od četiri osnovna elementa: korisnik, kontekst, aktivnost i pomoćna tehnologija. Prema modelima pomoćnih tehnologija i načelima univerzalnog dizajna, potrebno je dizajnirati uslugu informiranja korisnika.

Da bi usluga ili uređaj bio pristupačan, potrebno je slijediti 7 načela univerzalnog dizajna (Periša et al., 2012; Peraković et al., 2016). Potrebno je napomenuti kako nije uvijek moguće ispuniti svih 7 načela zbog samog oblika usluge/uređaja/sustava. Nepristrana mogućnost korištenja podrazumijeva da je usluga/uređaj dizajniran na način da ga mogu koristiti sve osobe neovisno o vrsti oštećenja. Privatnost, zaštita i sigurnost korisnika mora biti jednaka za sve skupine korisnika. Sve funkcionalnosti MU moraju biti dostupne korisnicima s oštećenjem i bez oštećenja. Fleksibilnost korištenja omogućava korisnicima da odaberu način na koji žele koristiti uslugu/uređaj. Budući da današnji MU imaju *touchscreen* zaslon, razvijena je pristupačnost koja osigurava osobama s oštećenjem vida njihovo korištenje. Tekst koji se prikazuje na zaslonu iščitava se pomoću čitača zaslona i šalje povratna glasovna informacija. Jednostavna i intuitivna upotreba podrazumijeva da korisnici imaju mogućnost odabrati jezik na kojem žele koristiti uslugu/uređaj. Potrebno je izbjegavati kompleksnost

sadržaja i funkcionalnosti uređaja. Uočljive informacije odnose se na pružanje maksimalne čitljivosti važnih informacija. Tolerancija na pogreške podrazumijeva da se sve pogreške svedu na minimum kako se ne bi ugrozila sigurnost korisnika. Nizak fizički napor odnosi se na smanjen broj ponavljajućih aktivnosti. Mjere i prostor za pristup i upotrebu podrazumijevaju mogućnost korištenja uređaja/usluge na bilo kojem mjestu ili na bilo koji način. Pristupačnost aplikacije i MU važna je za dobivanje potrebnih informacija. Ovisno o vrsti oštećenja, osobe s invaliditetom imaju razne zahtjeve prilikom upravljanja MU (Periša et al., 2012). Prema *IDC Quarterly Mobile Phone Tracker*, najpopularniji operativni sustavi (OS) su *Android*, *iOS* i *Windows Phone*. Prethodnik navedenim OS bio je *Symbian* koji je osobama s oštećenjem vida pružao pristupačan sadržaj (Periša et al., 2017). Svaki od navedenih OS pruža slične funkcionalnosti pristupačnosti, a u tablici 2. prikazana je analiza uređaja baziranih na svakom OS i korištene tehnologije.

Tablica 2. Korištene tehnologije i mogućnost pružanja pristupačnog sadržaja PRM

MU	Nokia 808 PureView	Samsung Galaxy S7	iPhone 6S	Nokia Lumia 925
OS	Symbian	Android	iOS	Windows Phone
Senzorske tehnologije	Akcelerometar senzor blizine, kompas	Akcelerometar, žiroskop, digitalni kompas, senzor svjetlosti, senzor blizine, senzor gravitacije, senzor vektora rotacije, barometar, fotometar, termometar, orijentacijski senzor, magnetometar, brojač koraka, čitač otiska prstiju, senzor otkucaja srca, SpO2	Čitač otiska prstiju, barometar, 3-osni žiroskop, akcelerometar, senzor blizine, senzor svjetlosti, digitalni kompas, magnetometar, zaslon osjetljiv na pritisak, brojač koraka	Akcelerometar, kompas, žiroskop, senzor blizine, magnetometar, senzor svjetlosti
Tehnologije povezivanja	Bluetooth, NFC, Wi-Fi, Radio, GPS, USB	Bluetooth, NFC, Wi-Fi, GPS, USB	Bluetooth, NFC, Wi-Fi, GPS, USB	Bluetooth, NFC, Wi-Fi, Radio, GPS, USB
Pristupačnost	Da	Da	Da	Da

Smjernice dizajniranja usluge podijeljene su u 4 kategorije: korisnički uređaj, aplikacija, tehnologija pohrane i obrade podataka te tehnologije povezivanja. Kategorija korisničkog uređaja odnosi se na OS, senzorske tehnologije, tehnologije povezivanja te personalizirane funkcionalnosti. Uređaji bazirani na *Android* OS u odnosu na iOS OS imaju više ugrađenih senzora. Iz tog razloga, korisnički uređaj trebao bi se bazirati na *Android* OS-u. Osim toga, pristupačni su za korištenje jer pružaju personalizirane funkcionalnosti za osobe s oštećenjem vida, sluha te za osobe koje imaju problema s motorikom i interakcijom uređaja. Uz pretpostavku da postoji odgovarajuća infrastruktura potrebna za isporuku usluge PRM korisnicima, predlaže se koncept SaaS usluge koju isporučuje davatelj usluge. Davatelj usluge pruža gotovu aplikaciju PRM korisnicima, zračnim lukama i kompanijama te osigurava njen rad. Preporuka je da aplikacija sadrži funkcionalnosti koje se trenutno nude PRM, ali kao univerzalna usluga informiranja za sve zračne luke i kompanije. CC predstavlja centralno područje za prikupljanje, pohranu i obradu podataka. *Fog Computing* osigurava stvarnovremeno informiranje korisnika te informiranje korisnika ovisno o lokaciji na kojoj se

nalazi. *Bluetooth,* Wi-Fi i NFC tehnologije predlažu se za korištenje kao tehnologije povezivanja.

6. ZAKLJUČAK

Osobe s invaliditetom koje se kreću unutar zračne luke te koriste trenutne usluge informiranja nailaze na probleme u pristupačnosti okruženja i usluga. Zbog nepostojanja univerzalne usluge informiranja korisnika, dolazi do smanjenja njihove pokretljivosti. Dizajniranjem usluge informiranja prema preporukama iz ovog rada moguće je osigurati dostupnost usluge 24/7/365. Navedenu dostupnost osigurava IoT koncept te svi elementi predložene arhitekture sustava. Dosadašnjim istraživanjima zaključeno je kako postojeći sustavi za informiranje i usmjeravanje PRM korisnika unutar zračnih luka nemaju kvalitetnu isporuku informacija. Iz navedenog razloga, smjernice i preporuke usmjerene su na prijedlog koncepta za davatelje usluge baziran na SaaS modelu CC okruženja. Predloženom arhitekturom sustava moguće je povezati PRM korisnike i dodijeljenog asistenta te time osigurati stvarnovremeno informiranje o lokaciji PRM korisnika. Korištenjem sustava za informiranje moguće je povećati međusobnu interakciju svih dionika sustava, a time i pokretljivost i zadovoljstvo PRM korisnika. Primjenom predloženih smjernica za razvoj sustava za informiranje u IoT okruženju očekuje se povećanje stupnja pokretljivosti korisnika, kvalitete života i veća uključenost dionika sustava.

7. LITERATURA

Aazam, M., & Huh, E.-N. (2014). Fog Computing and Smart Gateway Based Communication for Cloud of Things, 2014 International Conference on Future Internet of Things and Cloud, Barcelona, Spain, 27-29 August

Abedin, S. F., Alam, G. R., Bairagi, A. K., Talukder, A., & Hong, C. S. (2016). An Indoor Navigation Service for Visually Impaired People, 519–521.

Ahmetovic, D., Gleason, C., Ruan, C., Kitani, K., Takagi, H., & Asakawa, C. (2016). NavCog: A Navigational Cognitive Assistant for the Blind, Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI ’16, Florence, Italy, 6-9 September

Ahmetovic, D., Murata, M., Gleason, C., Brady, E., Takagi, H., Kitani, K., & Asakawa, C. (2017). Achieving Practical and Accurate Indoor Navigation for People with Visual Impairments, Proceedings of the 14th Web for All Conference on The Future of Accessible Work - W4A ’17, Perth, Western Australia, 2-4 April

Carvalho, N., Matias, N., Araújo, C., Ribeiro, R., & Sena, P. (2018). Airport Infrastructures and Satisfaction of Passengers with Reduced Mobility: The Human-System Integration and the Constraint of the Users. *Advances in Design for Inclusion* , Vol. 500, pp. 499–509, Cham: Springer International Publishing.

Cook, M. A., & Polgar, J. M. (2008). *Assistive Technologies: Principles and Practice, Third Edition*. Elsevier Inc.

de Oliveira, L. C., Andrade, A. O., de Oliveira, E. C., Soares, A., Cardoso, A., & Lamounier, E. (2017). Indoor navigation with mobile augmented reality and beacon technology for wheelchair users, International Conference on Biomedical & Health Informatics (BHI), Orlando, Florida, 16-19 February

Delfa, G. C. & Catania, V. (2014). Accurate indoor navigation using smartphone, bluetooth low energy and visual tags, 2nd Conference on Mobile and Information Technologies in Medicine,

Prague, Czech Republic, 20-21 November

EPSNews (2013). Bluetooth to Exceed 10 Billion Devices by 2018. Retrieved from (https://epsnews.com/2013/08/06/bluetooth-to-exceed-10-billion-devices-by-2018/ 11.08.2017.)

European Commission (2010). *Evaluation of regulation 1107/2006*. Retrieved from (https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/facts-fundings/evaluations/doc/2010_reg_1107_2006.pdf 10.08.2017.)

European Parliament and the Council (2006). Regulation (EC) No. 1107-2006 of the European Parliament and of the Council of 5 July 2006 e concerning the rights of disabled persons and persons with reduced mobility when traveling by air. Official Journal of the European Union. Retrieved from (http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006R1107&from=EN 10.08.2017.)

Fewings, R. (2017). Wayfinding and Airport Terminal Design, *Journal of Navigation*, Vol 54(02), 177–184.

G3ict (2015). *Internet of Things: New Promises for Persons with Disabilities* (Vol. I).

Garcia, M. (2016). Miami Airport Becomes One of the First to Connect Consumers With Beacons. Retrieved from (https://skift.com/2016/02/09/miamis-airport-becomes-one-of-the-first-to-connect-consumers-with-beacons/ 19.08.2017.)

Gartner (2017). Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016. Retrieved from (http://www.gartner.com/newsroom/id/3598917 14.08.2017.)

Geng, H. (2017). *Internet of Things and Data Analytics*. Wiley.

Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. (2015). *Godišnje izvješće o radu za 2015. godinu*.

Luan, T. H., Gao, L., Li, Z., Xiang, Y., Wei, G., & Sun, L. (2015). Fog Computing: Focusing on Mobile Users at the Edge. a*rXiv Preprint arXiv:1502.01815*

Ministarstvo graditeljstva prostornoga uređenja. (2012). Pravilnik o osiguranju pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i smanjene pokretljivosti. Retrieved from (http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_78_1615.html 17.08.2017.)

Nokia (2016). *Connected airports: how the Internet of Things will transform operations and passenger experience*. *Strategic White Paper*.

Peraković, D., Periša, M., Sente, R. E., Bijelica, N., Brletić, L., Bucak, B., Ignjatić, A., Mišić, V., Papac, A., Vuletić, M., Zorić, P. (2016). Information and Communication System for informing Users in Traffic Environment - SAforA, Management of Manufacturing Systems Conference EAI MMS 2016. Bratislava, Slovakia, 22-23 November

Periša, M., Cvitić, I., & Sente, R. E. (2017). Comparative Analysis of Mobile Phone Application Solutions Accessibility for informing Visually Impaired Persons in Traffic Environment. 25th International Symposium on Eletronics in Transport ISEP, Ljubljana, Slovenia, 27-28 March

Periša, M., Peraković, D., & Remenar, V. (2012). Guidelines for Developing e-Learning System for Visually Impaired, International Conference on Computers Helping People with Special Needs, Linz, Austria, 11-13 July

Popović, K., & Hocenski, Ž. (2010). Cloud Computing Security Issues and Challenges, Proceedings of the 33rd International Convention MIPRO, Opatija, Croatia, 24-28 May

Roberts, F. (2017). Birmingham Airport uses IoT to monitor queues and keep passengers happy. Retrieved from (https://internetofbusiness.com/birmingham-airport-iot/ 21.08.2017.)

Shaw, G., & Coles, T. (2004). Disability, holiday making and the tourism industry in the UK: a preliminary survey. *Tourism Management*, Vol *25*(3), 397–403.

SITA (2015). Hong Kong International Airport and SITA trial beacons for better passenger experience. Retrieved from (https://www.sita.aero/pressroom/news-releases/hong-kong-international-airport-and-sita-trial-beacons-for-better-passenger-experience 21.08.2017.)

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

ISTRAŽIVANJE KRITIČNIH FAKTORA USPEHA TRANSPORTNIH ORGANIZACIJA*

RESEARCH OF CRITICAL FACTORS OF SUCCESS IN TRANSPORT ORGANIZATIONS

Nena Tomović[a], Snežana Pejčić-Tarle[b], Pavle Gladović[c]

[a] *Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment Univerziteta privredna akademija, Cvećarska 2, Novi Sad, 21 000, Srbija, tomovicnena@gmail.com*

[b] *Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd 11 000, Srbija, snezana.tarle@gmail.com*

[c] *Fakultet tehničkih nauka Univetziteta u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad 21 000, Srbija, anaipavle@gmail.com*

***Apstrakt**: Istraživanje i identifikovanje kritičnih faktora uspeha transportne organizacije može se smatrati neophodnom aktivnošću koja je posebno važna u organizacijama koje su implementirale SMS/IMS i kod kojih je uočeno da postoji određen disbalans između dostignutog nivoa upravljanja performansama i indikatora koji se odnose pre svega na ekonomsku održivosti poslovanja. Polazeći od te spoznaje sprovedeno je istraživanje sa ciljem da se dokaže pretpostavka da se identifikovanjem kritičnih faktora uspeha dolazi do saznanja o specifičnim (suštinskim) problemima transportnih organizacija, koji mogu da onemoguće implementaciju ili umanje efekte implementiranih SMS/ IMS. Metodologija, zasnovana na oceni eksperata koji rade u transportnim organizacijama, je pokazala da su ambijent u kome posluje transportna organizacija i stručan i obučen kadar dominantni kritični faktori uspeha transportnih organizacija.*

***Ključne riječi:** održivost poslovanja, metodologija, ekspertska ocena, transport*

***Abstract**: Research and identification of critical success factors of a transport organization can be considered necessary activity, which is especially important in organizations that implemented SMS /IMS and where there was a certain imbalance between the achieved level of performance management and indicators that relate primarily to economic business sustainability. Starting from this knowledge, research was carried out with the aim of proving that the identification of critical success factors leads to the knowledge of the specific (essential) problems of transport organizations which may prevent implementation or reduce the effects of implemented SMS / IMS. Methodology, based on the expert assessment, working in transport organizations, showed that the ambience in which operates the transport organization and skilled and trained personnel is the dominant critical factors for the success of transport organizations.*

***Key words:** business sustainability, methodology, expert assessment, transport*

1. UVOD

Poslovanje transportnih organizacija u svetu je danas opterećeno određenim nivoom sukoba interesa. Jureći za profitom one iscrpljuju svoje resurse, troše znanje i zdravlje

* ***Originalni naučni rad***

zaposlenih i naravno, velike količine energije, koje značajno zagađuju čovekovu okolinu, a sve sa ciljem unapređenja i postizanja što boljih poslovnih rezultata.

Glavni poslovni izazovi transportnih organizacija u svetu više nisu likvidnost, povećanje profita, nedostatak kapitala, motivacija radnika, žalbe klijenata, borba na tržištu, niti bilo koji drugi problem sa kojim su se suočavale proteklih decenija, jer su uspele da u tom periodu implementiraju savremene koncepte upravljanja, koji su usklađeni sa zahtevima transportnog tržišta. Međutim, bez obzira na navedeno, čak i velike i uspešne transportne organizacije imaju problem održivosti poslovanja, posebno u uslovima kada sve više jača svest da interesi organizacije nemaju više prioritet nad interesom društvene zajednice i zaštitom životne sredine (Colbert i Kurucz, 2007).

Za razliku od transportnih organizacija koje više ili manje uspešno posluju na evropskom (svetskom) tržištu transportnih usluga, naše transportne organizacije imaju problema sa: likvidnošću, zastarelim voznim sredstvima, nemotivisanim zaposlenima, nezadovoljnim korisnicima usluga, što značajno povećava rizike vezane za sve vrste održivosti poslovanja – ekonomsku, društvenu održivost i održivost životne sredine.

Veliki broj faktora utiče na održivost poslovanja organizacije, odnosno njenu mogućnost da dugoročno održava i stalno razvija svoje poslovne performanse. Stvaranje održivog balansa između ekonomsko - finansijskih interesa organizacije i društveno, ekološkog interesa njenog okruženja, danas je cilj svake transportne organizacije, koji nije moguće realizovati bez primene standardizovanih menadžment sistema (SMS) zasnovanih na zahtevima ISO standarda (Tomović i dr., 2013). Ovi zahtevi su opšte prihvaćeni u poslovnom svetu, sveobuhvatni i primenjivi na sve organizacije, nezavisno od delatnosti koju organizacije vrše, države u kojoj posluju i broja radnika koje upošljavaju (Heleta 2009).

Danas postoji veliki broj radova nastalih kao posledica istraživanja, koji potvrđuju da praksa primene SMS ima pozitivan uticaj na poslovne performanse i razvoj organizacije. Razlika između organizacija koje posluju na tradicionalan način i organizacija čije poslovanje je zasnovano na primeni SMS, integrisanih u jedan menadžment sistem (IMS) je sve veća, a nastala je kao posledica savremnog načina poslovanja (Mašić, 2001).

Uticaji IMS na funkcionisanje organizacija mogu kategorisati u nekoliko oblasti. U uopštenom smislu mogu se kategorisati kao operativne, finansijske i marketinške koristi. U širem smislu primena principa IMS-a ima za posledicu operativne, regulativne, finansijske, marketinške i ostale koristi vezane za sve vrste održivosti poslovanja organizacije (Rajković i Aleksić, 2009). Polazeći od neosporne činjenice da primena SMS/IMS značajno unapređuje različite aspekte poslovanja organizacije (odnos prema potrošačima/korisnicima usluge, posvećenost uspehu, kvalitet i troškovi poslovanja, odnos prema zaposlenima, način upravljanja organizacijom itd.) ne može se izbeći spoznaja da postoji i čitav niz faktora koji onemogućavaju ili minimiziraju efekte primene SMS/IMS. U tom smislu, polazeći od te spoznaje sprovedeno je istraživanje u transportnim organizacijama koje se bave prevozom putnika u drumskom i železničkom saobraćaju, sa ciljem da se dokaže pretpostavka da se identifikovanjem kritičnih faktora uspeha dolazi se do saznanja o specifičnim (suštinskim) problemima transportnih organizacija, koji mogu da onemoguće implementaciju ili umanje efekte implementiranih SMS/ IMS.

2. METODOLOGIJA ZA OCENU KRITIČNIH FAKTORA USPEHA TRANSPORTNIH ORGANIZACIJA

Kritični faktori uspeha (Critical Success Factors – CSF's) se susreću u svim sferama ljudskog delovanja, počevši od sporta, umetnosti, privrede pa sve do nauke, a predstavljaju koncept zasnovan na elementima koji su nužno potrebni da bi određena ideja, projekat ili organizacija postigli svoju misiju (Veen-Dirks i Wijn, 2002). Koncept kritičnih faktora uspeha prvi je osmislio Ronald D. Daniel, objavivši ga 1979. godine u Harvard Business Review (HBR). Međutim, šira primena ovog koncepta se dogodila deset godina kasnije kada ga je John F. Rockart primenio na MIT Sloan School of Management, a CSF's je definisao kao nekoliko ključnih oblasti u okviru kojih se aktivnosti moraju obavljati dobro (Rockart, 1979).

Postoji nekoliko kategorizacija kritičnih faktora uspeha, među kojima je najpoznatija kategorizacija koja kao kriterijum uzima područje implementacije, kao što su: privreda, strategija, životna sredina i vreme, kao i kategorizacija koja kao kriterijum uzima tipsku dimenziju i za kritične faktore uspeha organizacije nominuje njih devet: finansije - pozitivan bilans poslovanja, rast prihoda i ostvarena dobit, povećanje broja kupaca/korisnika usluga, povećanje zadovoljstva kupaca/korisnika usluga, kvalitet, razvoj proizvoda/usluge, intelektualni kapital, strateški odnosi, privlačenja i zadržavanje zaposlenih, odnosno ukupna održivost poslovanja (Black i Porter, 1996).

Za upravljanje performansama organizacije od izuzetnog značaja je identifikovanje kritičnih faktora uspeha, kako bi se na pravi način tumačili rezultati poslovanja, posebno kod organizacija koje su implementirale SMS/odnosno IMS i kod kojih postoji određen disbalans između dostignutog nivoa upravljanja performansama i indikatora ekonomske održivosti poslovanja. Metodologija za ocenu kritičnih faktora uspeha zasnovana je u prvom koraku na izboru transportnih organizacija koje su predmet istraživanja a zatim na izboru metode kojom će se doći do potvrde uspostavljene hipoteze da se identifikovanjem kritičnih faktora uspeha dolazi se do saznanja o specifičnim (suštinskim) problemima transportnih organizacija, koji mogu da onemoguće implementaciju ili umanje efekte implementiranih SMS/ IMS.

2.1. Predmet istraživanja

Imajući u vidu kompleksnost i složenost problematike poslovanja transportnih organizacija, definisanje kategorije transportnih organizacija koje će biti predmet istraživanja, zasnovano je na određenom broju kriterijuma, od kojih su bili dominanti: transportne organizacije su veliki sistemi, u železničkom ili drumskom saobraćaju, njihovo funkcionisanje je od javnog značaja i poželjno je da svaka od njih ima različit nivo implementacije SMS/ IMS.

Istraživanju se, na osnovu navedenih kriterijuma, pristupa analizom četiri transportne organizacije, navedene u tabeli 1, sa podacima o dostignutom nivou implementacije SMS/IMS.

Železnice Srbije (danas Srbija voz a.d.), su najveća i jedina organizacija za gradski, prigradski, regionalni i međunarodni železnički prevoz putnika u Srbiji, nije do danas uvela ni jedan SMS.

Tabela 1. Nivo impementacije SMS/IMS u organizacijama koje su predmet istraživanja

R.br.	Transportna organizacija	Broj SMS	Način i godina implemetacije SMS
1.	Organizacija A - Železnice Srbije	0	Nema implementiranih SMS
2.	Organizacija B - Gradsko saobraćajno preduzeće Beograd	2	Pojedinačno - QMS u 2008.god, EMS u 2011.god.
3.	Organizacija C - Saobraćajno preduzeće Lasta	2	Istovremeno QMS i EMS u 2010.god.
4.	Organizacija D - Željeznički prevoz Crne Gore	4	Istovremeno QMS, EMS, OHSAS i ISMS u 2015.god.

QMS – Menadžment sistem kvaliteta; EMS - Menadžment sistem životne sredine;
OHSAS - Menadžment sistem zdravlja i bezbednosti zaposlenih: ISMS - Menadžment sistem bezbednosti informacija

Kao pandan njoj, za predmet istraživanja izabrana je i železnička transportna organizacija u Crnoj Gori, koja se bavi prevozom putnika i smatra se velikom organizacijom, s obzirom na broj zaposlenih u odnosu na broj stanovnika i dužinu železničke mreže koju pokriva, sa 4 SMS, koje je istovremeno implementirala.

Organizacije, Gradsko saobraćajno preduzeće Beograd i Saobraćajno preduzeće Lasta, kao dve najveće organizacije u Srbiji za gradski, prigradski, regionalni i međunarodni drumski prevoz putnika, imaju implemetirana 2 SMS, sa različitim načinom implementacije – pojedinačno (QMS u 2008.god, EMS u 2011.god.) i istovremeno (QMS i EMS u 2010.god.).

2.2. Ekspertska ocena kritičnih faktora uspeha

Metode ekspertskih ocena se često koriste u prognozama, prilikom izrade planova razvoja i pripremi značajnih strateških odluka. Međutim, značajna je njihova primena i u situacijama kada je potrebno odrediti nivo tehnološkog napretka, odnosno procene primene novih tehnologija, alata upravljanja ili menadžerskih akcija.

Suština metode je u formiraju zaključaka na osnovu stavova eksperata, odnosno stručnjaka u određenim oblastima, gde je u prvom planu intuitivno davanje odgovora na postavljena pitanja. Međutim, iza intuicije stoji stručnost, znanje i iskustvo eksperta, koje je neprocenjivo u situacijama kada kvantitativni podaci nisu dostupni ili nisu adekvatni (Mair i dr., 2009).

Za potrebe ekspertske ocene kritičnih faktora uspeha transportnih organizacija autori su, izvršili selekciju eksperata/stručnjaka za koje su sigurni da uz višegodišnje iskustvo i odlično poznavanje sistema u kome rade, poseduju i sposobnost uočavanja problema, osobine ličnosti koje karakteriše nepristrasnost i objektivnost, kao i motiv da rešavaju probleme vezane za unapređenje poslovanja organizacije u kojoj rade.

Imajući u vidu da broj kritičnih faktora uspeha koji se spominju u literaturi varira od 5-8, pa čak i do 24 faktora (Black i Porter, 1996), njihovom analizom može se izvesti zaključak da njihova klasifikacija uglavnom nastaje kao posledica specifičnosti pojedinih delatnosti, izabrane poslovne strategije, zahteva koje nameću ekonomske i tehnološke promene u okruženju ili potrebe za organizacionim promenama unutar organizacije.

Imajući u vidu osobenost našeg društveno-ekonomskog poretka autori rada su ekspertima/stručnjacima u svakoj organizaciji ponudili da rangiraju po važnosti specifičan set kritičnih faktora uspeha, koji nije u tom smislu zastupljen u literaturi, ali po njihovom

mišljenju, dominantno utiče na održivo poslovanja organizacije: 1) Ambijent u kome posluje organizacija, 2) Depolitizacija manadžemnta, 3) Stručan i obučen kadar, 4) Timski rad i međuljudski odnosi i 5) Nagrađivanje.

Svi eksperti/stručnjaci, koji su pozvani da učestvuju u istraživanju ocenjivali su kritične faktore uspeha u svojoj organizaciji na osnovu istraživačkog pitanja koje je prikazano u tabeli 2.

Tabela 2 Istraživačko pitanje vezano za kritične faktore uspeha organizacije

Pitanje	Kritični faktori uspeha organizacije:	
1	Ambijent u kome posluje organizacija	Odgovore poređati po važnosti
2	Depolitizacija manadžemnta	
3	Stručan i obučen kadar	
4	Timski rad i međuljudski odnosi	
5	Nagrađivanje	

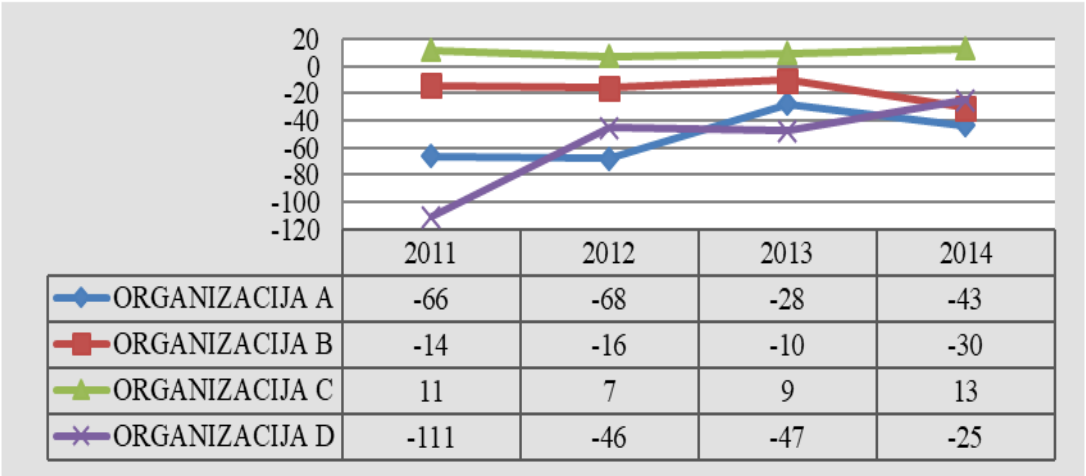
Ukupan broj ispitanika iznosi N=132 (N_A=68; N_B=25; N_C=21; N_D=18;) najviše ispitanika ima radni staž preko 20 godina, (N=59, 45%), zatim od 5 do 15 godina (N=42, 32,0%), a od 16 do 20 godina (N=39, 23,0%).

Za ispitanike koji su učestvovali u anketi se može reći da imaju visok nivo kompetencije, jer 68% od ukupnog broja ispitanih imaju više od 15 godina radnog staža, a 72% od ukupnog broja ispitanih radi u sektorima čija oblast rada je vezana za tehnologiju transporta, strategiju i razvoj organizacije. Navedeno se može smatrati dovoljnim dokazom da ispitanici pripadaju kategoriji eksperata/stručnjaka, kada je reč njihovoj mogućnosti i kompetenciji da ocene kvalitet funkcionisanja sistema u kome rade i procene faktore koji se mogu smatrati kritičnim za poslovni uspeh organizacije.

3. REZULTATI I DISKUSIJA SPROVEDENOG ISTRAŽIVANJA

Osnovni motiv za realizaciju istraživanja koje se odnosi na kritične faktore uspeha transportnih organizacija predstavljala je spoznaja da nivoi implementacije SMS/IMS nisu u proporciji sa ostvarenim finansijskim rezultatima poslovanja, koje iskazuju posmatrane transportne organizacije. Iako se do skoro smatralo da transportne organizacije, posebno one koje posluju kao javna preduzeća, nemaju obavezu da posluju po tržišnim principima, ne može se zanemariti finansijski aspekt njihovog poslovanja, čiju suštinu čini indikator koji predstavlja odnos ukupno ostvarenog prihoda i rashoda transportne organizacije - Koeficijent dobitka/gubitka, prikazan na grafikonu 1.

Koeficijent dobitka/gubitka, u posmatranom periodu 2011-2014, je kod transportnih organizacija A i D, koje se bave prevozom putnika u železničkom saobraćaju negativan i značajno veći od organizacija B i C koje koje se bave prevozom putnika u drumskom saobraćaju. Organizacija C ima pozitivan koeficijent gubitka/dobitka, što znači da jedina posluje pozitivno, odnosno iskazuje dobit u svom poslovanju, za razliku od organizacija A, B i C. Razlozi za to svakako postoje i kompleksnog su karaktera, pri čemu prioritet svakako zauzima pitanje koje se odnosi na kritične faktore uspeha poslovanja transportnih organizacija, zbog čega je i izvršena ekspertska oceana u cilju dobijanja odgovora na to pitanje.



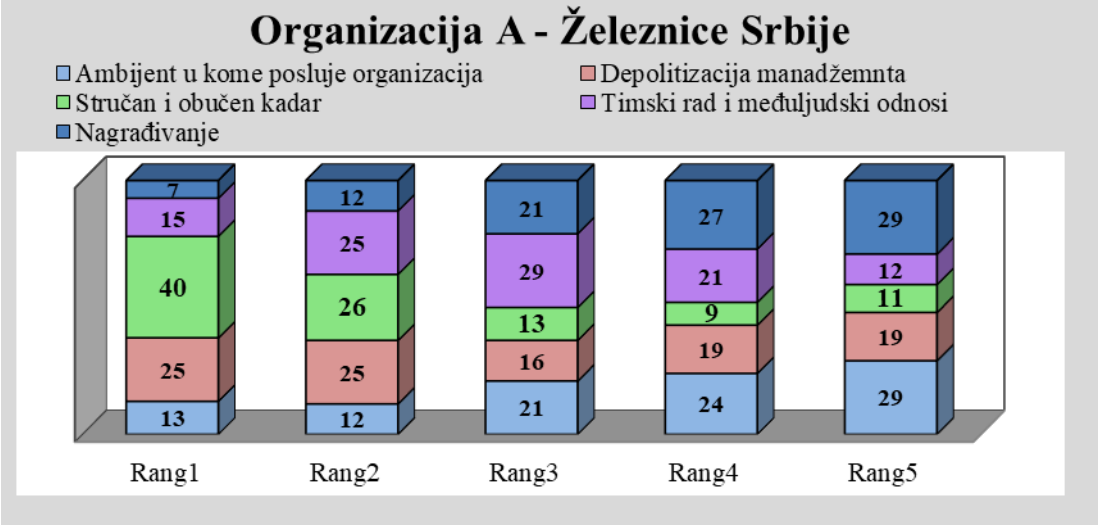
	2011	2012	2013	2014
ORGANIZACIJA A	-66	-68	-28	-43
ORGANIZACIJA B	-14	-16	-10	-30
ORGANIZACIJA C	11	7	9	13
ORGANIZACIJA D	-111	-46	-47	-25

Grafikon 1. Koeficijent dobitka/gubitka transportnih organizacija A,B,C i D

Kritični faktori uspeha Organizacija A, B, C i D prikazani su grafikonima 2,3,4 i 5.

U Organizaciji A, 40% ispitanika misli da je stručan i obučen kadar kritičan faktor uspeha, nakon čega sledi depolitizacija menadžmenta sa 25% zatim timski rad i međuljudski odnosi, pa tek onda ambijent u kome posluje organizacija i na kraju nagrađivanje.

Dobijeni rezultati mogu se tumačiti na više načina. Stručan i obučen kadar može da bude dominantan faktor održivosti poslovanja organizacije, ali može da se zaključi i da je do dominacije ovog faktora došlo kao posledica činjenice da se poslednjih decenija rukovodeći kadar i menadžment organizacija bira imenovanjem od strane Vlade, uglavnom po partijskoj pripadnosti.

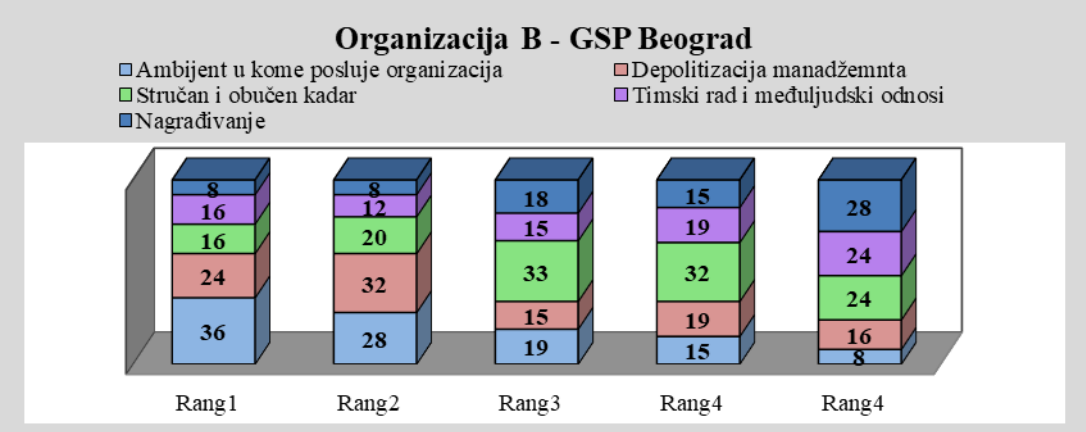


Grafikon 2. Kritični faktori uspeha Organizacije A

U tom smislu se profesionalizacija i obuka kadrova, kao i depolitizacija menadžmenta može smatrati uslovom održivosti poslovanja Organizacije A. Logičan zaključak koji se može izvesti na osnovu rezultata ankete je i neosporna činjenica da politizacija menadžmenta u negativnom smislu utiče na kadrovsku strukturu organizacije. Čest je slučaj u praksi da na rukovodeća mesta dolaze kadrovi sa nedovoljno iskustva u struci, kojom ćele da se bave i

rukovode. Danas se tom temom uglavom bave predstavnici civilnog društva i tema je više aktuelnih projekata koji se realizuju u više zemalja našeg regiona. Ujedinjenje nacije su takođe definisale koncept dobrog upravljanja donošenjem Rezolucije 2000/64, od strane Komisije UN-a za ljudska prava, kojom se identifikuju ključni atributi dobrog upravljanja, a to su transparentnost, odgovornost, učešće kao odgovor na potrebe građana/korisnika različitih vrsta usluga. Uvođenje profesionalnog kadra u posao, primena korporativnog upravljanja može direktno da utiče na depolitizaciju menadžmenta, jer se sistemski bavi pitanjima kao što su kontinuitet poslovanja, upravljanje rizicima, internom kontrolom, kompenzacijama članova odbora i menadžmenta usled čega privlači pažnju brojnih stejkholdera. Sistem kao što je Organizacija A zahteva hitne reforme koje nisu formalnog karaktera već organizovan sistemski pristup uspostavljanju održivog poslovnog sistema, zasnovan na principima: 1) održivog poslovanja, 2) sistema upravljanja performansama organizacije i 3) integrisanih menadžment sistema.

Kod Organizacije B 36% ispitanika misli da je ambijent u kome posluje organizacija kritičan faktor uspeha, nakon čega sledi depolitizacija menadžmenta sa 24%, zatim stručan i obučen kadar i timski rad i međuljudski odnosi sa po 16%, pa tek na kraju nagrađivanje 8%.

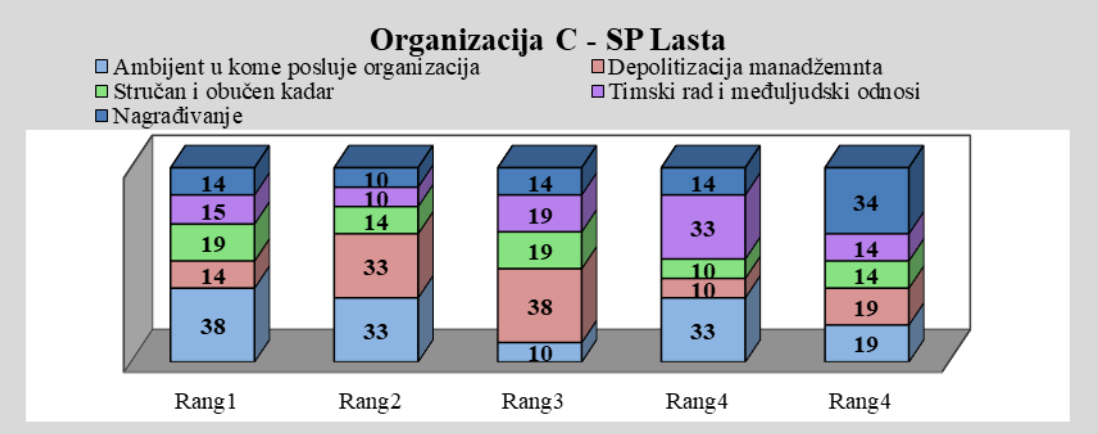


Grafikon 3. Kritični faktori uspeha Organizacije B

Kao i kod Organizacije A depolitizacija nije dominantan, ali je značajan kritičan faktor uspeha koji može da se protumači i kao posledica ambijenta u kome posluje organizacija. Poslovni ambijent predstavlja kombinaciju društvenih, pravnih, ekonomskih, fizičkih i političkih faktora koji utiču na različite aktivnosti poslovanja organizacije i njenu ukupnu održivost (Parnell, 2013). Svaka promena poslovnog ambijenta u većini slučajeva negativno utiče na poslovanje organizacija. Poslovni ambijent visoko ekonomski i tehnološki razvijenih zemalja se značajno razlikuje od zemalja sa nerazvijenom i osiromašenom privredom, sa visokom stopom nezaposlenosti, značajnim rastom troškova života i visoke stope siromaštva, posebno kod pojedinih društvenih grupa. Razlika je pre svega u obilju poslovnih mogućnosti, dinamičnom i složenom okruženju i intenzivno konkurentnom tržištu (Sougata, 2004). Za razliki od Organizacije A, Organizacija B je shvatajući težinu svog položaja i izazova sa kojima se susreće, ušla u proces implementacije SMS, ali bez očekivanih pratećih efekata vezanih za ekonomsku održivost poslovanja, jer Organizacija B i dalje posluje za značajnim gubicima, što bi trebalo da bude predmet daljih istraživanja.

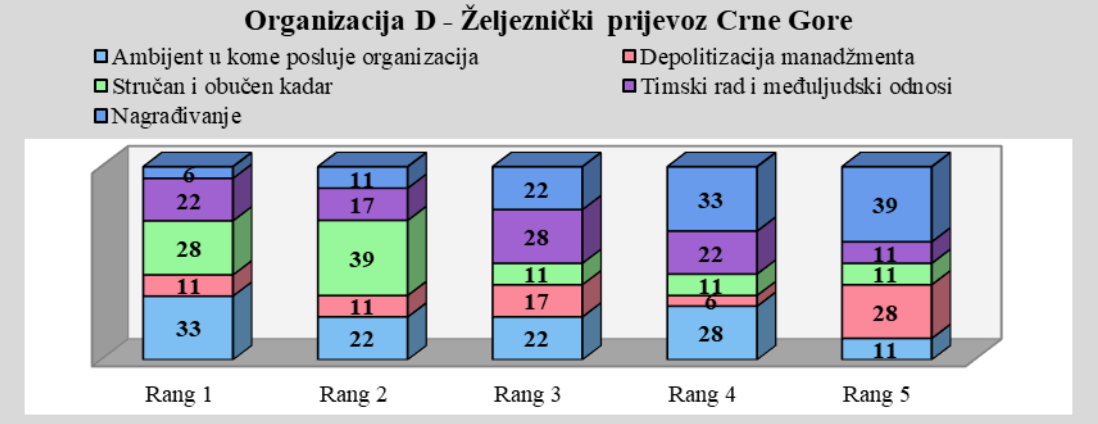
Ispitanici Organizacije C, njih 38% smatra da je ambijent u kome posluje organizacija kritičan faktor uspeha, zatim sa 19% sledi stručan i obučen kadar, a isti značaj od 14% je dat

depolitizaciji menadžmenta, timskom radu i međuljudskim odnosima i nagrađivanju, što je prikazano na grafikonu 4. U odnosu na posmatrane Organizacije A i B, Organizacija C od uvođenja SMS/ IMS ima pozitivan bilans poslovanja, odnosno koeficijent dobiti raste, u odnosu na prvu godinu uvođenja SMS je povećan 12 puta. Kritičan faktor uspeha, koji se odnosi na uticaj poslovnog ambijenta na performanse organizacije, je dominantan kao i kod Organizacije B što ukazuje da je to ipak objektivan činilac koji utiče na poslovan uspeh organizacije. U svakoj državi, bez obzira na dostignuti nivo ekonomskog razvoja, unapređenje poslovnog ambijenta je kompleksan i dugotrajan proces na kome, stimulativnim i podsticajnim merama i odlukama zakonodavne prirode, treba da rade državne institucije, uz aktivno učešće vlasnika, akcionara i zaposlenih.



Grafikon 4. Kritični faktori uspeha Organizacije C

Za Organizaciju D, sa 4 implementirana SMS kritični faktori uspeha su ambijent u kome posluje organizacija sa 33%, stručan i obučen kadar sa 28% i timski rad i međuljudski odnosi sa 22%.

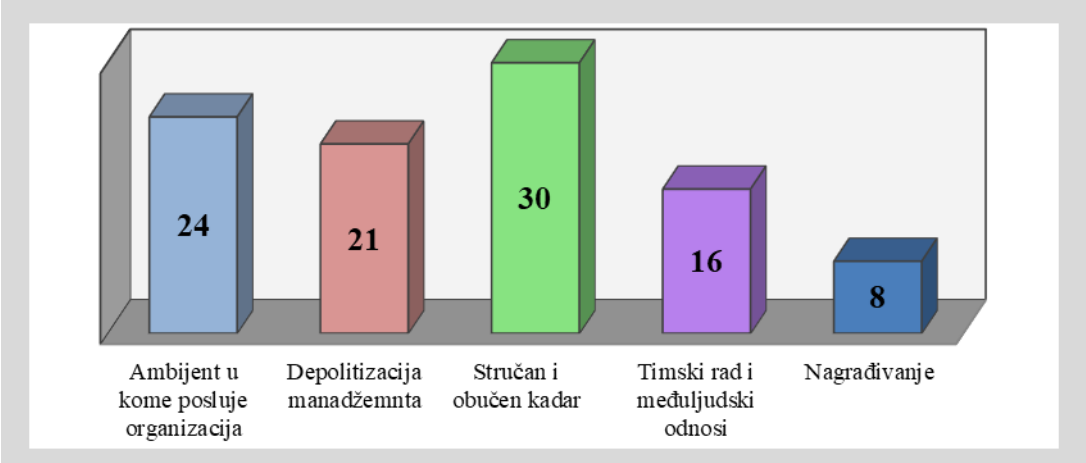


Grafikon 5. Kritični faktori uspeha Organizacije D

Uvođenjem SMS/ IMS, očigledno je da se smanjuje prostor za uticaj politike, odnosno, ako i postoji uticaj u domenu izbora menadžmenta i rukovodećeg kadra, nije moguće urušiti uspostavljen sistem upravljanja performansama, jer je on standardizovan, stavljen u funkciju uspeha organizacije. Pored navedena dva kritična faktora uspešnosti (ambijent u kome posluje organizacija i stručan i obučen kadar) u Organizaciji D, kao značajan, izdvaja se i faktor

uspešnosti koji se odnosi na timski rad i međuljudske odnose. Ovaj primer nije netipičan, jer je praksa pokazala da se organizacije na prvom koraku implementacije SMS/odnosno IMS susreću sa problemom timskog rada. Za uspešno uspostavljanje SMS potrebno je definisati načine rada timova i odgovornosti za članove tima, što podrazumeva i dobre međuljudske odnose između članova tima (Avery, 2001; Maginn, 1994). Ukoliko se rezultati uporede sa Organizacijom A, koja je isto kao i Organizacija D železnička kompanija a nije implementirala nijedan SMS na prvi pogled može delovati da nema značajne razlike. Međutim, trend smanjivanja Koeficijenta dobitka/gubitka (grafikon 1) ima tendenciju opadanja što nedovosmisleno govori o kontinuiranom ozdravljenju finansijskog poslovanja sistema a potvrđuje i činjenicu da promene kod velikih sistema kao što je železnica nije moguće realizovati u kratkom vremenskom roku, bez obzira na želju i dobru poslovnu ideju.

Konačna rekapitulacija istraživanja, koja se odnosi na procenu prosečne dominacije faktora uspešnosti, kojima su eksperti dali Rang 1, u posmatranim transportnim organizacijama, prikazana na grafikonu 6.



Grafikon 6. Prosečna dominacija kritičnih faktora uspeha koji imaju Rang 1

Kao što se jasno vidi 30% ispitanika misli da je Stručan i obučen kadar dominantan faktor koji utiče na poslovanje transportnih organizacija, a sa 24% sledi Ambijent u kome posluje organizacija. Depolitizacija menadžmenta je na trećem mestu sa 21%, a zatim Timski rad i međuljudski odnosi sa 16% i na poslednjem mestu Nagrađivanje sa 8%.

4. ZAKLJUČAK

Identifikovanjem kritičnih faktora uspeha dolazi do saznanja o specifičnim (suštinskim) problemima transportnih organizacija, koji mogu da onemoguće implementaciju ili umanje efekte implementacije SMS/odnosno IMS. Istraživanje je pokazalo se da su stručan i obučen kadar i ambijent u kome posluje transportna organizacija dominantni kritični faktori uspeha transportnih organizacija, posle kojih slede depolitizacija menadžmenta, timski rad i međuljudski odnosi, pa tek na kraju nagrađivanje zaposlenih. Dobijeni rezultati se mogu smatrati dragocenim i na neki način motivišućim, jer su istraživanja pored navedenog nedvosmisleno pokazala da put ka unapređenju poslovanja svake organizacije vodi i preko timskog rada zaposlenih i dobrih međuljudskih odnosa. Može se smatrati iznenađenjem da je kritičan faktor uspeha koji se odnosi na nagrađivanje zaposlenih na poslednjem mestu po

važnosti. To sigurno ne znači da su zaposleni zadovoljni nagradama koje dobijaju za svoj rad, jer je prosek zarada u našem društvu daleko ispod proseka u razvijenim zemljama EU. Na neki način to se može tumačiti i stanjem koje je dominantno u našem društvu, a koje je vezano za visoku stopu nezaposlenosti. Zaposleni očigledno po svaku cenu žele da zadrže posao koji imaju, ali se pri tome otvara pitanje njihove motivisanosti za taj posao i uticaja takve motivisanosti na održivost poslovanja organizacije. Istraživanje kritičnih faktora uspešnosti ukazuje da ulogu u procesu uspostavljanja uspešne transportne organizacije imaju sve zainteresovane strane, pri čemu se posebno ističe uloga države, koja ima moć da odgovarajućim zakonskim i pravnim okvirom uspostavi/promeni poslovni ambijent u kome transportne organizacije imaju šansu da posluju sa pozitivnim bilansom, ne ugrožavajući pri tome interese korisnika transportne usluge. Pored države, nije bez značaja uloga menadžmenta (lidera), od koga se očekuje da proaktivnim ponašanjem i primenom savremenih znanja i dostignuća, koja su danas svima koji to žele dostupna, unaprede poslovanje transportnih organizacija, sa fokusom na zadovoljenje potreba korisnika usluga. Problematika koja je izložena u radu ukazuje na postojanje ozbiljnih problema sa kojima se suočavaju transportnih organizacije u svom poslovanju, a zbog svoje složenosti ostavlja dosta prostora i mogućnosti za dublja i kompleksnija istraživanja.

5. LITERATURA

Avery, C., (2001). Teamwork Is an Individual Skill: Getting Your Work Done When Sharing Responsibility. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, Inc.

Black, S. & Porter, L., (1996). Identification of critical factors of TQM, *Decision Sciences, Vol. 27, No. 1*, 1-21.

Colbert, B.A., & Kurucz, E.C., (2007). Three conceptions of triple bottom line business sustainability and the role for HRM. *Hum. Resour. Plan. 30*, 21–29.

Heleta, M., (2009). Uticaj standardizacije menadžment sistema na održivi uspeh organizacije, *Singidunum revija, Inženjerski menadžment, Volume 5, No.2,* 172-185.

Maginn, M. D., (1994). Effective Teamwork. Burr Ridge, IL: Irwin Professional Publishing.

Mair, C., Martincova, M. & Shepperd, M., (2009). A Literature Review of Expert Problem Solving using Analogy, EASE 2009 Evaluation and Assessment in Software Engineering, (http://bcs.org/upload/pdf/ewic_ea09_s5paper1.pdf. 24.11.2015).

Mašić B., (2001) Strategijski menadžment, Univerzitet "Braća Karić", treće dopunjeno izdanje, Beograd.

Parnell, J.A., (2013) Strategic Management: Theory and Practice, 4th ed, Sage Publications.

Rajković, D. & Aleksić., (2009) Corporative Motives on Implementation of Integrated Management Systems (IMS), (http://www.cqm.rs/2009/3iqc/18.pdf, 13.02.2016).

Rockart, J. F., (1979) Chief executives define their own data needs, *Harvard Business Review, 57 (2),* 81-93.

Sougata, R., (2004) Environment-strategy-performance linkages: A study of Indian firms during economic liberalization, *Vikalpa, 29(2),* 9-23.

Tomović, N., Pejčić-Tarle, S., Gladović, P. & Žunić, B., (2013) Performance management in the transport organizations - from theory to practiceicts 2013, Maritime, transport and logistics science, 6th International Conference on Transport Science, 27th of May 2013, Portoroz, Slovenia, Transport & Logistics, 07/04, 93-115.

Veen-Dirks, P. & Wijn, M., (2002) Strategic Control: Measuring Critical Success Factors with Balanced Scorecard, *Long Range Planning, Vol. 35*, No 4, 407-427.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

BEZBEDNOSNI PLANOVI KAO PREVENTIVA U TRANSPORTU OPASNOG TERETA*

SAFETY PLANS AS A PREVENTION IN THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS

Siniša Sremac[a], Tanja Arsić[b], Nenad Smiljanić[b], Branko Vukobratović[c], Gordan Stojić[a]

[a] *Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovica 6, Novi Sad 21000, Serbia, sremacs@uns.ac.rs, gordan@uns.ac.rs*

[b] *Center for Preventive technical and fire engineering, Koste Abraševića 7a, Valjevo 14000, Serbia, tanja.arsic@beotel.net*

[c] *Rico training centre, Arčibalda Rajsa 27, Belgrade 11000, Serbia, branko.vukobratovic@gmail.com*

***Apstrakt**: Prevoznici i pošiljaoci, kao i drugi učesnici u transportu opasne robe sa visokom potencijalnom opasnošću, moraju usvojiti, sprovoditi i primeniti bezbednosne planove. To je obavezna preventivna mera u transportu opasne robe sa visokom potencijalnom opasnošću posebno kod transporta radioaktivnih materija. Svaki bezbednosni plan mora imati određene elemente predviđene Evropskim sporazumom o međunarodnom drumskom transportu opasne robe – ADR-om.*

Prevoznik, pošiljalac i primalac treba da međusobno sarađuju, kao i sa nadležnim organima radi razmene informacija koje se odnose na ugrožavanje bezbednosti, preduzimanje odgovarajućih bezbednosnih mera i reakcija na događaje koji se tiču bezbednosti, tako da je pravilna izrada ovih planova od velikog značaja za bezbednost ljudi i zaštitu životne sredine.

***Ključne reči:** bezbednosni plan, zaštita životne sredine, bezbednost učesnika u transportu opasne robe*

***Abstract**: Carriers and senders as well as other participants in the transport of dangerous goods with high potential danger must adopt, implement and apply safety plans. This is a mandatory preventive measure in the transport of dangerous goods with high potential danger, especially for the transport of radioactive materials with high potential danger. Each security plan must have certain elements foreseen by the European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road - ADR.*

The carrier, the sender and the recipient should cooperate with each other and with competent authorities as well, in order to exchange information related to the threat to safety, to take appropriate safety measures and to respond to security related events. The proper development of these plans is of great importance for the safety of people as well as for the environment.

***Key words:** safety plan, environmental protection, safety of participants in the transport of dangerous goods*

1. UVOD

Opasne materije su one materije koje svojim svojstvima ili hemijskim reakcijama mogu ugroziti život i zdravlje ljudi, životnu sredinu i/ili materijalna sredstva (Sremac i dr, 2016). Sa

**Pregledni rad*

aspekta značaja za zaštitu životne sredine, ljudi i opasnosti, a na osnovu preporuka Ujedinjenih Nacija, donešeni su propisi za transport opasnog tereta u svim vidovima saobraćaja. To je doprinelo uređenosti u ovoj oblasti kada je reč o bezbednosti transporta, obavezama i dužnostima prevoznika, pošiljaoca, primaoca i drugih učesnika u transportu. Transport opasne robe u organizacionom i tehničko-tehnološkom smislu predstavlja stalnu opasnost za sve koji na posredan ili neposredan način dolaze u kontakt sa ovom vrstom robe (Krstić i Mlađan, 2007). Zbog mogućih negativnih delovanja opasnih materija, njihov transport mora biti organizovan po određenim pravilima kako bi rizik od nezgoda bio minimalan, odnosno da posledice akcidenata budu svedene na najmanju moguću meru (Tanackov i dr, 2012).

Svi učesnici u transportu opasnog tereta, u zavisnosti od svojih odgovornosti, moraju voditi računa o zahtevima bezbednosti. Jedan od tih zahteva je i bezbednosni plan koji je definisan je Evropskim sporazumom o drumskom transportu opasnog tereta – ADR-om. U ovom slučaju, pod pojmom bezbednost podrazumevaju se mere predostrožnosti, koje se moraju preduzeti da bi se sprečila krađa ili zloupotreba opasnog tereta, koji bi mogao da ugrozi lica, imovinu ili životnu sredinu (http://www.utot.gov.rs/, 30.07.2017.).

Predviđeno je da prevoznici i pošiljaoci, kao i drugi učesnici koji učestvuju u transportu tereta sa visokom potencijalnom opasnošću moraju usvojiti, sprovoditi i primeniti bezbednosne planove. Obaveza izrade i sprovođenja bezbednosnog plana učesnika u transportu opasnog tereta sa visokom potencijalnom opasnošću propisana je i članom 34. Zakon o transportu opasne robe (Službeni glasnik Republike Srbije, 2016).

Tereti sa visokom potencijalnom opasnošću su oni kod kojih postoji mogućnost zloupotrebe u terorističke svrhe i koji mogu da dovedu do ozbiljnih posledica kao što su masovni gubici života ljudi ili velika ekonomska razaranja (ADR, 2015). Bezbednosni rizik, opasnost od izazivanja požara, eksplozije, krađe autocisterne i slično, prisutan je tokom punjenja, prevoza, prijema i istakanja opasnih materija (Sremac i dr, 2016). Iz tih razloga je jako važno da bezbednosni plan bude dobar. Njegova vrednost se ogleda u stručnosti bezbednosnog savetnika koji ga definiše i u spremnosti preduzeća da ga u potpunosti primeni, kako zbog svoje tako i zbog bezbednosti ostalih učesnika u saobraćaju.

2. OPASAN TERET SA VISOKOM POTENCIJALNOM OPASNOŠĆU

Spisak opasnog tereta za visokom potencijalnom opasnošću po klasama ili podklasama ukoliko ih ima, dat je u tabeli 1. U koloni 1 su prikazane klase opasnih materija gde su: klasa 1 - eksplozivne materije i predmeti sa eksplozivnim materijama, klasa 2 – gasovi, klasa 3 - zapaljive tečne materije, klasa 4.1 - eksplozivne čvrste materije umanjene osetljivosti, klasa 4.2 - samozapaljive materije, klasa 4.3 - materije koje u dodiru sa vodom razvijaju zapaljive gasove, klasa 5.1 - oksidirajuće materije, klasa 6.1 - otrovne materije, klasa 6.2 - zarazne materije, klasa 7 - radioaktivne materije i klasa 8 - nagrizajuće materije. Može se primetiti da su pojedine klase opasnih materija isključene iz spiska tereta sa visokom potencijalnom opasnošću. Tako na primer kod klase 3, u materije sa visokom potencijalnom opasnošću spadaju zapaljive tečnosti ambalažne grupe I i II, dok su izuzete zapaljive tečnosti ambalažne grupe III. Ambalažne grupe imaju sledeće značenje: materije koje poseduju velike opasnosti pakuju se u ambalažnu grupu I, materije srednje opasnosti u ambalažnu grupu II i materije srednje opasnosti u ambalažnu grupu III. Sada je jasnije zašto su iz spiska tereta sa visokom potencijalnom opasnošću izuzete opasne materije klase 3 ambalažne grupe III. Slična je

situacija i kod nekih drugih klasa opasnih materija, gde se u spisku tereta navode samo materije ambalažne grupe I, kao što je slučaj kod podklase 4.2, 4.3, 5.1, 6.1 i 8.

Tabela 1: Spisak tereta sa visokom potencijalnom opasnošću (ADR, 2015)

Klasa	Podklasa	Materija ili predmet	Količina		
			Cisterna (litar)	rasuti teret (kg)	komad za otpremu (kg)
1	1.1	eksplozivi	[a]	[a]	0
	1.2	eksplozivi	[a]	[a]	0
	1.3	eksplozivi grupe kompatibilnosti *C*	[a]	[a]	0
	1.5	eksplozivi	0	[a]	0
2		zapaljivi gasovi (klasifikacionih kôdova koji sadrže samo slovo *F)*	3000	[a]	[b]
		otrovni gasovi (klasifikacionih kôdova, koji sadrže slova *T, TF, TC, TO, TFC* ili *TOC*) sa izuzetkom pakovanja gasa pod pritiskom	0	[a]	0
3		zapaljive tečnosti ambalažne grupe I ili II	3000	[a]	[b]
		desenzitivisani eksplozivi	[a]	[a]	0
4.1		desenzitivisani eksplozivi	[a]	[a]	0
4.2		materije ambalažne grupe I	3000	[a]	[b]
4.3		materije ambalažne grupe I	3000	[a]	[b]
5.1		oksidirajuće tečnosti ambalažne grupe I	3000	[a]	[b]
		perlhorati, amonijumnitrat i đubrivo na bazi amonijumnitrata	3000	3000	[b]
6.1		otrovne materije ambalažne grupe I	0	[a]	0
6.2		zarazne materije kategorije *A* (*UN* -brojevi 2814 i 2900)	[a]	0	0
7		radioaktivne materije	3000 A_1 (u posebnom obliku) ili 3000 A_2 u komadima za otpremu tipa *B(U)-*, *B(M)-* ili *C-*		
8		nagrizajuće materije ambalažne grupe I	3000	[a]	[b]

[a] *ne primenjuje se*
[b] *u zavisnosti od količine ne važe propisi za materije sa visokom potencijalnom opasnošću*

Vrednost navedena u četvrtoj koloni tabele 1 koja se odnosi na cisterne važi samo ako je dozvoljen transport u cisternama prema koloni 10 ili 12 tabele A poglavlja 3.2 ADR-a (https://www.unece.org/. 17.07.2017.). Za materije koje nisu dozvoljene za transport u cisternama, podatak u ovoj koloni se ne primenjuje.

Vrednost u četvrtoj koloni koja se odnosi na rasuti teret važi samo ako je dozvoljen transport u rasutom stanju prema koloni 10 ili 17 tabele A poglavlja 3.2 ADR-a . Podatak u ovoj koloni se ne primenjuje za materije koje nisu dozvoljene za transport u rasutom stanju .

Sledeći korak je utvrditi da li količina datog opasnog terete prelazi propisane granice. Da bi se utvrdilo da li opasan teret ima visoku potencijalnu opasnost, prvo se mora poznavati način otpreme robe: da li je to otprema materije u cisterni u tečnom stanju, kao rasuti teret ili je reč o komadu za otpremu.

Na primer eksplozivi koji se uglavnom otpremaju kao komadni teret (osim podklase 1.5) imaju granicu 0 zbog svoje, opšte poznato, visoke potencijalne opasnosti. To znači da u

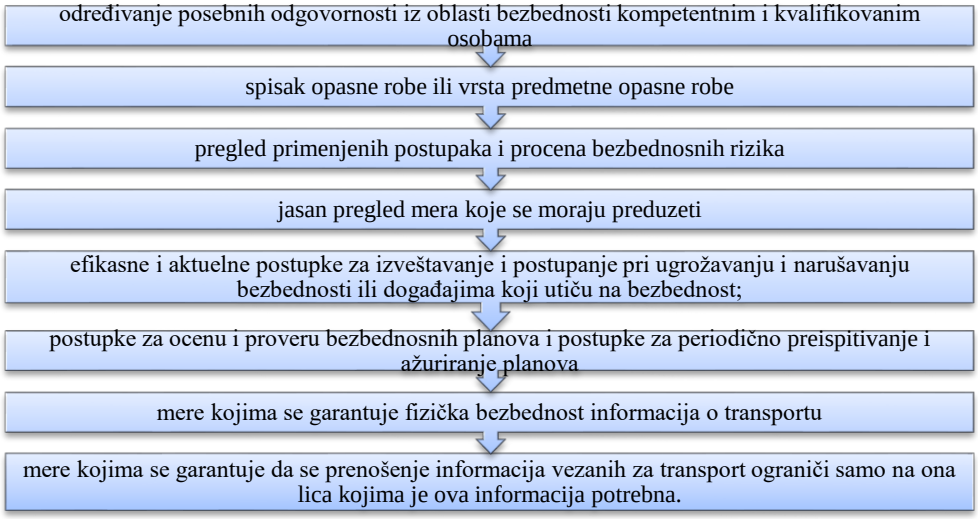
slučaju transporta bilo koje količine opasne materije klase 1, postoji obaveza izrade bezbednosnog plana.

Sledeći primer su zapaljive tečne materije ambalažne grupe I ili II koje se uglavnom otpremaju cisternama. Iz tabele se vidi da je granična vrednost 3000 l i za svaku količinu preko ove, neophodna je izrada bezbednosnog plana.

Za opasnu robu klase 7, radioaktivne materije sa visokom potencijalnom opasnošću su one sa aktivnošću istom ili većom od granične vrednosti za transportnu bezbednost od 3.000 A2 po komadu.

3. IZRADA BEZBEDNOSNOG PLANA

Kad se utvrdi da opasan teret prelazi granične vrednosti iz spiska opasnog tereta sa visokom potencijalnom opasnošću, pristupa se izradi bezbednosnog plana. U nastavku rada je na slici 1 po koracima predstavljen i nakon toga detaljno objašnjen postupak izrade jednog takvog plana (https://www.unece.org/. 17.07.2017.).



Slika 1. Postupak izrade bezbednosnog plana

1) Prvi korak u izradi je **određivanje posebnih odgovornosti** iz oblasti bezbednosti kompetentnim i kvalifikovanim licima sa odgovarajućim ovlašćenjima. Najčešće se to rešava imenovanjem Savetnika za bezbednostu transportu opasnog tereta.

2) Sledeći korak je **utvrđivanje spiska opasnih tereta ili vrste predmetnih opasnih tereta**. Vrši se pregled opasnih materija kojima se manipuliše u transportnom lancu i klasifikuje se prema tabeli 1 koja je već prethodno objašnjena.

3) Treći korak je **pregled primenjenih postupaka i procena bezbednosnih rizika**, uključujući sva neophodna zadržavanja u transportu, zadržavanje tereta u vozilima, cisternama ili kontejnerima pre, za vreme i nakon transporta i privremeno skladištenje opasnog tereta, radi promene vida saobraćaja ili prevoznog sredstva (pretovar).

Definiše se najduže vreme stajanja vozila na parkingu i da li su vozila prazna, što znači da ne postoji visoka potencijalna opasnost. Jedino zaustavljanje vozila koje prevozi teret sa

visokom potencijalnom opasnošću, odgovorno lice odobrava vozaču na pumpama kako bi se sipalo gorivo ili na parkingu namenjenom za vozila sa opasnim teretom. U inostranstvu vozila se parkiraju na ADR parkinge kako bi pravili pauze u skladu sa propisima iz oblasti bezbednosti saobraćaja na putevima. U Republici Srbiji ne postoje parkinzi namenjeni ADR vozilima.

Ukoliko ne postoji ADR parking, a vozač mora da parkira vozilo, onda se parkiranje vrši na parkingu koji se nalazi van naseljenog mesta i gde postoji lice koje čuva parking ili video nadzor. U tom slučaju vozač obaveštava lice koje čuva parking o opasnom teretu koji prevozi i parkira se na određenoj udaljenosti od ostalih vozila. Oko vozila se postavljaju saobračajni čunjevi kao upozorenje da je parkirano vozilo natovareno opasnim teretom.

4) **Jasan pregled mera** koje se moraju preduzeti u svrhu smanjenja bezbednosnih rizika saglasno odgovornostima i obavezama učesnika uključujući:

- Obuku svih koji učestvuju u transportnom lancu

Savetnik na osnovu godišnjeg plana vrši permanentno obuku zaposlenih za poslove manipulacije opasnim teretom (Ožegović i dr, 2016). Takođe, vozači koji imaju važeće sertifikate za transport opasnog tereta se periodično proveravaju u smislu osnovnog nivoa znanja koji bi trebalo da imaju u svakom trenutku. Vodi se evidencija o zaposlenima sa podacima o obimu obučenosti u zavisnosti od vida transporta.

- Bezbednosnu politiku

Na primer mere pri povećanoj opasnosti, kontrola pri zapošljavanju lica (utvrđuje se koje bi specifikacije i pojedinosti pri zapošljavanju trebao navesti svaki potencijalni radnik) ili premeštanju lica na drugo radno mesto.

- Opremu i sredstva koja se moraju koristiti za smanjenje bezbednosnih rizika

Svi učesnici u transportu opasne robe treba da su obučeni iz oblasti zdravlja, bezbednosti, životne sredine i protivpožarne zaštite, što znači da prisustvuju redovnim treninzima iz datih oblasti, kao i da su prošli odgovarajuću proveru znanja.

5) **Efikasne i aktuelne postupke za izveštavanje i postupanje pri ugrožavanju i narušavanju bezbednosti ili događajima koji utiču na bezbednost.** Regulisano je kroz jasno definisane postupke obaveštavanja, izrade dokumenta (izveštaja) o akcidentu, kao i mere za sprečavanje istih. Izrađuje se jedinstvena forma u kojoj se dostavljaju informacije o vanrednim događajima u transportu opasnog tereta, bez obzira na težinu posledica i vid transporta i manipulacije.

6) **Postupci za ocenu i proveru bezbednosnih planova i postupci za periodično preispitivanje i ažuriranje planova.** Rade se kroz Akcione planove sa definisanim obavezama i sprovodi ih Savetnik za bezbednost u transportu opasnog tereta, periodično na svakih 12 meseci.

7) Mere kojima se garantuje fizička bezbednost informacija o transportu, koje su sadržane u bezbednosnim planovima. Svi zaposleni imaju ovu obavezu potpisivanjem Ugovora o radu i dokumenta o poverljivosti podataka.

8) Mere kojima se garantuje, da se prenošenje informacija, vezanih za transport koje su sadržane u bezbednosnim planovima, ograniči samo na ona lica kojima je ova informacija

potrebna. Ove mere ne smeju da isključe potrebne informacije koje su opisane na drugim mestima u ADR-u.

4. ZAKLJUČAK

Izrada bezbednosnog plana kroz jasno navedene korake je od velikog značaja za bezbednost svih učesnika u transportu opasnog tereta i zaštitu životnu sredinu. Efikasna primena plana u praksi je bitna, a tome u velikoj meri doprinosi znanje, iskustvo, umeće i obaveštenost Savetnika za bezbednost koji ga i pravi. Rad Savetnika za bezbednost ogleda se u praćenju propisa, donošenju strateških odluka, obučavanju radnika, saniranju posledica i praćenju transporta. Značaj Savetnika za bezbednost u transportu opasnog tereta sagledan je, ne samo od strane Ujedinjenih Nacija, već i od strane država potpisnica ADR-a, koje su kroz pravne regulative definisala ulogu, zadatke i obaveze.

Dobar Bezbednosni plan pozitivno utiče na funkcionalno poslovanje preduzeća, na smanjenje rizika zagađenja, trovanja, požara, rasipanja, prosipanja i sličnih negativnih pojava. Takođe, ako se ovim planom utvrde tačne nadležnosti i obaveze svih zaposlenih u transportnom preduzeću, a naročito vozača, broj saobraćajnih nezgoda i njihove posledice bi se smanjile. Zato prevoznik, pošiljalac i primalac treba da sarađuju međusobno, kao i sa nadležnim organima radi razmene informacija koje se odnose na ugrožavanje bezbednosti, preduzimanje odgovarajućih bezbednosnih mera i odgovora (reakcije) na događaje koji se tiču bezbednosti.

5. ZAHVALNICA

Istraživanje realizovano u radu je finansiralo Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije u okviru projekta tehnološkog razvoja broj 36012.

6. LITERATURA

Evropski sporazum o međunarodnom drumskom prevozu opasne robe – ADR. (2015) *Službeni glasnik Republike Srbije* – Međunarodni ugovori br. 22/15.

http://www.utot.gov.rs/, 30.07.2017.

https://www.unece.org/. 17.07.2017.

Krstić B., Mlađan D. (2007). Bezbednost korišćenja vozila za prevoz opasnih materija u drumskom saobraćaju. *Mašinski fakultet u Kragujevcu.*

Ožegović B., Sremac S., Tadić Ž., Stević Ž. (2016). Značaj i uloga savetnika za bezbednost u transportu opasnog tereta železnicom. *Ecologica*. Vol. 23 (83), ISSN 0354-3285, 647-651.

Sremac S., Tanackov I., Ožegović B., Ziramov N. (2017) Analiza novog zakona o transportu opasne robe. Međunarodna naučna konferencija, Naučno-stručno društvo za zaštitu životne sredine Srbije, 167.

Sremac S., Tanackov I., Kopić M., Tadić Ž., Ziramov N. (2017). Analysis of extraordinary events in the transport of dangerous goods by rail in the Republic of Serbia. *The sixth international conference transport and logistics.* Niš. 177-181.

Tanackov, I., Tepić, G., Janković, Z. (2012). Pouzdanost transporta u sistemu opasnih materija i osnovne raspodele rizika. *Stručni skup Transport opasnog tereta*, Novi Sad.

Zakon o transportu opasne robe. (2016). *Službeni glasnik Republike Srbije* br. 104/2016.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

KLIMATSKE PROMENE I SAOBRAĆAJ PRETNJE KONCEPTU PLANETARNIH GRANICA ODRŽIVOG RAZVOJA*

CLIMATE CHANGE AND TRAFFIC TREAT TO THE CONCEPT OF PLANETARY BOUNDARIES AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Milovan R. Pecelj[a], Dejan Filipović[a], Milica Pecelj[b], Perica Gojković[c], Jelena Pecelj-Purković[b], Bojana Ristić[c]

[a]*University of Belgrade Faculty of Geography, Studentski trg 3, Serbia, milovanpecelj@yahoo.com; dejanf@EUnet.rs*

[b]*Faculty of Philosophy, University of East Sarajevo, Alekse Šantića bb, B&H, milicapecelj@gmail.com*

[c]*Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of East Sarajevo, Vojvode Mišića 52, 74000, Doboj, B&H, drperica@teol.net, bojana.ristic@hotmail.com*

***Apstrakt**: Smatra se da su savremene klimatske promene antropogenog porekla, koje su rezultat nekontrolisanog korišćenje fosilnih goriva kao primarnih izvora energije koje ugrožavaju održivi razvoj i krhku ekološku ravnotežu Zemlje. Saobraćaj je jedan od najznačajnijih nosilaca celokupnog privrednog razvoja, koji je posredno ili neposredno bio značajan korisnik fosilnih goriva i veliki emiter CO_2. Koncentracije CO_2 u atmosferi je u junu 2017. godine dostigla rekordan nivo od 406,17 ppm, koji predstavlja opasan rizik. Predložena granica rizika J. Rockströma, dovodi u pitanje funkciju održivog razvoja kao centralnog koncepta našeg doba. Uloga saobraćaja u produkciji CO_2 u velikim talasima tehnoloških promena, tema su planetarnih razmatranja na koje se osvrćemo. U radu su sagledani ciklusi „talasa Kondratijeva" o tehnološkim promenama, od industrijske revolucije do danas, zatim principi održivog razvoja Dž. Saksa i "Giddens paradox" kao poučan način razmišljanja.*

***Ključne reči:** Klimatske promene, saobraćaj, fosilna goriva, talasi Kondratijeva, Rockström rizici.*

***Abstract**: Contemporary climate changes of anthropogenic origin are thought to be the result of uncontrolled use of fossil fuels as primary sources of energy that endanger sustainable development and the fragile ecological balance of the Earth. Traffic is one of the most important carriers of overall economic development, which was directly or indirectly an important user of fossil fuels and a large CO_2 emitter. The CO_2 concentration in the atmosphere in June 2017 reached a record level of 406.17 ppm, which is a dangerous risk. The proposed risk limit of J. Rockström, calls into question the function of sustainable development as a central concept of our age. The role of traffic in the production of CO_2 in the great waves of technological change is the subject of the planetary considerations that we are looking at. The paper examines the cycles of the "Kondratiev Wave" on technological changes, from the Industrial Revolution to the present day, and the principles of sustainable development, J. Saxon and "Giddens paradox" as an instructive way of thinking.*

***Key words:** Climate changes, transport, fossil fuels, Kondratiev Wave, Rockström rizici, risks.*

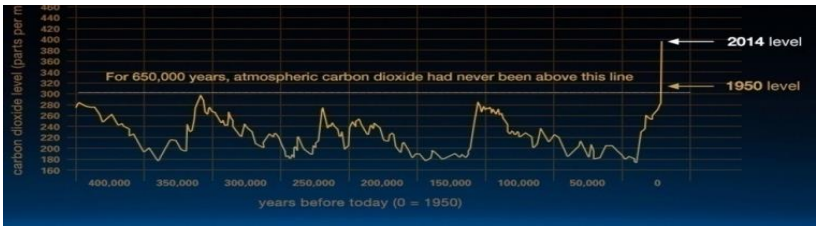
* ***Pregledni rad***

1. UVODNE NAPOMENE

Smatra se da je godišnji svetski autput ugljen dioksida (CO_2) bar oko 100 puta veći nego što je bio na početku industrijske revolucije. Vlada mišljenje da su savremene klimatske promene antropogenog porekla i kao takve ugrožavaju krhku ekološku ravnotežu planete Zemlje i njen održivi razvoj. Najznačajniji uzrok klimatskih promena je nekontrolisano korišćenje fosilnih goriva (ugalj, nafta, gas) kao primarnih izvora energije. Saobraćaj je značajan korisnik fosilnih goriva i veliki emiter ugljen dioksida. Budući da je on bio jedan od najznačajnijih nosilaca razvoja, to su energenati najznačajnije pitanje, od koga zavise globalni procesi koji se manifestuju kao klimatske promene.

2. KLIMATSKE PROMENE STVARNOST I PRETNJA

Gotovo da nema čoveka koji nije čuo za klimatske promene, ili pak da mu nije poznato njegovo značenje. Međutim, većina njih ne preduzima ništa da menja svoje navike iako zna da su klimatske promene, u poslednjih četiri decenije, izvor opasnosti i pretnja sveukupnom razvoju. Mnogi smatraju da ćemo u rešavanju globalnog zagrevanja „morati da se angažujemo i organizujemo kao da idemo u rat, samo što je u ovom slučaju neprijatelja teško identifikovati" (Gidens A. 2009). Radi se o ozbiljnoj opasnosti koja je naizgled apstraktna, međutim, njene posledice su razorne. Manji broj „skeptika" osporava savremene klimatske promene tvrdeći da one nisu dokazane.

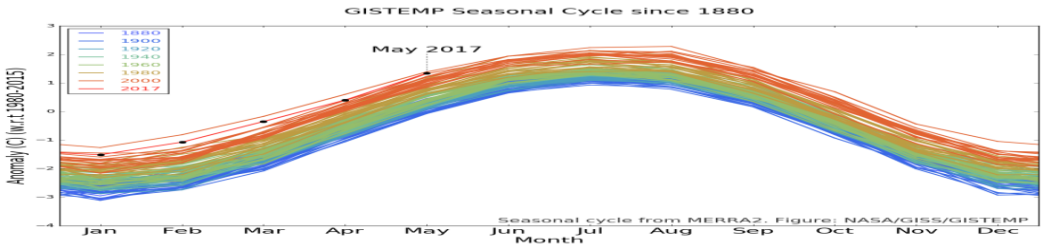


Slika 1. Nivo ugljen dioksida u poslednjih 650 000 godina do danas (Vostok ice core data/J.R. Petit et al.; NOAA Mauna Loa CO_2 record) Izvor: http://climate.nasa.gov.

Naučno je potvrđeno da CO_2 i drugi gasovi efekta stklene bašte utiču na prenos energije infracrvenog zračenja u atmosferi. Nagle promene dogodile su se krajem poslednjeg ledenog doba, pre oko 7.000 godina, kada se označava početak modernog klimatskog doba i ljudske civilizacije. Prva kontinuirana i precizna merenje atmosferskog CO_2 počela su 1957. godine na južnom polu, da bi 1958. godine započela merenja u Mauna Loa (Havaji). Na osnovu rezultata uzoraka, iz nekadašnje atmosfere, uzetih iz jezera Vostok na Antarktiku i novijih merenja vršenih u observatoriji Mauna Loa na Havajima (sl. 1) uočen je znatno povećan atmosferski CO_2 od industrijske revolucije (Petit i dr., 1999). Koncentracija CO_2 iznosila je u to vreme 567 mg/m. Od tada je rasla po stopi od 1,8 mg/m^3 godišnje do 1981. godine kada je iznosila 610 mg/m^3. Od 2001. do 2011. godine koncentracija CO_2 povećana je na 3,6 mg/m^3 na godišnjem nivou što je najveći rast, za poslednjih deset godina, od početka direktnog merenja. Na osnovu ove stope rasta, zagađenja u 2016. godini, koncentracija CO_2 je premašila vrednost od 720 mg/m^3. Upoređenja radi, u predindustrijskom periodu koncentracija CO_2 iznosila je 504 mg/m^3. To je vrednost koja se obično koristi kao referentna tačka za upoređivljnje trenutne situacije i budućih predviđanja. Koncentracija CO_2 trenutno je veća za 40% nego u predindustrijskom razdoblju i ukoliko se nastavi trend rasta, ona bi bila tri puta veća do 2100. godine i dostigla bi vrednost od 1.170 – 1.745 mg/m^3 (Prema IPCC -

Međuvladin panel o klimatskim promenama). Abnormalno visok dnevni prosek koncentracije CO_2 u atmosferi zabeležen je 9. maja 2013. godine kada je premašio do tada nedostižnu granicu od 400 ppm. Vrednost CO_2 je u martu 2017. godine bila je 405.6 ppm, a u aprilu 2017. godine dostiže najveću vrednostod 406,17 ppm (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Trend globalnog zagrevanja odvija se po stopi koja je bez presedana u proteklih 1.300 godina. Ledena jezgra izvučena iz dubina Grenlanda, Antarktika i tropskih glečera pokazuju da klima Zemlje reaguje na promene nivoa gasova staklene bašte (National Research Council – NRC, 2006). Na osnovu mesečne analize globalnih temperatura na Godard institutu za svemirske studije u Njujorku (NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS), maj 2017. godine je bio drugi najtopliji maj u poslednjih 137 godina instrumentalnog perioda. U poslednje dve godine maj mesec (2016 i 2017) je za 0.93 ^oC i 0.88 ^oC topliji od srednje temperature maja (1951-1980). Naučnici NASA Godard Instituta za svemirske studije smatraju da se nastavlja dugoročni trend rasta globalne temperature. Najveće zagrevanje uočava se, od 1970. godine, a od 1981. godine zabeleženo je 20 najtoplijih godina (sl. 1). Deset najtoplijih godina desile su se od 1998. godine, dok je od proseka hladnija bila samo 1976. godina (Peterson i Baringer, 2009). Najveći temperaturni srednjak zabeležen je u 2014 i 2015. godini. Direktor Svetske meteorološke agencije Mišel Žaro smatra da „nema mirovanja globalnom otopljavanju".



Slika 2. Mesečne temperaturne anomalije u period 1880-2015 (srednji sezonski ciklus)

Na osnovu mesečne analize globalnih temperature na Godard institute za svemirske studije u Njujorku, maj 2017. godine je bio drugi najtopliji maj u poslednjih 137 godina instrumentalnog perioda (Sl. 2). U poslednje dve godine maj mesec (2016 i 2017) je za 0.93 ^oC i 0.88 ^oC topliji od rednje temperature maja (1951-1980).

Na drugoj strani, globalni nivo mora rastao je u prošlom veku za oko 17 cm. Stopa rasta je skoro dvostruko veća u poslednjoj deceniji od iste u prošlom veku (Church i White, 2006).

3. SAOBRAĆAJ I EMISIJA UGLJEN DIOKSIDA

Istraživanje globalne emisije antropogenih gasova staklene bašte u periodu od 1970 do 2004. godine pokazuje da saobraćaj učestvuje u emisiji CO_2 sa 13,1 % (Klimatske promjene 2007, sažeti izveštaj, 2010). Nekoliko primera ukazuje na ulogu saobraćaja u emisiji CO_2. Denver (SAD) je početkom 20-og veka imao pola miliona stanovnika, ali je proizvodio dva puta više CO_2 po osobi (21,5 tona godišnje) nego Njujork sa osam miliona stanovnika. Razlog je što u Njujorku stanovništvo više koriste javni prevoz nego što se voze sopstvenim kolima. U Torontu (Kanada), koji ima vrlo razvijen javni prevoz, ispušta se samo 1,3 tone CO_2 po stanovniku godišnje. Iz istih razloga mnogi veliki evropski gradovi proizvode dva puta manje CO_2 po glavi stanovnika od brojnih severnoameričkih metropola. Parižani tako proizvode 5,2

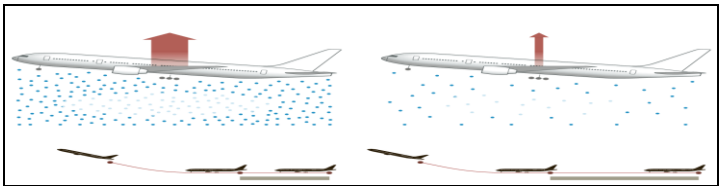
tona CO_2 po osobi godišnje, a Atinjani 10,4 tone. London takodje ispušta manje CO_2 u atmosferu po glavi stanovnika nego Kejptaun u Južnoj Africi (Ekologija magazine, 2011).

Prosečna starost automobila u Srbiji je 13 godina, a njihova prosečna potrošnja prelazi 10 l na 100 km, pri čemu se za svaki pređeni kilometar emituje dodatnih 0,23 kilograma CO_2 (Alo RS, 2015). Trajni porast broja vozila, koja kao pogonsko gorivo troše fosilna goriva, značajno doprinose stalnom porastu emisije CO_2 y atmosferu. Saobraćaj je sektor, koji zbog svog udela u emisiji gasova staklene bašte, od preko 20%, zahteva posebnu pozornost u okviru programa smanjenja emisije gasova staklenika. U sistemu praćenja emisije i koncentracije CO_2 u atmosferu značajan domet predstavlja primena adekvatnog modela kojim se vrši kvantifikacija emisije ovog gasa (Vujadinović, i dr., 2007).

U Velikoj Britaniji se, u period od 1997 do 2007. godine, povećao broj automobila u domaćinstvima za pet miliona. Povećao se i prosečan broj pređenih kilometara po automobilu za oko 2% godišnje. Broj putnika u avionskom saobraćaju se povećao u periodu 2002-2005. godine za 54 miliona. Na Montrealskom samitu 2013. apelovano je da se do 2020. godine na međunarodnoj nivou uvedu jedinstvene mere smanjenja emisija stakleničkih gasova iz aviona. Prelaskom na prirodni gas kao energent, samo u 2007. godini, smanjena je emisija gasova koji izazivaju efekat staklene bašte za 2,2%. Komitet za klimatske promene je 2008. godine objavio izveštaj u kome su iznete preporuke za smanjenje potrošnje fosilnih goriva do 2020. godine. To su energija na bazi vetra, solarne energije, energije plime i oseke i nuklearne energije zajedno sa filtriranjem gasova i skladištenjem „čistog uglja". Značaj se pridaje toplotnoj izolaciji i racionalizaciji u korišćenju automobila. Vodena para je najvažniji prirodni gas staklene bašte. Antropogeni udeo iznosi od 0,5% do 1,5% u ukupnom efektu staklene bašte (Lenz, i dr., 2003).

Saobraćaj je drugi najveći izvor emisije CO_2, sa trendom stalnog rasta. U Evropi jedna petina emisije CO_2 dolazi od saobraćaja. U SAD-u saobraćaj u atmosferu emituje jednu trećinu od ukupne količene CO_2. Ukupna emisija gasova sa direktnim efektom staklene bašte, izražena kao ekvivalent emisije CO_2 u gigagramima (Gg CO_2-eq), u 2012. godini iznosi 8.271 Gg CO_2-eq, što je za 6,9% manje u odnosu na prethodnu godinu, odnosno za 5,8% više nego u 2010. godini. Ukupnoj emisiji najviše doprinosi sektor energetika, iz kojeg potiče 71,2% ukupno emitovanih gasova. Emisije iz ovog sektora u 2012. godini su za 8,3% manje u poređenju sa prethodnom godinom, odnosno za 8,1% veće u odnosu na 2010. godinu. Emisije iz sektora poljoprivreda čine 19,4% ukupne emisije, što je u odnosu na 2010. godinu veće za 2,8%.

Kako se klima menja izgledi su da će putovanje avionom biti skuplje i nepredvidivo. Tako je krajem juna 2017. godine otkazano 20 letova (Fox Nevs Travel, 2017), a sutra dan Njujork Tajms je objavio da je, zbog visokih temperatura otkazano više od 40 letova sa aerodroma Finiks-Arizona (New York Times, 2017). Naime, tih dana je dnevna temperatura dostigla vrednost od 49 ^{0}C što je prelazilo dozvoljeni prag za poletanje nekih mlaznjaka. Naime, vreo vazduh je ređi, zbog čega je motorima manjih aviona teže da dostignu potrebnu snagu da polete (Sl.3).



Slika 3. Atmosferski uslovi prilikom poletanja, desno je vreo ređi vazduh i otežano poletanje - strelica. (Source: National Oceanic and Atmospheric Administration (By The New York Times, 20. jun, 2017).

Dakle, zbog klimatskih promena atmosfera se ne sme zanemariti, smatra profesor Pol Vilijams sa Univerziteta Reding. Temperaturni prag u Finiksu je uticao na manje avione, a ne i na avione tipa Boing 737 i erbas 320 koji imaju viši prag od 127 ^{0}F, odnosno oko 52 ^{0}C. Tome doprinosi i nadmorska visina i dizajn aviona. U budućnosti treba računati i na ove okolnosti, što će im ograničavati nosivost i maksimalni teret.

4. POSLEDICE

Smatra se da će usled otopljavanja klime i podizanja nivoa mora padavine biti obilnije, vetrovi snažniji, poplave na Evropskom kontinentu razornije i češće. Očekuje se da će poplave na celom kontinentu biti međusobno povezane. Stručnjak za prirodne nepogode Brendan Jongman smatra da će poplave biti panevropski problem i sredinom veka biće uzrok trećine gubitaka u nacionalnim ekonomijama. Evropa će imati povećan rizik od katastrofalnih poplava u unutrašnjosti kontinenta što će pospešiti eroziju tla. Afrika i Azija će se suočiti sa nestašicom vode za piće. U Latinskoj Americi će doći do postepenog smanjivanja tropskih šuma koje će ustupiti mesto savanama. U Severnoj Americi se predviđa tanji snežni pokrivač i žešće suše u predelima gde nema dovoljno kiše (Pecelj, 2015). Naučnici predviđaju da će se za pedeset godina količina padavina na globalnom nivou povećati za 5% u povoljnijem, ili 15% po lošijem scenariju. Verovalo se da je glečer Toten, dug 120 kilometara i širok 30 kilometara, zaštićen od temperaturnih promena. Međutim, ko-predsedavajući Naučnog komiteta za istraživanje fizike mora i klime Stiv Rintoul, navodi da je temperatura vode oko glečera za 1,5 ^{o}C toplija, tako da bi se glečer mogao početi otapati sa donje strane, što bi povećalo nivo mora za šest metara (freshpress.info/telegraf.rs). Podaci sa satelita Nase (GRACE-Gravity Recovery and Climate Experiment) pokazuju da je Grenland, u periodu između 2002. i 2006. godine, gubio 150 do 250 km^3 ledenog pokrivača godišnje, dok je Antarktik gubio oko 152 km^3 ledenog pokrivača u periodu između 2002. i 2005. godine. Glečeri se povlače širom sveta na Alpima, Himalajima, Andima, Aljasci i Africi (http://nsidc.org/sotc/glacier_balance.html).

5. KONCEPT PLANETARNIH GRANICA - PRITISCI I RIZICI

Posledice otopljavanja odražavaju se na ekosisteme Planete i predmet su postavljanja novog koncepta planetarnih granica izdržljivosti koji počiva na tri grane naučnog istraživanja:

- određivanje granica ljudskih aktivnosti koje naša planeta može da izdrži;
- razumevanje važnih procesa na Zemlji, uključujući ljudske aktivnosti i istraživanje otpornosti i elastičnosti i
- ugrožavanje, izvan ovih granica, postaje rizik od nepovratne i iznenadne promene u životnoj sredini.

Suočavajući se sa ozbiljnim planetarnim geoekološkim problemima, Johan Rockstöm je 2009. godine formirao međunarodnu grupu od 28 vodećih naučnika, koji su defnisalii planetarne granice za biofizičke procese koji određuju sposobnost Zemle za samoregulaciju. Identifikvano je devet sistema za koje se veruje, da ukoliko granice budu prekoračene, mogu dovesti do nestabilnosti naše planete (sl. 4). Za sada su prekoračene granice kod tri sistema: promena klime, gubitak biodiverziteta i sprečavanje fosfornog ciklusa (Rockström i dr, 2009).

Koncentracija ugljen dioksida (CO_2) je po važnosti stavljena na prvo mesto. Predložena granica klimatskih promena ima za cilj smanjenje visokog rizika od nelinearnih, naglih i nepovratnih odgovora Zemljinog sistema. Rizik od prelaska predloženog praga naglo će rasti

sa antropogenim aktivnostima i odstupanjem od prirodne varijabilnosti klime holocena. Granica počiva na:

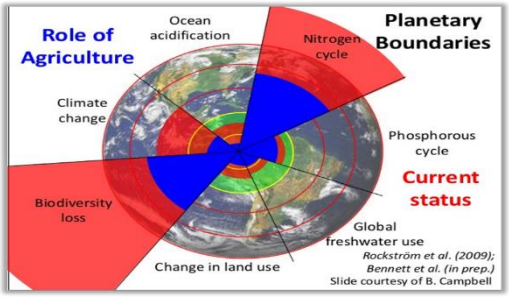
- uticaju efekta staklene bašte na klimatsku ravnotežu;
- ponašanju velikih polarnih ledenih pokrivača pod toplijim klimatskim uslovima od onih u holocenu i
- posmatranju ponašanja klimatskog sistema na trenutne koncentracije CO_2 od oko 378 ppm i +1,6 W m-2 radijacionog forsiranja.

Predložena granica od strane Rockströma je 350 ppm i 1 Wm-2. Ona predstavlja meru opreza koja uključuje povratne reakcije koje deluju u višedecenijskim vremenskim intervalima i korisna je zbog izbegavanja štetnih klimatskih promena. Prekoračenje ove granice dovodi do topljenja velikih ledenih površina, povećanja nivoa mora, menjanja rasprostiranja vrsta i promena klimatskuh karakteristika koje su svojstvene holocenu. Smatra se da zonu neizvesnosti za kontrolne varijable CO_2, treba suziti sa 350-550 ppm na 350-450 ppm CO_2 (IPCC, 2012 i IPCC, 2014), zadržavajući zonu nesigurnosti za radijaciono forsiranje + 1,0 - 1,5 W m-2 u odnosu na pre-industrijski period. Vrednost CO_2 u atmosferi 2009. godine iznosila je 387 ppm, 2013. godine 397 ppm CO_2 (IPCC, 2014). se da je 2014. godine na Manua Loa izmerena koncentracija od 400,7 ppm, 2015. godine iznosila je 400,47 ppm, u martu 2017. godine 405.6 ppm, a u aprilu 2017. godine dostiže najveću vrednostod 406,17 ppm i time je premašena granična koncentracija, što predstavlja veliki rizik, jer je ozbiljno ugrozila „bezbedan prostor" (tabela 2, sl. 4).

Tabela 2. Planetarne granice održivosti (Rockström i dr., Nature. 2009).

Sistem	Predložena granica	Trenutna vrednost
Klimatske promene	350 ppm	387
Gubitak biodiverziteta	10	>100
Ciklus azota	35	121
Ciklus fosfora	11	8,5-9,5
Trošenje ozonskog omotača	276	283
Kiselost okeana	2,75	2,90
Globalna upotraba sveže vode	4,000	2,600
Promene načina upotrebe zemljišta	15	11,7
Hemijska zagađenja	Još nije određena granica	
Atmosferske promene	Još nije određena granica	

Klima našeg doba izmiče se iz holocenske varijable i naglo povećava rizik od opasnih klimatskih promena. Promena klime podstiče brzo povlačenje leda na Arktiku i širom sveta, gubitak ledene mase na Grenlandu i Antarktiku, povećanje nivoa mora u poslednjih 10-15 godina, povećanje mortaliteta u koralnim grebenima, porast broja velikih poplava i aktiviranje sporih povratnih procesa kao što je smanjenje okeanskog ugljenika (Rockström, i dr., 2009).



Slika 4. Planetarne granice rizika (Rockström et.al. 2009)

Kiselost površinskih voda okeana je od početka industrijske revolucije porasla za oko 30% (www.pmel.noaa.gov/co2/story/What+is+Ocean+Acidification%3F;www.pmel.noaa.gov/co2/story/ cean+Acidification). Porast kiselosti voda okeana rezultat je povećene koncentracije CO_2 u atmosferi koga apsorbuju okeani. Količina CO_2, koju apsorbuje gornji sloj okeana, povećava se za oko 2 milijarde tona godišnje. Veći deo CO_2 koji ulazi u atmosferu rastvara se u okeanima. Kako se CO_2 povećava u okeanima, pH okeana se smanjuje i dobija na kiselosti. Povećanjem kiselosti, korali ne mogu apsorbovati kalcijum karbonat koji im je potreban za održavanje svojih kamenih skeleta. Kiselost okeana smanjila je pH okeana za oko 0,11 jedinica. Promena pH okeana, od 8.179 do trenutnih 8.069, znači da je kiselost okeana oko 30% veća nego što je bila u 1.751. (SCOR 2009). Povećanje kiselosti je globalno pošto je njegov pokretač koncentracija atmosferskog CO_2 raspoređen ravnomerno po površini Planete. Predložena granica za kiselost okeana (2,75) direktno zavisi od druge planetarne granice – atmosferske koncentracije CO_2. Uz višu temperaturu povećanje kiselosti okeana dovodi do smanjenja kapaciteta okeana da prihvati antropogenu emisiju CO_2, što dovodi do veće koncentracije CO_2 u atmosferi i pojačava globalno zagrevanje. Predložena granica za CO_2 (350 ppm) osigurava da okeanska pH vrednost ostane u poželjnim okvirima. Prekoračenje granice zakiseljavanja okeana može dovesti do velikih gubitaka u ekonomiji narušavanja u estetici i drugo.Okean trenutno uklanjanja 25% antropogene emisije CO_2. Okeanska apsorpcija antropogenog CO_2 nije ravnomerno raspoređena, ni prostorno ni vremenski. (Rocksrom, J. et al. 2009). Mnogi morski organizmi su vrlo osetljivi na promene CO_2. Vrednost pH površine okeana je smanjena za oko 0,1 pH jedinica od pre-industrijskog doba. Ova stopa acidifikacije je najmanje 100 puta brža nego u bilo kom drugom trenutku u poslednjih 20 miliona godina. Acidifikacija okeana (stvaranje kiseline) je uzrok najvećem masovnom izumiranju vrsta na planeti (www.ekologija.rs/uzrok-najvecem-izumiranju-ikada-acidifikacija-okeana 05.05.2015). Rifkin smatrada će obnovljivi izvorenergije biti vodonik koji je „večni emergent" jer je najrasprostranjeniji element u svemiru, koji ne proizvodi gasove koji izazivaju efekatstaklene bašte (Rifkin, 2003).

6. POSTAVKE DŽEFRI SAKSA O ODRŽIVOM RAZVOJU

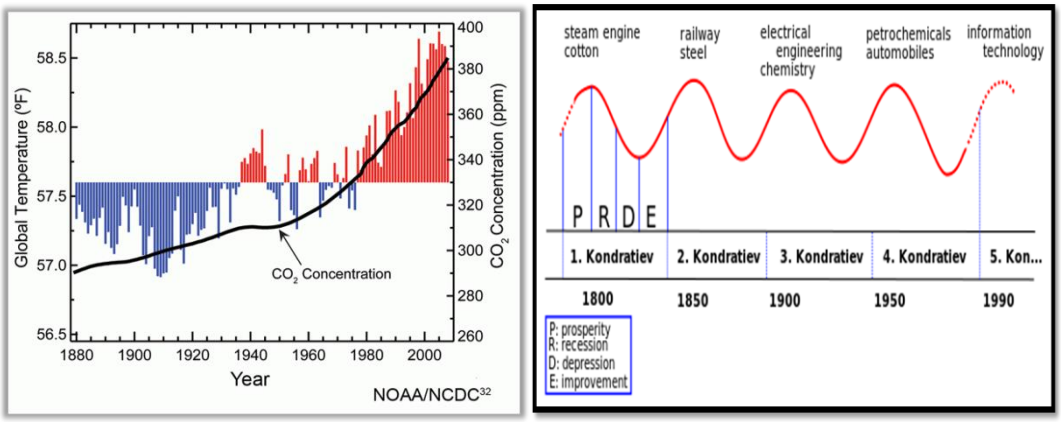
U razmatranjima o održivom razvoju, ekonomista Dž. Saks pažnju usmerava na geografske uslove i pritom uvažava transport, energiju, bolesti i useve. Za naša shvatanja od značaja su transport i energija. U velikoj meri BDP (bruto društveni proizvod) je u korelaciji sa geografskim uslovima. Po Dž. Saksu je bitno koliko su pojedine zemlje udaljene od najbliže luke. Zapadnoevropske zemlje, poput Velike Britanije imaju luke ili su one blizu mora što im omogućava niske transportne troškove. Velika Britanija je bila u velikoj prednosti u vreme privrednog uzleta u 18-om veku jer je kao ostrvska zemlja imala dosta kvalitetnih luka. Primer je London koji leži na reci Temzi, što mu je uvećavalo geografski značaj. Topografija Engleske je inače pogodna za izgradnju kanala do kojih nisu dopirale reke. To je omogućavalo da se ugalj prevozi do svih fabrika u Velikoj Britaniji. Kod Rusije, kao najveće kontinentalne zemlje, problem je što su veliki gradovi i indiustrijski centri bili u unutrašnjosti zemlje, tako da su se proizvodi morali transportovat preko velikih prostranstava, što je uvećavalo troškove. Još jedan geografski aspekt je po Dž. Saksu od važnosti, a to je položaj udaljenih ugljenih revira (Saks, 2014). Sa ugljem kao energentom započeo je prvi talas Kondratijeva. Nafta i prirodni gas dali su veliki podstrek globalnom privrednom razvoju. Dakle, energija i transport su u središtu svih privrednih aktivnosti dok je parna mašina bila motor savremenog rasta na Zemlji. Najvažniji energent u 19-om veku bio je ugalj - pokretač parne mašine. Engleska i

SAD raspolagali su u vreme privrednog uzleta sa ogromnom količinom energije i bili su u prednosti.

7. GIDENSOV PARADOKS I TALASI KONDRATIJEVA

Smatramo potrebnim ukazati na dve zanimljive ideje koje su interesantne za razmatranje veza između klimatskih promena i saobraćaja. Jedna ideja, poznata je kao ciklusi „talasa Kondratijeva" i nastala je pre osam decenija. Druga je „Gidensov paradoks" i on je novijeg datuma. Gidensov paradoks se zasniva na opasnosti od globalno zagrevanje. Budući da ona nije opipljiva niti vidljiva u svakodnevnom životu, ljudi sve to mirno propraćaju ne preduzimajući nikakve korake, bez obzira što je jasno da će klimatske promene postati vidljive kasnije sa snažnim i razornim posledicama, što bi tada moglo biti kasno. „Gidensov paradoks" je potisnut iz svesti ljudi umesto da bude prioritetan zadatak. Interesantno je sagledati „Gidensov paradoks", na primeru terenskih vozila koja u SAD-u koja vozi veliki broj ljudi. U vreme Džordža V. Buša ništa nije urađeno da se oporezuju vozila koja prosto „gutaju" benzin. Druge razvijene zemlje su to tada činile. Velike kompanije koje su proizvodile terenska vozila ostvarivala su kroz masovnu proizvodnju ogroman profit. Kako cilj opravdava sredstvo i ovde se našao opravdan razlog, da su ta vozila na brdskim terenima nezamenljiva. Kada tome dodadamo „skeptike" klimatskih promena, čije izjave dobijaju veliki publicitet u medijima, to je za kompaniju bilo snažno uporište. Kada bi im se ukazalo na rasipništvo, tada je njihov odgovor opravdavao postupke sa izgovorom da i drugi voze auta koja „gutaju" benzin (bentli, ferari) itd. „Uticaj Gidensovog paradoksa može se smanjiti usmeravanjem aktivnosti na štednju energije koliko i na klimatske promene kao takve" (Gidens, 2009).

Talas Kondratijeva je teorija ruskog ekonomiste Nikolaja Kondratijeva. Zasniva se na tehnološkim talasima, koji se, od početka industrijske revolucije javljaju kao talasi tehnoloških promena. Takve su bile era pare, električne energije, automobila i avijacije. Ideja Kondratijeva je da, od vremena industrijske revolucije, privredni rast podstiču talasi velikih tehnoloških promena koje je smatrao glavnim pokretačima napretka ali i izvora privrednih kriza (sl. 5).



Slika 5. Tokovi temperatura i CO_2 od 1880. (levo) Talasi Kondratijeva (desno) (Kondratieff Wave.svg)

Prvi ciklus „talasa Kondratijev" traje od 1780 do 1830. godine i u prvi plan ističu parnu mašinu. Ovaj ciklus se poklapa sa vremenom, od kada je Džejms Vat pronašao parnu mašinu, do vremena kada je ona ušla u primenu. Parna mašina je snažno uticala na savremeni privredni rast. Od tada se razvija saobraćaj, a kao energent koristi se ugalj čije sagorevanje emituje

znatne količine ugljen dioksida. Drugi ciklus „talasa Kondratijev" započeo je 1830. godine. On se poklapa sa naglim razvojem železničkog saobraćaja i proizvodnje čelika. Oba ciklusa su se bazirala na parnoj mašini. Osnovne sirovine: ugalj, ruda, žitarice i drvena građa mogle su da se transportuju na udaljena međunarodna tržišta, što je podsticalo razvoj saobraćaja koji je počivao na uglju kao energentu. Treći tehnološki ciklus „talasa Kondratijev" obeležila su otkrića električne energije koja je imala nekoliko podfaza. Kraj 18-og i početak 19-og veka vezan je za dostićnuća na polju elektromagnetizma, elektromagnetne indukcije, osvetljavanje ulica sijalicama i uvođenjem struje u kuće i fabrike. Četvrti ciklus „talasa Kondratijev" je tehnološki talas koji traje od 1880. do 1930. godine. On je obeležio razvoj automobilske industrije koja je naglo povećala transport i otvorila široko vrata razvoju velikih gradova. Ovaj talas je pratio i razvoj hemijske indistrije koja je stvarala nove materijale: eksploziv, plastika, boje, veštačka đubriva. Za ovaj ciklus veže se i razvoj avio industrije koji je započeo polovinom 20-og veka. Ovaj ciklus je obeležio i snažan rast automobilske industrije koji je započeo 1908. godine sa Fordovim „modelom - T".

Peti ciklus „talasa Kondratijev" započeo je 1970. godine. To je talas informaciono-telekomunikacione tehnologije koji je omogućila digitalna revolucija. To je početak nove ekonomije koja je „zasnivanu znanju". Drugi svetski rat je podstakao brojne tehnologije koje uključuju poluprovodnike, radar, digitalne komunikacije, računare, kodiranje itd. Na redu je i šesti talas održivih tehnologija koji bi obuhvatio proizvodnju i mobilisanje energije, prevoz ljudi i dobara, domete u nanotehnologijama i prodorima u oblasti hemije i proizvodnje hrane (Saks, 2014). Na graficima (sl. 5) mogu se uporediti i sagledati - promene globalne temperature i koncentracije CO_2 sa talasima Kondratijev, od indistrijske revolucije do 2000. godine. Porast temperatura i koncentracije CO_2 započinje sa razvojem parne mašine, železnice, proizvodnje čelika i pamuka. To odgovara prvom i drugom talasu Kondratijeva. Navedene industrijske grane su se razvile sa pronalaskom parne mašine koja je koristila ugalj, koji je bio veliki emiter CO_2. Nagli porast temperatura i koncentracije CO_2 u saglasan je sa razvojem automobilske industrije i petrohemije i podudara se sa četvrtim talasom Kondratijev. Bez obzira što je ovakva kauzalna veza neuobičajna, ipak je vidljiva.

8. ZAKLJUČAK

Uzrok savremenih klimatskih promena, za koje se smatra da su antropogenog porekla, je nekontrolisano korišćenje fosilnih goriva (ugalj, nafta, gas) kao primarnih izvora energije. Saobraćaj je posredno ili neposredno značajan korisnik fosilnih goriva i velik iemiter ugljen dioksida. Posledice otopljavanja klime odražavaju se na ekosisteme naše Planete i predmet su novog koncepta planetarnih granica izdržljivosti. Izvan ovih granica, postaje rizik od nepovratne i iznenadne promene u životnoj sredini. Suočavajući se sa planetarnim geoekološkim problemima, J. Rockstöm je 2009. formirao međunarodnu grupu vodećih naučnika, koji su postavili planetarne granice koje se ne smeju preći i time su predložili okvir za održivi razvoj. Identifikovano je devet sistema, za koje se veruje, da ukoliko granice budu prekoračene, mogu dovesti do nestabilnosti naše planete. Grupa Rockström smatra da su za sada prekoračenje granice kod tri sistema: promena klime, gubitak biodiverziteta i sprečavanje fosfornog ciklusa. U radu su sagledani ciklusi o tehnološkim promenama, od industrijske revolucije do danas, kroz analizu „talas Kondratijeva" i povećanja ugljendioksida i u vezi sa klimatskih promena. Narastajuća opasnost od globalno zagrevanje je sagledana kroz ulogu Gidensovog paradoksa. Energija i transport su u geografskom ambijentu važno pitanje od koga zivisi održivi razvoj, što je tema analiza Džefrija Saksa kojima smo posvetili pažnju.

LITERATURA

Church, J. A., & White, N. J. (2006). A 20th century acceleration in global sea-level rise. *Geophysical research letters*, *33*(1).

CLIMATE CHANGE (1995). The Science of Climate change: *contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Vol. 2). Cambridge University Press.

Giddens, A. (2009). The politics of climate change. *Cambridge, UK*.

Lenz, H. P., Prüller, S., & Gruden, D. (2003). Means of transportation and their effect on the environment. In *Traffic and Environment* (pp. 107-173). Springer Berlin Heidelberg.

Pecelj, M. (2000). Klimatske promjene i efekat staklene bašte. Pedagoški zavod, Banja Luka, 1-69.

Pecelj, M.R., Pecelj J.M., Pecelj, M.M. (2015). Geoekologija, , Geografski fakultet Beograd, s. 1-312.

Pecelj, M.R., Pecelj M.,M. (2015). Klimatske promene faktor planetarnih granica rizika, Asocijacija prostornih planera Srbije, Univerzite u Beogradu, Geografski fakultet, Beograd, str. 17-29.

Peterson, T. C., & Baringer, M. O. (2009). State of the climate in 2008. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *90*(8), S1-S196.

Petit, J. R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N. I., Barnola, J. M., Basile, I., ... & Delmotte, M. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, *399*(6735), 429-436.

Revkin, C.,A. (1988). Discover Publication. Inc. Preuzeto iz Земља и њена енергија.

Rifkin, J. (2003). *The hydrogen economy: The creation of the worldwide energy web and the redistribution of power on earth*. Penguin.

Robinson, M. (2014). Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity and Poverty. By Daron Acemoglu and James A. Robinson.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... & Nykvist, B. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, *14*(2).

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ... & Nykvist, B. (2009). A safe operating space for humanity. *nature*, *461*(7263), 472-475.

Sabine, C. L., Feely, R. A., Gruber, N., Key, R. M., Lee, K., Bullister, J. L., ... & Millero, F. J. (2004). The oceanic sink for anthropogenic CO2. *science*, *305*(5682), 367-371.

Saks, D.,Dž. (2014). Doba održivog razvoja. Cirsid, Službeni glasnik, Beograd, s. 1-515. (Jeffry D. Sachs, The Age of sustannable development. Copyrights, 2014. Za srpsko izdanje CIRSID).

Vujadinović, R., Nikolić, D., & Dobovišek, Ž. (2007). Alternativni pristup modeliranju emisije CO2 osobnih vozila. goriva i maziva, 46(2), 129-138.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

UTICAJ RAZVOJA SISTEMA ZA UBRIZGAVANJE GORIVA NA SMANJENJE EMISIJE IZDUVNIH GASOVA KOD DIZEL MOTORA*

INFLUENCE OF INJECTION SYSTEM DEVELOPMENT ON EMISION REDUCTION FOR DIESEL ENGINE

Saša Vasiljević[a], Milan Mladenović[b], Bojana Bošković[b], Ivan Grujić[b]
[a]*High Technical School of Proffesional Studies, Kosovska 8, 34000 Kragujevac, Serbia, vasiljevic.sasa036@gmail.com*
[b]*University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Sestre Janjic 6, 34000 Kragujevac, Serbia, m.mladenovic141@gmail.com; bokaev92@gmail.com; ivan.grujic@kg.ac.rs*

Apstrakt: *Danas se veliki značaj pridodaje zaštiti životne sredine. Jednim od najvećih zagađivača smatraju se motorna vozila. Uzimajući u obzir da vozila ima sve više, njihov uticaj na zivotnu sredinu postaje alarmantan. Jedan od najvećih izvora zagađenja kod motornih vozila je proces sagorevanja, koji je neophodan za sam rad motora. Od nastanka, konstrukcija osnovnih delova motora nije se menjala u većoj meri. Najveće promene doživeli su sistemi motora koji direktno utiču na smanjenje izduvne emisije. Kod dizel motora štetni produkti sagorevanja se mogu umanjiti razvojem različitih sistema, a jedan od njih jeste i sistem za ubrizgavanje goriva. Sistem za ubrizgavanje je pretrpeo velike promene u cilju smanjenja emisije. Uticaj razvoja sistema za ubrizgavanje na smanjenje emisije ispitan je eksperimentalno. Eksperiment je izvršen pri istim uslovima na motorima različitih generacija. Cilj rada jeste da se pokaže u kolikoj meri sistem za ubrizgavanje utiče na smanjenje emisije dizel motora.*

Ključne reči: *životna sredina, process sagorevanja, sistemi motora.*

Abstract: *Today, great importance is given to environmental protection. For one of the biggest polluters are considered motor vehicles. Considering that there are more and more vehicles, their impact on the environment is becoming alarming. One of the biggest sources of pollution in motor vehicles is the combustion process, which is necessary for the engine work. Since the beginning, the basic design of engine parts has not changed to a great extent. The biggest changes are experienced engine systems that have direct impact on the reduction of exhaust emissions. Harmful combustion products of diesel engines can be reduced by the development of different systems, where one is the fuel injection system. Injection system has undergone major changes in order to reduce emissions. The impact of the injection system development on emission reduction is tested experimentally. The experiment was carried out in the same conditions on engines of different generations. The paper aims to show how much the injection system influence to reduction of diesel engine emission.*

Key words: *environment, combustion process, engine systems.*

1. UVOD

Značaj primene savremenih sistem na vozilima predsavlja danas jednu potrebu, pre svega iz problema koji mogu nastati odnosno sa kojima se savremeno društvo danas susreće, Ti problemi su danas pre svega, naravno u drumskom saobraćaju, problem u pitanju nastanka saobraćajnih nezgoda, smanjenje prirodnih resursa, zagađenje životne sredine.

* ***Pregledni rad***

Zagađenje životne sredine danas predstavlja jedan od najvećih problema životne sredine, međutim najveći uticaj vozila kada je reč o problemima sa zagađenjem životne sredine imaju upravo na zagađenje vazduha. Najveći uticaj na zagađenje vazduha odnosno emisiju štetnih izduvnih gasova kod vozila ima sistem čija jeste uloga da napravi radnu smešu (smeša goriva i vazduha), međutim naravno ne treba zanemariti i ostale sisteme koji imaju ulogu redukcije izduvnih gasova.

U ovom radu analizirani su različiti sistemi za ubrizganaje goriva kod motora sa unutrašnjim sagorevanjem koji kao pogonsko gorivo koriste dizel. Priprema gorive smeše u najvećoj meri utiče na potrošnju goriva, emisiju štetnih gasova i na buku sagorevanja Diesel motora. Na pripremu gorive smeše ima veliki uticaj sistem za ubrizgavanje goriva. Naravno kod dizel motora je poznat problem odnosno slabost jeste dimnost izduvnih gasova i emisije čestica.

U ovom radu izvršena je analiza u kolikoj meri utiče sam sistem ubrizgavanja goriva kod dizel motora na emisiju štetnih izduvnih gasova, u obzir će biti uzeta vozila sa identičnim pogonskim karakteristikama s tim što svako vozila ima drugačij sistem za ubrizgavanje goriva.

2. EKOLOŠKI ASPEKTI EMISIJE IZDUVNIH GASOVA DIZEL MOTORA

Najveće zagađenje čiji su izvor vozila predstavlja upravo zagađenje samog vazduha, i to je neminovno, pogotovo vozila koja koriste motor SUS kao pogonski agregat. Međutim baš kao što je u prethodnom delu rada spomenuto, vozila predstavljaju jedan od najvećih zagađivača vazduha. Pored toga većina svih goriva prilikom sagorevanja kao rezultat ostaju nesagorele produkte ili pak imamo čađ, koji je jako štetan po samog čoveka jer je kancerogen (Vasiljević i dr., 2017).

Problem zagađivanja samog vazduha stvara problem zagađenja i same vode i čak zemljišta. Kako je već napomenuto vozila sa unutrašnjim sagorevanjem u izduvnim gasovima imaju veliku količinu štetnih materija kao što je čađ, jedinjenja olova, azotne okside, i dr. Rastvorljivost gasova u vodi se znatno povećava i na niskim temperaturama, tako da se zagađenje vode u Severnom okeanu u prethodnih 50 godina uvećala za 5 procenata. Takođe pored zagađenja vode od strane drumskih vozila takođe ta zagađenja se tiču i samog zemljišta, jer se zemljište može zagaditi i zagađivačima iz atmosfere. Zagađenja vazduha, vode i zemljišta su neželjene promene fizičkih. hemijskih i bioloških svojstava životne sredine, koje mogu nepovoljno delovati na živa bića ili narušiti njihove ekosisteme. Upotrebom transportnih sredstava čovek godišnje troši više od jedne milijarde tona nafte. Kako za sagorevanje 1 kg goriva, naftnog porekla, treba oko 15 kg vazduha ili 3.5 kg kiseonika sam proses sagorevanja goriva narušava ekološki bilans u atmosferi. Znači godišnje samo motori SUS troše skoro 4 milijarde tona kiseonika iz atmosfere.

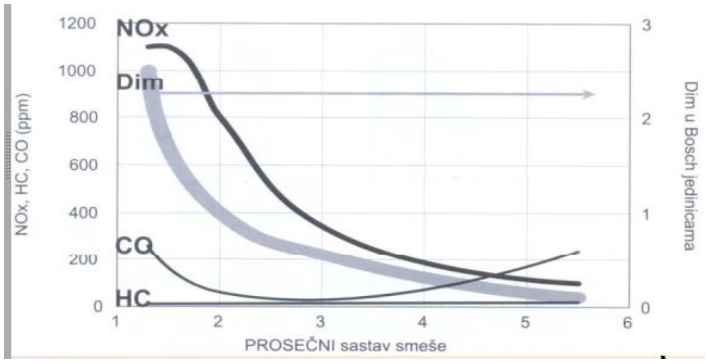
Kada se ovome dodaju i drugi potrošači atmosferskog kiseonika dolazimo do saznanja da već danas prirodne fabrike kiseonika - zelene površine planate nisu u stanju da nadoknade utrošeni kiseonik, ali pored toga imamo i problem povećanja emisije otrovnih gasova što dovodi i do povećanja globalnog zagrevanja (Vasiljević i dr., 2017).

U dizel motoru se obavlja sagorevanje heterogene smeše. Heterogena smeša se obrazuje ubrizgavanjem goriva u prethodno sabijeni vazduh u radnom prostoru motora. Takva smeša se pali sopstvenom energijom na račun visoke temperature sabijenog vazduha. Temperatura sabijenog vazduha je viša od temperature samoupaljenja goriva. Sagorevanje kod koga je

obrazovanje smeše i sagorevanje istovremeno naziva se difuzno sagorevanje. Samim tim takvo sagorevanje dovodi do stvaranja jako štetne emisije izduvnih gasova.

Kada je reč o emisiji izduvnih gasova motori SUS koji koriste dizel gorivo kao pogonsko gorivo pre svega imaju dve glavne negativne posledice koje u velikoj meri zagađuju vazduh, nepoželjne pojave prilikom sagorevanja u dizel motoru, a to su dim odnosno čađ u izduvnim gasovima kao i emisija izduvnih gasova. Dim u gasovima, se stvara u fazi sagorevanja u uslovima visokih temperatura i nedostatka kiseonika. Tada se molekuli ugljovodoničkog goriva raspadaju tako da se formira čađ kao varijanta čistog ugljenika Stvoren ugljenik se kristalizuje i spaja međusobno u čestice. Čestice upijaju teške nesagorele ugljovodonike, koji su veoma toksični i zakonski ograničeni. Emisija nesagorelih ugljovodonika je posledica nepotpunog sagorevanja molekula goriva. Osnovni uzrok je lokani nedostatak kiseonika i niske temperature u zonama uz zidove komore. Ugljovodonici reaguju u prisustvu oksida azota i sunčevog svetla i doprinose formiranju prizemnog ozona, glavne komponente smoga. Većina ugljovodonika u izduvnim gasovima su takođe i toksični, sa mogućim kancerogenim dejstvima. U izduvnim gasovima vozila čestice najteže prođu od nesagorelog ugljenika iz goriva. Međutim u komori motora te čestice upiju razna jedinjenja iz goriva i maziva, medju kojima su ugljovodonici. Oni su odgovorni za izazivanje raka pluća pa je time i emisija čestica potencijalno kancerogena. Jedan od takođe produkata dizel motora koji se može uvrstiti u emisiju štetnih gasova jesu i azotovi oksidi. Azotovi oksidi rastu na punom opterećenju zbog porasta temperature sagorevanja, a još ima dovoljna količina kiseonika za oksidaciju azota. Emisija NOx je nešto kritičnija kod dizel motora sa direktnim ubrizgavanje (nego kod standardnih motora) jer kod njih na periferiji „mlaza“ goriva prilikom ubrizgavana postoji dovoljna količina kiseonika za oksidaciju i temperature su dovoljno visoke za oksidaciju (Vasiljević i dr., 2017).

Na slici 1, je prikazana granica dima i samim tim i sastava emisije izduvnih gasova prilikom sagorevanja u dizel motoru, naravno na dijagramu su prikazane vrednosti štetnih gasova u zavisnosti od sastava smeše kao i granica dimnosti.



Slika 1. Prikaz količine i sastava smeše sa emisijom štetnih gasova (Pešić i dr., 2008)

3. SISTEMI ZA UBRIZGAVANJE GORIVA KOD DIZEL MOTORA

Dizel motori rade na principu ubrizgavanja goriva pod visokim pritiskom u cilindar u kojem je klip sabio i tako zagrejao ranije usisani vazduh. U vrućem vazduhu ubrizgano gorivo se pali i cilindar dolazi u radni takt – ekspanziju, odnosno brzo kretanje klipa na dole prilikom kojeg se radilici motora predaje energija dobijena sagorevanjem goriva. Napajanje i

ubrizgavanje goriva kod dizel-motora razlikuje se od sistema za napajanje benzinskih motora. Kod dizel motora gorivo se ubrizgava u cilindar pod visokim pritiskom.

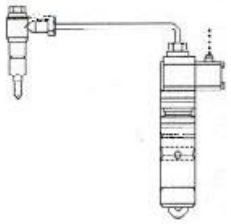
Kad su zahtevi koje ovaj sistem treba da zadovolji veoma složeni, postoji i velika raznolikost u konstrukciji sistema napajanja dizel motora gorivom, pa se oni otuda mogu podeliti po više osnova. Sistemi ubrizgavanja prema načinu dejstva dele se na sisteme neposrednog dejstva i akomulatorske sisteme. Kod sistema neposrednog dejstva koji se primenjuju kod brzohodnih dizel motora, procesi potiskivanja i ubrizgavanja istovremeno se odvijaju, dok se kod akomulatorskih sistema gorivo najpre sabija (i akomulira pod pritiskom), a potom ubrizgava u tačno određenom trenutku, takvi sistemi primenjivani su kod sporohodnih motora, da bi, zahvaljujući prodoru elektronike, akomulatorski sistemi sa elektronskom regulacijom našli primenu kod najsavremenijih brzohodnih dizel motora. Ovaj novi koncept ubrizgavanja poznat je pod nazivom Common Rail (Krstić, 2009).

Prvi autonomni sistemi ubrizgavanja goriva kod brodskih dizel motora koristili su kompresiju iz cilindra za sabijanje tečnog goriva. Pritisak na kraju kompresije kod dizel motora je skoro nezavisan od režima rada. izborom odnosa prečnika klipova (na slici je to 20:1) realizovana je pumpa visokog pritiska. Skoro je danas samo što se gasovi iz cilindra koriste u ekološke ciljeve. Najvažniji uticaj na tok sagorevanja u dizel motoru ima zakon ubrizgavanja, raspodela ubrizgane količine goriva po svakom uglu bregastog (ili kolenastog) vratila (Pešić I dr., 2008).

3.1. Vrste sistema za ubrizgavanje goriva

Tokom razvoja motora sa unutrašnjim sagorevanjem razvijali su se i različiti sistemi za ubrigavanje goriva u cilindar motora. Jedan od najmasovnijih sistema za ubrigavanje goriva kod dizel motora jeste tako zvani sistem pumpa-cev-brizgač, koji je prikazan na slici 2. Kod dizel motora srednjih snaga za teretna i specijalna vozila postoje konkretni pokušaji sa dva brizgača. Manji je namenjen predubrizgavanju inicijalne količine goriva za prvo samopaljenje.

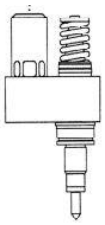
Drugi, veći brizgač ubrizgava osnovnu količinu goriva, međutim jako je veliki problem kod takvih sistema to što ima jako veliku emisiju štetnih gasova prilikom sagorevanja, jer se time ne postiže potpuno sagorevanje. Pored toga veliki je problem i vek trajanja samog brizgača ukoliko je pritisak ubrizgavanja veći, iz razloga što ubrizgavanje prate siloviti oscilacioni udarci igle po središtu brizgača, pa je u ovom sistemu brizgač najslabij element u ovom sistemu.



Slika 2. Prikaz sistema pumpa-cev-brizgač (Pešić i dr., 2008)

Sledeći sistem koji je u primeni kod ubrizgavanja goriva jeste sistem brizgač-gorivo, ovaj sistem proizvode mnoge poznate svetske kompanije koje se bave problemom ubrizgavanja goriva, a pre svega Bosch. Ovim sistemom je moguće izvesti višefazno ubrizgavanje goriva, međutim problem je u tome što su vrlo visoki pritisci i odmeravanje malih količina goriva antagonističke kategorije. Visoki pritisci i male ubrizgane količine goriva

zahtevaju izuzetnu preciznosti u izradi, goriva najvišeg kvaliteta, stalan nadzor i strogo pridržavanje servisnih rokova. Na slici 3 je prikazana ilustracija ovakvog sistema.



Slika 3. Prikaz sistema pumpa-brizgač (Pešić i dr., 2008)

Kao prelaz sa sistema pupma-brizgač na neki sledeći i moderniji sistem ubrigavanja goriva može se reći da je to Caterpilar-ov Hydraulic Electronic Unit Injection (u daljem tekstu HEUI). Mazivo se sabija pod ekstremno visokim pritiskom i uvodi u brizgač gorivo. Elektromagnetnom regulacijom gorivo se ubrizgava pod pritiskom. Rad HEUI sistema goriva se razlikuje od mehanički aktiviranih sistema za ubrizgavanje goriva. HEUI sistem goriva ne zahteva mehaničko podešavanje. a razliku od uobičajenih sistema koji zavise od obrtanja bregastog vratila, HEUI se aktiviraju preko ulja kartera visokog pritiska. Pošto ubrizgavanje više nije vezano za obrtanje bregastog vratila, gorivo se može ubrizgati u bilo koji ugao kretanja. Pri većoj brzini, pritisak ubrizgavanja je nezavisan od broja obrtaja motor. (http://www.dieselmotors.info/electronic-systems/caterpillar-ems-hydraulicelectronic-unit-injector.html , 04.08.2017)

Sledeći sistem koji se koristi za ubrizgavanje goriva jeste Common Rail sistem (u dajem tekstu CR), ovo je jedan od sistema koji spade u najstarije sisteme međutim sada ipak ima veoma veliku primenu.

Brizgači kod CR sistema, sa plivajućom iglom podnose vrlo visoke pritiske ubrizgavanja. Elektronska regulacija lako ostvaruje jedno ili više inicijalnih preduzbrizgavanja. Već postoje varijante sa više inicijalnih predubrizgavanja vrlo malih količina goriva pre krajnje odnosno glavne količine goriva. lz ekoloških pobuda su potrebna povremena obogaćenja smeše pa su uvedena i povremena ubrizgavanja. U cilju oduvanja međuciklusnih i međucilindarskih identičnostii svaka pojedinačna karakteristika brizgača se unosi u baze podataka za softvere radnih procesa. Razvojem ovakvih vrhunskih tehnologija stvoreno je više generacija CR sistema (Pešić i dr., 2008).

4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

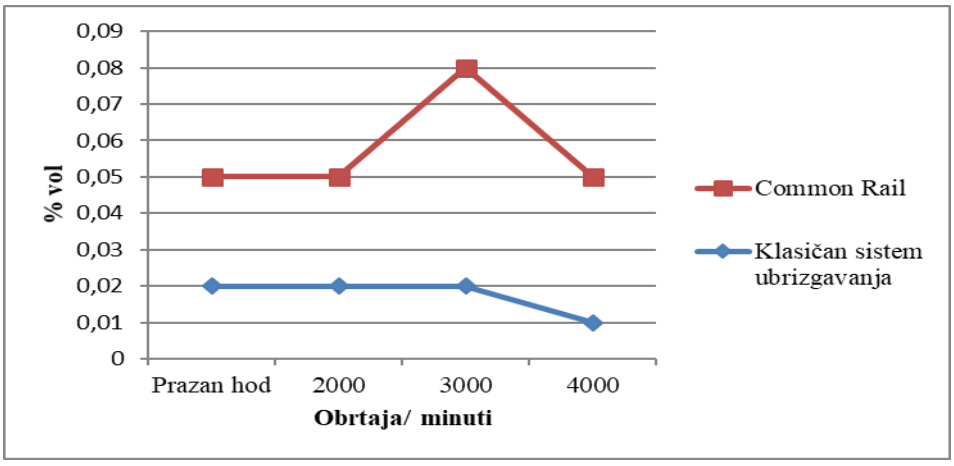
Na osvnovu prethodno spomenutog i rečenog u radu, može se zaključiti da postoje više tipova sistema za ubrizgavanje goriva u motoru samim tim razlikuje se i emisija izudvnih gasova u zavisnosti od samog tipa sistema za ubrizgavanje goriva. U ovom istraživanju vrši se ispitivanje dve vrste odnosno dva tipa sistema za ubrigvanje goriva, a to su u ovo slučaju klasičan sistem za ubrizgavanje goriva i Common Rail sistem. U ovom slučaju je bitno napomenuti da motor koji je korišćen u našem slučaju je motor koji je ugrađen na vozilu Opel Meriva dok motor koji koristi Multipoint Fuel Injection sistem jeste motor koji je ugrađen na vozilu Fiat Punto. Pogonske karakteristike oba motora su identične, što je jako bitno za tačnost rezultata, isto tako je bitno napomenuti da oba motora pre samog ispitivanja su dostigla radnu temperaturu.

Kako je u ovom slučaju bitno ispitati razliku u emisiji izuvnih gasova oba motora koja koriste različite sisteme ubrizgavanja, korišćen je uređaj AVL DiCom 4000. Uredaj AVL DiCom 4000 je savremena aparatura za merenje izduvne emisije benzinskih i dizel motora. Prevashodno je namenjen za kontrolu izduvne emisije vozila na linijama tehnickog pregleda. Ova i slicne konfiguracije uredaja su veoma je korisne pri dijagnostici kvarova sistema motora koji uticu na izduvnu emisiju. Obzirom na relativno nisku cenu i kompaktnost konsrukcije, moze se uspešno koristiti i kao laboratorijski analizator izduvnih gasova. U osnovi, sam uređaj ima jako veliki broj mogućnosti merenja različitih karakteristika motora odnosno samog rada motora. Međutim u našem slučaju važno je da uređaj ima mogućnost analize sastava izduvnih gasova u motoru, odnosno analizira kisonik, ugljenmonoksid (CO), ugljendioksid (CO_2), ugljovodonike (HC) i azotove okside (HOx). Nakon ukljucivanja (prekidač je pored mreznog priključka sa osiguračem) uređaj se automatski zagreva, vrši proveru ispravnosti svih senzora i priključene dodatne opreme, sprovodi test zaptivenosti instalacije, odnosno priprema se za rad. Sonda za uzorkovanje mora biti uvucena u izduvni sistem najmanje 300 mm. Pozeljno je da osa sonde bude paralelna sa osom izduvne cevi. Merna komora ne sme da se nalazi odmah iza izduvne cevi ni na pravcu istrujavanja izduvnih gasova. Najbolje je da se merna komora nalazi sa strane vozila ispred izlaza izduvnih gasova. Sam uređaj beleži u svakom trenutku emisiju izduvnih gasova, u trenutku ispitivač može zaustaviti i štampati rezultate merenja.

Veoma važno je napomenuti da se samo ispitivanje vrši na četiri različita broja obrtaja motora i to na praznom hodu, 2000 obrtaja/min, 3000 obrtaja/min i 4000 obrtaja/min, samim tim je lakše uporediti emisiju izduvnih gasova pa samim tim uporediti i sisteme ubrizgavanja goriva.

4.1. Rezultati istraživana

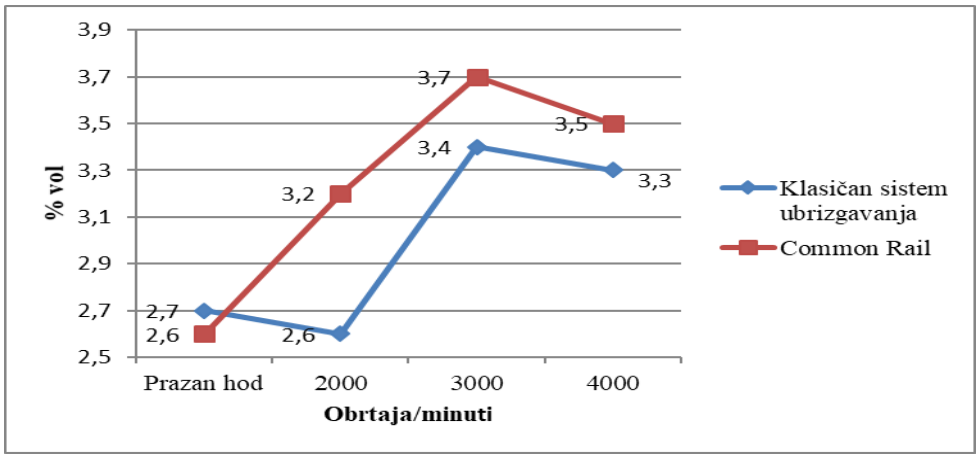
Prvi parametar koji je analiziran jeste količina ugljen monoksida u emisiji izduvnih gasova. Na slici 4. su prikazani su rezultati ovog merenja, prema tome motor sa klasičnim sistemom ubrizgavanja goriva ima manju emisiju ugljenmonoksida. Takođe je uočljivo da motor sa Common Rail pri 3000 obrtaja/min ima nagli porast količine ugljen monoksida u izduvnim gasovima.



Slika 4. Prikaz uporedne analize ugljen monoksida u izduvnim gasovima

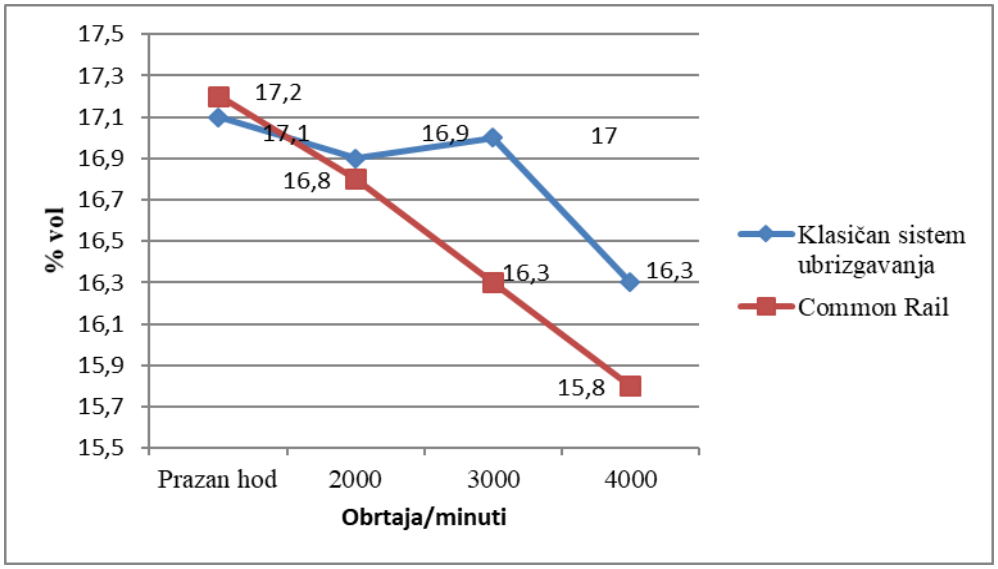
Sledeći parametar koji se meri jeste ugljendioksid u emisiji izduvnih gasova. Upoređivajući dobijene rezultate može se uočiti da motor sa klasičnim sistemom ubrizgavanja

goriva ima manju emisiju ugljendioksida u odnosu na motor sa Common Rail, razlika je najveća na 2000 obrtaja/min dok najmanja razlika je na praznom hodu (slika 5.).



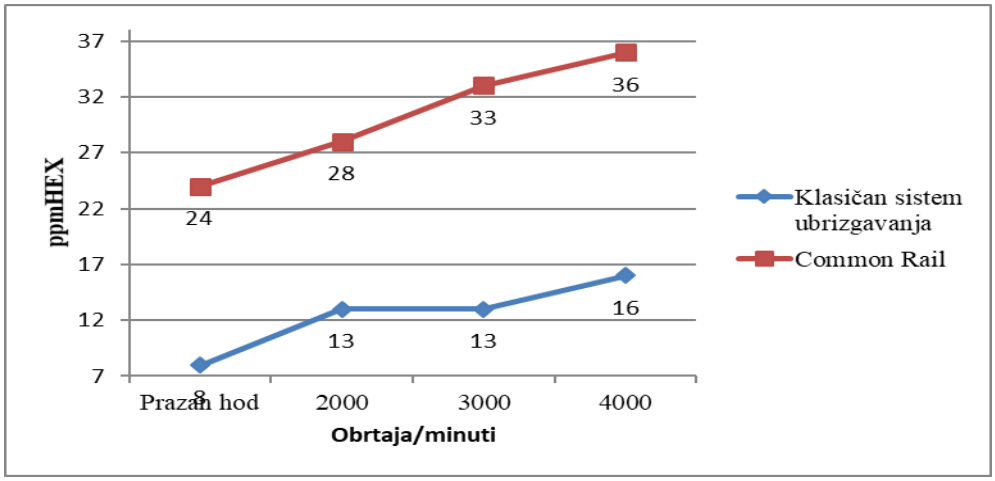
Slika 5. Prikaz analize ugljendioksida u izduvnim gasovima

Sledeći parametar jeste količina kiseonika u izduvnim gasovima. Analizom slike 6. na kojoj su prikazani rezultati merenja, može se uočiti da količina kiseonika je manja kod motora sa Common Rail sistemom međutim to je samo kod 2000 obrtaja/min, 3000 obrtaja/min i 4000 obrtaja/min, dok pri praznom hodu količina kiseonika je manja kod klasičnog sistema ubrizgavanja.



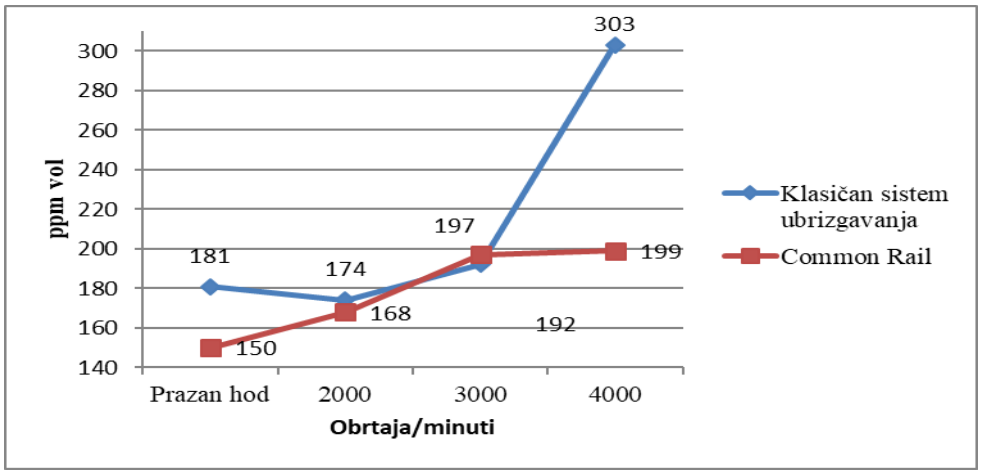
Slika 6. Prikaz rezultata analize kiseonika u emisiji izduvnih gasova

Kada je reč o nesagorelim ugljovodonicima sa slike 7. se može uočiti da veću emisiju nesagorelih ugljovodonika imamo kod motora sa Common Rail sistemom ubrizgavanja.



Slika 7. Prikaz rezultata merenja nesagorelih ugljovodonika u emisiji izduvnih gasova

Kada je reč o azotovim oksidima sa slike 8. se može uočiti da klasičan sistem ubrizgavanja ima veći procenat nesagorelih ugljovodonika, takođe se može uočiti da pri 4000 obrtaja/min motor sa klasičnim sistemom ubrizgavanja ima znatno veću emisiju azotovih oksida. Međutim kako je u prethodnom delu rada već i napomenuto količina azotovih oksida i raste sa porastom opterećenja i pod punim opterećenjem motora, tako da je ova pojava porasta azotovih oksida sa porstom broja obrtaja razumljiva.



Slika 8. Prikaz rezultata merenja azotovih oksidia u emisiji izduvnih gasova

4.2. Diskusija

Prema prikazanog na prethodnim dijagramima može se zaključiti da klasični sistemi ubrizgavanja imaju u nekim slučajevima i za neke određene elemente u izduvnim gasovima manje vrednosti od Common Rail sistema. Međutim kako je poznato i već u prethodnom delu rada napomenuto kod emisije izduvnih gasova, kada je reč o dizel motoru najvažnije i najviše štetni elementi jesu azotovi oksidi. Kako je iz prethodne analize prikazano i uočljivo ova dva elementa u emisiji izduvnih gasova su manji kod motora koji ima Common Rail rail sistem ubrizgavanja goriva. Kada je reč o azotovim oksidima, koji predstavljaju jedan od jako štetnih elemenata u izduvnim gasovima kod dizel motora, oni su manji kod motora sa Common Rail

sistemom pri praznom hodu rada motora kao i pri 4000 obrtaja/min dok pri 2000 i 3000 obrtaja nema veće razlike.

Naravno u nekim slučajevima bi bilo poželjno ispitivati i neke motore odnosno pogonske agregate vozila sa nekim većim snagama. Ovakva istraživanja su jako korisna iz razloga što pružaju mogućnosti konstruktorima kao i ekolozima da podstiču korisnike vozila da u većoj meri koriste vozila sa novijim sistemima ubrizgavanja imajući u vidu potrebe za očuvanjem životne sredine ili pak samog celokupnog ekosistema. Ovakva istraživanja su od velikog značaja u pogledu saznanja važnosti razvoja sistema za ubrizgavanje kod dizel motora i same te problematike ekoloških aspekata i od velikog su značaja za razvoj ovakvih sistema na vozilima.

5. ZAKLJUČAK

Razvoj motor i pogonskih agregata od prvih konstruisanih motora do danas imaju drastične promene u pogledu opreme. Oprema motora danas sve više napreduje u cilju smanjenja kako potrošnje pogonskih goriva tako i u pogledu ekoloških aspekata u smislu emisije izduvnih gasova.

Sagorevnje u samom motoru ima najveći uticaj na emisiju izduvnih gasova samog motora. Jako važan sistem koji ima uticaj na sam process sagorevanja jeste sistem za ubrizgavanje goriva. Kako smo u ovom radu analizirali sisteme za ubrizgavanje goriva kod dizel motora kao i njihov uticaj na emisiju izduvnih gasova, može se zaključiti da u našem slučaju sistem klasičnog ubrizgavanja goriva ima slične rezultate odnosno sličnu emisiju u odnosu na Common Rail. Međutim kako azotovi oksidi predstavljaju jedan od najštetnijih elemenata u izduvnim gasovima kod dizel motora, kod Common Rail sistema ta emisija je manja u odnosu na motor sa klasičnim sistemom ubrizgavanja goriva. Razvoj i dalja istraživanja po pitanju sistema za ubrizgavanje goriva kod dizel motora su svakako jako bitna baš u cilju smanjenja emsije štetnih izduvnih gasova, takođe je jako bitno pravilno održavati ovaj sistem na vozilu kao i ostale sisteme koji imaju cilj da redukuju emisiju štetnih gasova.

6. LITERATURA

Pešić R. Petković S. Veinović S. (2008). Motorna vozila I motori oprema, Mašinski fakultet u Banja Luci- Mašinski fakultet u Kragujevcu, Banja Luka- Kragujevac

Krstić B. (2009). Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac.

Vasiljević S.. Rajković D., Đorđević M., 2017, ECOLOGICAL ASPECTS OF VEHICLES IN ROAD TRANSPORT, *2nd International conference on Quality of Life* , str. 201- 207, Kragujevac, ISBN 978-86-6335-043-4

Internet stranica: http://www.dieselmotors.info/electronic-systems/caterpillar-ems-hydraulicelectronic-unit-injector.html (04.08.2017)

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

PROJEKTOVANJE RUTA ZA EVAKUACIJU METAHEURISTIČKIM ALGORITMOM OPTIMIZACIJA KOLONIJOM PČELA*

EVACUATION ROUTES PROJECTING BY METAHEURISTIC ALGORITHM BEE COLONY OPTIMIZATION

Predrag Radojčić
Ul. Čuprijska 31C/53, 74000 Doboj, radojcic.predrag@gmail.com

***Sažetak**: U uslovima prirodnih katastrofa ili akcidentnih događaja bilo koje vrste u naseljenim mjestima, od ključnog je značaja na efikasan način organizovati proces evakuacije ljudi i materijalnih dobara. Ovim problemom se duži niz godina bave stručnjaci iz oblasti transportne nauke i operacionih istraživanja. Planiranje ruta za evakuaciju je vrlo zahtjevan zadatak, koji zahtijeva predviđanje ne samo puteva kojima će se vršiti evakuacija za najkraće vrijeme i modela transporta kojim će se isti vršiti, već se mora uvažiti i činjenica da će na planiranim rutama postojati kontratok. Jedan od najdelikatnijih problema u postupku ovog planiranja je predviđanje ponašanja ljudi, koji se ne kreću nužno planiranim rutama, ili svoje odluke o izboru rute za evakuaciju donose na bazi iskustvenog zaključivanja i intuicije. U radu je prezentovan sistem za podršku odlučivanju pri izboru rute za evakuaciju, koji je baziran na metaheurističkom algoritmu Optimizacija kolonijom pčela. Prikazani su numerički rezultati za slučajeve kada na transportnoj mreži ne postoje ograničenja, kao i za slučajeve kada na mreži postoje ograničenja u kapacitetu čvorova.*

***Ključne riječi:** planiranje ruta za evakuaciju, BCO algoritam, metaheuristički algoritmi, računarska inteligencija u saobraćaju*

***Abstract:** In conditions of natural catastrophes or accidents of any kind in populated places, it is of key importance to efficiently organize evacuation process of people and values. This problem is considered by professionals in transportation science and Operations Research for many years. Evacuation routes planning is a very demanding task, which asks forecasting not only paths through evacuation will be done in shortest time and model how it should be done, but also it has to acknowledge fact that on planned routes could appear counter flow. One of the most difficult problems in process of mentioned planning is forecasting of human behavior, which does not always move by planned routes, or they makes their decisions about evacuation route choice based on experience concluding and intuition. In this paper it is presented decision support system for evacuation route choice, which is based on metaheuristic algorithm Bee Colony Optimization. There are presented numerical results for cases when there are no constraints on transportation network, as well as for cases when there are node capacity constraints on network.*

***Key words:** Evacuation Routes Planning, BCO algorithm, metaheuristics algorithms, computational inteligence in transport and traffic.*

1. UVOD

U uslovima prirodnih katastrofa ili akcidentnih događaja bilo koje vrste u naseljenim mjestima, od ključnog je značaja na efikasan način organizovati proces evakuacije ljudi i materijalnih dobara. Ovim problemom se duži niz godina bave stručnjaci iz oblasti transportne nauke i operacionih istraživanja.

* ***Originalni naučni rad***

Isprva je ovom problemu, nazvanom „planiranje ruta za evakuaciju“ (ERP – eng. *Evacuation Route Planning*) pristupano razvijanjem algoritama za ovu namjenu. Često se ovom problemu pristupa linearnim programiranjem, kako bi se minimizirala ciljna funkcija pri datim ograničenjima. Ovakav pristup zahtijeva da se formira *T+1* kopija mreže, gdje je *T* diskretno vrijeme u kojem se posmatra dinamika evakuacije. U vremenskom slotu *T* je izvršeno *T+1* promjena parametara mreže, te je praktično formirano *T+1* kopija transportne mreže. Jasno je da je ovakav pristup računski i vremenski veoma zahtjevan, te je pogodan samo za probleme manjih dimenzija.

Jedan od pristupa rješavanju ovog problema je CCRP (*Capacity Constrained Route Planning*) pritstup, koji je opisan u (Lu i dr. 2005). Osim spomenutog, u projektovanju ruta za evakuaciju izdvojila su se dva glavna pristupa i to pristup baziran na mrežnom dinamičnom toku i pristup baziran na simulacijama. Problem evakuacije baziran na prvom pristupu razmatrali su (Burkard i dr. 1993), (Hoppe i Tardos, 2000), (Baumann and Skutella, 2006), (Hamacher i Tjandra, 2001), (Klinz i Woeginger, 2004), (Nasrabadi i Hashemi, 2010), (Peeta i Kalafatas, 2008) i dr. Simulacioni pristup projektovanju ruta za evakuaciju koristili su (Barrett et al. 2000), (Pel i dr. 2010), (Edara i dr. 2010) i dr.

U nastavku je dat pristup u projektovanju ruta za evakuaciju korišćenjem BCO (*Bee Colony Optimization*) metaheurističkog algoritma, koji do sada nije bio korišćen za ove namjene.

2. METODOLOGIJA

2.1. Algoritam Optimizacija kolonijom pčela

BCO algoritam spada u klasu *Swarm inteligence* algoritama, gdje agenti – vještačke pčele, grupno pretražuju prostor dopustivih rješenja, u potrazi za najboljim rješenjem. Procedura algoritma se sastoji iz dva bitna koraka:

leta unaprijed i

leta unazad,

koji svaki agent (vještačka pčela) ciklično ponavlja, sve dok se ne ispuni kriterijum za zaustavljanje algoritma.

Uvedimo u razmatranje slijedeće parametre:

B– broj pčela u košnici,

NC – broj etapa, odnosno koraka, potrebnih za konstrukciju kompletnog rješenja,

b – brojač agenata – pčela,

j – brojač koraka.

Pseudo – kod algoritma optimizacije kolonijom pčela dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Algoritam Optimizacija kolonijom pčela (Teodorović i Šelmić 2011.), (Teodorović 2007.),

Dok se ne zadovolji uslov zaustavljanja, izvršavaj:
1) Inicijalizacija:
svaka pčela predstavlja po jedno (potencijalno prazno) rješenje;
2) Za (*j=0; j<NC; j++*)
// **let unaprijed**
2.1) Za (*b = 0; b < B; b++*)
- evaluirati sve moguće konstruktivne korake;
- u zavisnosti od evaluacije, izabrati jedan korak, koristeći model izbora pomoću ruleta;
// **let unazad**
2.2) Za (*b = 0; b < B; b++*)
- evaluirati (parcijalna/kompletna) rješenja za svaku pčelu;
2.3) Za (*b = 0; b < B; b++*)
- odluka o lojalnosti za svaku pčelu koristeći model izbora pomoću ruleta;
2.4) Za (*b = 0; b < B; b++*)
- za svaku od neopredijeljenih pčela izabrati (pomoću ruleta) jednu iz skupa opredijeljenih koju će nastaviti da slijedi u novom letu unaprijed;
3) Evaluirati sva rješenja i zapamtiti najbolje, tj. najbolje do tada.

Let unaprijed predstavlja proceduru koja je specifična za svaku konkretnu primjenu metaheuristike, dok procedura leta unazad može biti univerzalna i korištena u više različitih vrsta problema.

Vjerovatnoća da će b – ta pčela ostati lojalna vlastitom rješenju u slijedećem, $u+1$ – vom letu unaprijed, određuje se na osnovu izraza:

$$p_b^{u+1} = e^{-\left(\frac{O_{max}-O_b}{u}\right)}, b = 1,2,\dots B \quad (1)$$

O_b – normalizovana vrijednost kriterijumske funkcije parcijalnog/kompletnog rješenja b – te pčele,

O_{max} – maksimalna vrijednost svih normalizovanih vrijednosti parcijalnog/kompletnog rješenja koje se porede, tj. normalizovana vrijednost koja odgovara najboljem rješenju,

u – broj leta unaprijed.

Neka su

C_{max} – najveća vrijednost parcijalnog/kompletnog rješenja – kriterijumske funkcije,

C_{min} – najmanja vrijednost parcijalnog/kompletnog rješenja – kriterijumske funkcije,

C_b – vrijednost kriterijumske funkcije b – te pčele.

Normalizovane vrijednosti dobijaju se na osnovu dvije relacije:

ukoliko se radi o minimizaciji

$$O_b = \frac{C_{max}-C_b}{C_{max}-C_{min}}, b = 1,2,\dots B \quad (2)$$

ukoliko se radi o maksimizaciji

$$O_b = \frac{C_b - C_{min}}{C_{max} - C_{min}}, b = 1,2, \dots B \quad (3)$$

Nakon izračunavanja vjerovatnoće da će b – ta pčela ostati lojalna vlastitom rješenju u slijedećem, $u+1$ – vom letu unaprijed, izvlači se slučajni broj iz intervala [0,1]. Ukoliko je izvučeni slučajni broj manji od izračunate vjerovatnoće, pčela ostaje dosljedna vlastitom rješenju, a ukoliko je slučajni broj veći od ove vjerovatnoće, pčela napušta vlastito rješenje i postaje neopredijeljena.

Vjerovatnoća da će b – ta opredijeljena pčela dobiti sljedbenika izračunava se po obrascu

$$p_b = \frac{O_b}{\sum_{k=1}^{R} O_k}, b = 1,2, \dots R \quad (4)$$

gdje su

O_k – normalizovana vrijednost funkcije cilja k – tog ponuđenog rješenja,

R – broj opredijeljenih pčela.

Nakon izračuna vjerovatnoće za svaku opredijeljenu pčelu, izvlači se slučajni broj za svaku neopredijeljenu pčelu. Ukoliko je izvučeni slučajni broj manji od izračunate kumulativne vjerovatnoće, neopredijeljena pčela počinje da slijedi opredijeljenu pčelu, a ukoliko je slučajni broj veći od ove vjerovatnoće, neopredijeljena pčela traži drugu opredijeljenu pčelu iz skupa opredijeljenih pčela, koju će slijediti u konstruisanju vlastitog rješenja. Pčela – sljedbenik kopira parcijalno rješenje opredijeljene pčele, koje je konstruisano do momenta kada ju je počela slijediti, a zatim obje pčele nezavisno nastavljaju da konstruišu svoja rješenja.

3. PRIMJENA BCO ALGORITMA

U ovom radu razmatran je problem evakuacije sa jednim izvorom i jednim ciljem. Neka je data orjentisana transportna mreža G=(N,A), koja predstavlja model lokacije na kojoj treba izvršiti evakuaciju, čiji čvorovi predstavljaju prostor u kojem se nalaze jedinice koje treba da se evakuišu, a grane predstavljaju koridore po kojima se može vršiti evakuacija.

Pretpostavimo da se u početnom čvoru dogodio vanredan događaj i da jedinice u drugim čvorovima nemaju informaciju o nastalom događaju. Jedinice iz čvora u kome je nastao vanredni događaj će se, na slučajan način evakuisati iz izvornog čvora u susjedne čvorove.

Prelivanjem jedinica iz izvornog čvora u susjedne čvorove, jedinice koje bi trebalo evakuisati, a koje se nalaze u čvorovima susjednim izvornom čvoru, dobijaju informaciju o nastanku vanrednog događaja, te zajedno sa pristiglim jedinicama, nastavljaju proces razlivanja po transportnoj mreži, sve do konačnog pristizanja u ciljni čvor.

Neka je data matrica vremena prelaska preko grana

$$\boldsymbol{t} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdots & t_{1m} \\ t_{21} & t_{22} & \cdots & t_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{m1} & t_{m2} & \cdots & t_{mm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

i neka je nepoznata matrica prelivanja

$$\boldsymbol{s} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1m} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{m1} & s_{m2} & \cdots & s_{mm} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Potrebno je evakuisati jedinice od početnog do krajnjeg čvora, pri čemu ostali čvorovi imaju početnu zauzetost, pri čemu treba pronaći takvu matricu prelivanja, koja minimizira ukupno vrijeme prelaska svih jedinica koje se evakuišu, od čvora u kojem su se našle u početnom trenutku, do ciljnog čvora m. Pri tome treba napomenuti da termin „vrijeme“ može biti shvaćen u najopštijem smislu kao „cijena prelaska preko grane“. Drugim riječima, matrica vremena može biti zamijenjena matricom rastojanja, zavisno od cilja samog algoritma. Osim toga, važno je napomenuti da je moguće modelovati matematički model za rješavanje ovog problema. Međutim, jedna od prednosti BCO algoritma i drugih metaheuristika je u činjenici da se njima mogu rješavati i slabo strukturirani problemi, bez potrebe za rigidnim definisanjem ciljne funkcije i ograničenja.

3.1. Rješenje problema primjenom BCO algoritma

Pseudo kod BCO algoritma za rješavanje problema evakuacije prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2. BCO algoritam za rješavanje problema evakuacije

1. Ponavljati slijedeće korake zadat broj puta:
1.1. za svaki čvor od izvornog do ciljnog, ne uključujući ciljni čvor, ponavljati:
LET UNAPRIJED
1.1.1 ponavljati za svaku pčelu slijedeće korake,
1.1.1.1. sve dok u trenutnom čvoru ima jedinica za evakuaciju:
- generisati slučajan broj
- uporediti ga sa kumulativnim vjerovatnoćama za svaki naredni čvor (kumulativne vjerovatnoće se računaju kao kumulativna suma vjerovatnoća benefita koji će vještačka pčala ostvariti prelaskom iz čvora *i* u neki od mogućih narednih čvorova)
- ako je razlika između kumulativne vjerovatnoće za naredni čvor i generisanog slučajnog broja najmanja pozitivna, inkrementirati vrijednost zauzetosti narednog čvora i dekrementirati vrijednost zauzetosti trenutnog čvora,
-inkrementirati vrijednost člana matrice prelivanja, koji ukazuje na prelivanje iz trenutnog u naredni izabrani čvor;
1.1.2. izračunati trenutnu vrijednost *fitness* funkcije generisanog parcijalnog rješenja;
LET UNAZAD
1.1.3. pronaći najveću i najmanju vrijednost *fitness* funkcije;
1.1.4. normalizovati rješenja za svaku pčelu primjenom obrasca (2)
1.1.5. pronaći najveće normalizovano rješenje;
1.1.6. za svaku pčelu izračunati vjerovatnoću lojalnosti primjenom obrasca (1).
1.1.7. za svaku pčelu ponavljati slijedeće korake:
1.1.7.1. generisati slučajan broj;
1.1.7.2. ako je generisani slučajan broj veći od vjerovatnoće lojalnosti, postaviti oznaku lojalnosti na vrijednost -1, što označava da pčela nije lojalna ni jednoj pčeli, odnosno, pčela postaje neopredijeljena; inače, postaviti oznaku lojalnosti na vrijednost indeksa razmatrane pčele, što označava da je pčela lojalna vlastitom rješenju, drugim riječima, pčela je opredijeljena;

1.1.8. izvršiti brojanje opredijeljenih pčela inkrementiranjem brojača za svaku opredijeljenu pčelu;
1.1.9. za svaku opredijeljenu pčelu izračunati vjerovatnoću da će je neopredijeljena pčela slijediti, po obrascu (4) te izračunati kumulativne vrijednostiovih vjerovatnoća za svaku opredijeljenu pčelu;
1.1.10. za svaku neopredijeljenu pčelu izvršavati slijedeće korake:
1.1.10.1. generisati slučajan broj;
1.1.10.2. za opredijeljenu pčelu čija je razlika između generisanog slučajnog broja i njene kumulativne vjerovatnoće minimalna pozitivna, upamtiti indeks;
1.1.10.3. postaviti oznaku lojalnosti neopredijeljene pčele na vrijednost upamćenog indeksa, drugim riječima slijediti odabranu opredijeljenu pčelu;
1.1.10.4. prekopirati parcijalno/kompletno rješenje odabrane opredijeljene pčele, kao rješenje neopredijeljene pčele;
1.2. Odabrati najbolje pronađeno kompletno rješenje u trenutnoj iteraciji;
2. Odabrati najbolje od svih pronađenih kompletnih rješenja u svim iteracijama i proglasiti ga za najbolje;
3. Prikazati najbolje rješenje.

U prvom slučaju, vjerovatnoća izbora narednog čvora određuje se po obrascu:

$$p_{ij} = \frac{e^{V_{ij}}}{\sum_k e^{V_{ik}}} \tag{7}$$

gdje V_{ij} predstavlja korist koju pčela ostvaruje premještanjem jedne jedinice iz čvora *i* u čvor *j* i računa se na slijedeći način:

$$V_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{\overline{t}_{ij}}, \text{ako je } 0 < t_{ij} < \infty \\ 0, \qquad \text{inače} \end{cases}, \boxed{\overline{t}_{ij} = \frac{t_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} t_{ij}}, \forall i,j: 0 < t_{ij} < \infty} \tag{8}$$

$\overline{t}_{ij}$ – normalizovana vrijednost vremena prelaska preko grane *i-j*,

a k predstavlja indeks čvorova koji su naredni čvoru *i*.

N_i – izlazni stepen čvora *i*.

Za testiranje algoritma korišćena je prototipska transportna mreža, koja je data matricom vremena

$$\boldsymbol{t} = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 5 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 0 & \infty & 4 & 6 & \infty \\ \infty & \infty & 0 & \infty & 2 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 8 & 1 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & 7 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0 \end{bmatrix} \tag{9}$$

uz pretpostavku da se u početnom trenutku u svakom čvoru nalazi po deset jedinica za evakuaciju. Za datu mrežu, optimalna vrijednost fitness funkcije je 300 vremenskih jedinica. Optimalna vrijednost je određena primjenom Dijkstra algoritma, pri čemu su određena najkraći putevi između ciljnog čvora i svih ostalih čvorova, nakon čega su sve jedinice iz odnosnog čvora evakuisane najkraćim putevima. Takođe je ispitan slučaj mreže sa 16 čvorova i istom zauzetošću čvorova kao u prethodnom slučaju, čija je optimalna vrijednost fitness funkcije 1960 v.j. (Radojčić 2015), te slučaj jako povezane usmjerene transportne mreže sa 25

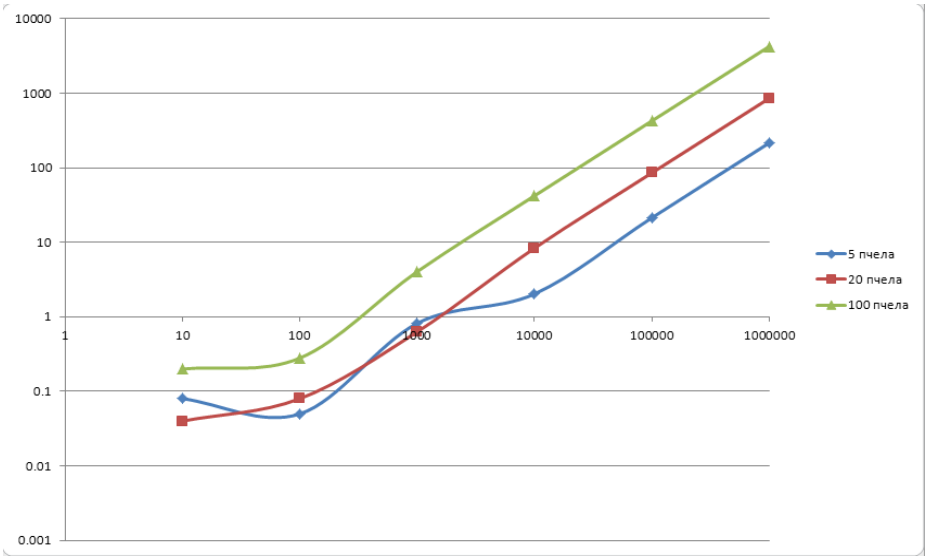
čvorova, čija vremena prelaska od jednog do drugog čvora su dobijena zbirom numeričkih oznaka čvorova (npr. vrijeme prelaska od čvora 5 do čvora 12 je 5+12=17), te sa zauzetošću čvorova od 10 jedinica u svakom čvoru u početnom trenutku (fitness=9000v.j.).

Za izbor narednog čvora korišćen jeLOGIT model i to bez ograničenja kapaciteta u čvorovima, te su rezultati prikazani u tabeli 3. Kapacitet čvora predstavlja maksimalan broj jedinica koje se u jednom diskretnom vremenskom slotu mogu nalaziti u posmatranom čvoru. Za pretragu najboljeg rješenja korišćeno je 20 agenata – vještačkih pčela.

Tabela 3. Rezultati za LOGIT model izbora narednog čvora

6 čvorova 20 pčela	16 čvorova 20 pčela	25 čvorova 20 pčela
10 iteracija *fitness=300*	10 iteracija *fitness=1960*	10 iteracija *fitness=9000*
100 iteracija *fitness=300*	100 iteracija *fitness=1960*	100 iteracija *fitness=9000*
1000 iteracija *fitness=300*	1000 iteracija *fitness=1960*	1000 iteracija *fitness=9000*
10000 iteracija *fitness=300*	10000 iter. *fitness=1960*	10000 iteracija *fitness=9000*
100000 iteracija *fitness=300*	100000 iter. *fitness=1960*	100000 iteracija *fitness=9000*
1000000 iteracija *fitness=300*	1000000 iter. *fitness=1960*	1000000 iter. *fitness=9000*

Na slici 1. prikazano je CPU vrijeme izvršavanja algoritma za slučajeve 5, 20 i 100 pčela. Zbog preglednosti, ose su podijeljene logaritamskom skalom.



Slika 1. CPU vrijeme izvršavanja algoritma za slučajeve 5, 20 i 100 pčela

Važno je takođe razmotriti i slučaj kada osim dužine grane, na odabir rute za evakuaciju utiče i trenutna zauzetost čvora. Naime, u realnim situacijama kapaciteti čvorova u koje se preliva tok evakuacije su ograničeni.

Neka svaka vještačka pčela bira naredni čvor u koji će premjestiti jedinicu koja se evakuiše, ruletskom selekcijom na LOGIT modelom odabira narednih čvorova. Vjerovatnoća izbora narednog čvora određuje se po obrascu (7)

Korist koju pčela ostvaruje računa se na slijedeći način:

$$V_{ij} = \begin{cases} \frac{w_1}{\overline{t}_{ij}} + w_2 \cdot \overline{x_j}, ako\ je\ 0 < t_{ij} < \infty\ i\ \overline{x_j} > 0 \\ 0, \qquad\qquad inače \end{cases}, \tag{10}$$

gdje su

$$\boxed{\overline{t}_{ij} = \frac{t_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} t_{ij}}, \forall i,j: 0 < t_{ij} < \infty} \tag{11}$$

$$\boxed{\overline{x_j} = \frac{c_j - g_j}{c_j}} \tag{12}$$

t_{ij} – vrijeme potrebno da jedna jedinica pređe granu *i-j*,

g_j – trenutna zauzetost čvora *j* (broj jedinica koje se nalaze u čvoru *j*),

$\overline{t}_{ij}$ – normalizovano vrijeme potrebno da jedna jedinica pređe granu *i-j*,

$\overline{x_j}$ – efektivna zauzetost čvora *j* (normalizovana vrijednost preostalog kapaciteta u čvoru *j*).

Ispitan je slučaj mreže date matricom(9), gdje svi čvorovi imaju kapacitet 100jedinica, osim čvora 2 koji je usko grlo i njegov kapacitet je 12 jedinica. Koeficijenti w_1 и w_2 uzimaju vrijednosti iz intervala [0,1] a nalaze se u slijedećem odnosu:

$$w_1 = 1 - w_2 \tag{13}$$

Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4. Vrijednosti funkcije cilja za različite vrijednosti koeficijenta w_1

w_1	Fitness funkcija	Fitness funkcija – čvor 2 usko grlo
1	300	348
0.9	300	348
0.8	300	348
0.7	300	348
0.6	300	348
0.5	300	348
0.4	306	348
0.3	308	348
0.2	320	348
0.1	336	356
0	428	400

4. ZAKLJUČAK

U procesu projektovanja ruta metaheurističkim algoritmom Optimizacija kolonijom pčela, upotrijebljena su dva pristupa: LOGIT model izbora čvorova u koje će se preliti tok evakuacije koji ne vodi računa o zauzetosti narednog čvora i LOGIT model izbora čvorova u koje će se preliti tok evakuacije koji vodi računa o zauzetosti narednog čvora.

LOGIT model u prvom slučaju uzima u obzir vremena prelaska preko grana po kojima se evakuacija treba obaviti, favorizujući izbor onih čvorova, do kojih vode kraće grane. model brzo konvergira ka optimalnom rješenju, ali se u ovom slučaju može javiti sličan problem kao

i kod proždrljivih algoritama – moglo bi se desiti da se algoritam zarobi u lokalnom optimumu. Opasnost od ovakvog scenarija je ipak umanjena stohastičkom prirodom BCO algoritma.

LOGIT model u drugom slučaju uzima u obzir i vremena prelaska preko grana i zauzetost čvora u koji se usmjerava tok evakuacije. Najbolja pronađena rješenja se pogoršavaju, ukoliko se veći značaj da zauzetosti narednog čvora u odnosu na vrijeme prelaska preko grane. Ipak, ovakav pristup smanjuje mogućnost od stvaranja uskih grla na transportnoj mreži, kao i mogućnost od otkaza rute za evakuaciju. Takođe, LOGIT model u slučaju kada je kapacitet čvorova poznata veličina, uzima u obzir efektivnu popunjenost čvora u koji treba usmjeriti tok evakuacije. Pokazuje se da vrijednost funkcije cilja dobrim dijelom zavisi od ovog parametra. U slučaju kada postoji usko grlo na mreži, tok evakuacije se preusmjerava na suboptimalne grane, te se posljedično i vrijednost funkcije cilja povećava.

Primjećuje se da porastom broja iteracija vrijeme izvršavanja algoritma eksponencijalno raste. U principu, vrijeme izvršavanja algoritma zavisi od ukupnog broja agenata koji vrše pretragu u toku izvršavanja algoritma, odnosno ovo vrijeme je proporcionalno proizvodu broja pčela i broja iteracija. Stoga će u budućem istraživanju biti posvećena pažnja implementaciji *fuzzy* sistema, uz pomoć kojeg će se u toku izvršavanja algoritma dinamički alocirat broj pčela u zavisnosti od kvaliteta rješenja dobijenih u toku izvršavanja algoritma. Autor ovog teksta je mišljenja da se korišćenjem *fuzzy* sistema može smanjiti ukupan broj vještačkih pčela koje pretražuju prostor dopustivih rješenja, čime se može uticati na smanjenje vremena izvršavanja algoritma, ne utičući bitno na kvalitet dobienog konačnog rješenja problema. Osim toga, prezentovani algoritam je potrebno ispitati na transportnim mrežama sa 100 i više čvorova, čime bi se potvrdila upotrebljivost algoritma za velike planove evakuacije (na primjer za planiranje evakuacije gradova).

Opisani model nije uzimao u obzir slučaj kada su svi naredni čvorovi za čvor iz kojeg se preliva tok evakuacije, uska grla. Ovakav slučaj neminovno dovodi do zaostajanja određenog broja jedinica na transportnoj mreži, što je krajnje nepovoljan scenario. Stoga će u budućem istraživanju biti posvećena pažnja prevazilaženju ovog problema.

5. REFERENCE

Burkard R, Dlaska K, Klinz B (1993) The quickest flow problem. *ZOR Meth Models Oper Res 37*

Baumann N, Skutella M (2006) Solving evacuation problems efficiently–earliest arrival flows with multiple sources. *U: 47th annual IEEE symposium on foundations of computer science (FOCS'06)*

Barrett B, Ran B, Pillai R (2000) Developing a dynamic traffic management modeling framework for hurricane evacuation. Transport Res Rec: *J Transport Res Board 1733*

Edara P, Sharma S, McGhee C (2010) Development of a large-scale traffic simulation model for hurricane evacuation—methodology and lessons learned. *Nat Hazards Rev 11(4)*

Hamacher H, Tjandra S (2001) Mathematical modeling of evacuation problems: a state of art. *Berichte des Frauenhofer ITWM, Nr. 24.*

Hoppe B, Tardos E (1994) Polynomial time algorithms for some evacuation problems. *U: Proceedings of the fifth annual ACM-SIAM symposium on discrete algorithms 1994, Publisher Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia, PA*

Klinz B, Woeginger GJ (2004) Minimum cost dynamic flows: the series-parallel case. *Networks 43(3)*

Lu Q, George B, Shekhar S (2005): Capacity constrained routing algorithms for evacuation planning: a summary of results. *U: Medeiros BC, Egenhofer M, Bertino E (eds) Lecture notes in computer science, vol 3633. Springer, Berlin*

Nasrabadi E, Hashemi SM (2010) Minimum cost time-varying network flow problems. *Optim Meth Software 25(3)*

Pel AJ, Hoogendoorn SP, Bliemer MC (2010) Evacuation modeling including traveler information and compliance behavior. *U: Hoogendoorn SP, Pel AJ, Taylor MAP, Mahmassani H (eds), 1st conference on evacuation modeling and management, Procedia engineering, vol 3*

Peeta S, Kalafatas G (2008) Primary emergency routes for transportation security. *Joint transportation research program, Paper 323.*

Radojčić P. (2015) Projektovanje ruta za evakuaciju tehnikama računarske inteligencije – master rad, *Saobraćajni fakultet Beograd*

Teodorović D, Šelmić M (2011): Računarska inteligencija u saobraćaju, *Saobraćajni fakultet Beograd*

Teodorović D. (2007) Transportne mreže. *Saobraćajni fakultet Beograd*

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
DOI:
UDK:
www.novihorizonti.rs.ba

MATEMATIČKI MODEL PRIMJENE INDIKATORA KVALITETA ZA OCJENU EFIKASNOSTI MARKETINGA U SAOBRAĆAJU*

MATHEMATIC MODEL OF APPLICATION OF QUALITY INDICATORS FOR THE EVALUATION OF EFFICIENCY OF MARKETING IN TRAFFIC

Sejfo Papić[a], Adis Alihodžić[b], Jasmin Latović[c]
[a]*Pedagoški fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo 71000, BiH, papicsejfo@bih.net.ba*
[b] *Prirodno -matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu., 71000, BiH, adis_mtkn@yahoo.com*
[c] *Univerzitet u Sarajevu, Fakultet Za Upravu, PhD program, Sarajevo,71000, BiH, jlatovic©hotmail.com*

***Apstrakt**: U radu su identifikovani i obrađeni indikatori kvaliteta marketinga u saobraćaju, ocijenjena efikasnost njihove primjene i predstavljen matematički model zavisnosti ocjene efikasnosti marketinga u saobraćaju od vrijedenosti indikatora kvaliteta. Ciljevi rada se ogledaju u određivanju objektivnih indikatora kvaliteta marketingu. S obzirom da je kvalitet marketinga složen pojam kojeg karakteriše više varijabli, nameće se potreba definisanja klučnih varijabli koje će u sebi sadržavati visok stepen objektivnost. U radu su korišteni kombinovani alati prikupljanja podataka (anketni upitnik, intervju i dokumentacija poslovnih sistema uzorka). Korištene su istraživačke metode koje su pogodne za ovakvu vrstu istraživanja. Izdvojeni su ključni indikatori kvaliteta marketinga u saobraćaju, zatim postupno mjerodavni indikatori kvaliteta marketinga u saobraćaju i predstavljene ocjene kvaliteta marketinga u saobraćaju na uzorku istraživanja. Mogućnost primjene mjerodavnih indikatora kvaliteta marketinga u saobraćaju za ocjenu njegovog kvaliteta pri čemu se postiže visok nivo objektivnosti.*

***Ključne riječi:** Marketing u saobraćaju. Indikatori kvaliteta, Kvalitet marketinga, Matematički model.*

***Abstract**: In this paper the indicators of quality of marketing in traffic are identified and processed, the efficiency of their application is evaluated and a mathematical model of the dependence of the evaluation of the efficiency of marketing in the traffic to the value of the quality indicators is shown. The objectives of the work are reflected in the determination of objective quality indicators in marketing. Since marketing quality is a complex term characterized by multiple variables, it is necessary to define the key variables that will contain a high degree of objectivity in themselves. Combined data collection tools (questionnaire, interview and documentation of business model systems) were used in this paper. Research methods that are suitable for this kind of research were used. Key indicators of the quality of marketing in traffic are highlighted, then the gradually relevant indicators of the quality of marketing in traffic and grades of the quality of marketing in traffic are presented on the sample survey. The possibility of applying the relevant indicators of the quality of marketing in traffic for evaluating its quality, while a high level of objectivity is being achieved.*

***Key words:** Marketing in traffic. Quality indicators. Marketing quality. Mathematic model.*

1. UVOD

Prva karika u lancu uspostavljanja kvaliteta u saobraćajnom poslovnom sistemu je marketing. Prema Kotleru: „Marketing je društveni proces kojim - putem proizvodnje i

* ***Originalni naučni rad***

razmjene proizvoda ili usluga i vrijednosti s drugima - pojedinci i grupe dobijaju ono što im je potrebno ili što žele“ (Kotler, 1988).

Iako Drucker smatra da je „marketing toliko fundamentalan da se ne može smatrati zasebnom funkcijom .... jer se radi o sveukupnom poslovanju gledanom kroz prizmu korisnika“ smatra se da je marketing jako značajna funkcija svake organizacije samim tim što predstavlja prvu i zadnju stepenicu kod uspostavljanja odnosa sa kupcem, te joj kao takvoj treba posvetiti posebnu pažnju (Zukić, 2009).

Dobro razumijevanje zahtjeva kupaca je polazna tačka u pružanju usluga atraktivnog kvaliteta na šta upućuju i ISO 9000 i TQM. Dobro obavljeni poslovi u marketingu su ključ za ostale funkcije organizacije koje će biti uključene u realizaciju usluga.

Marketing, kod ispitivanja zahtjeva tržišta može koristiti razne tehnike i metode. Bitno je da se zahtjevi kupaca registruju i u potpunosti razumiju. Zahtjevi kupaca mogu biti iskazani na različite načine. Uobičajeno je da se zahtjevi iskažu na jeziku svojstvenom kupcu koji je nerazuman za organizaciju. Ali, marketing služba mora razumjeti želje kupaca i prikazati ih u obliku razumljivom za organizaciju.

Dobijeni rezultati moraju biti jasni kako bi se omogućilo pretvaranje utvrđenih zahtjeva u karakteristike usluga. Sve dobijene informacije o uslugama marketing u saobraćaju mora evidentirati i proslijediti funkcijama planiranja i razvoja.

Kvalitet marketinga u saobraćaju se postiže kroz:

- strateško planiranje i upravljanje marketingom usluga,
- marketing okoline -praćenje i istraživanje novih mogućnosti na tržištu,
- izučavanje tržišta korisnika i ponašanje korisnika, mjerenje potreba i zahtjeva za proizvodom ili uslugom,
- predviđanje buduće potražnje proizvoda ili usluge,
- segmentaciju tržišta i pozicioniranje na tržištu,
- marketing planiranje,
- definisanje sažete informacije za razvoj proizvoda ili usluge,
- razvoj i upravljanje marketing strategijama,
- aktivnosti sa javnošću,
- plasman proizvoda ili usluga.

2. METODE

2.1. Indikatori kvaliteta marketinga u saobraćaju

S obzirom na činjenicu da su indikatori kvaliteta parametri koji kvantitativno ili kvalitativno pokazuju sposobnost preduzeća da realizuje postavljene ciljeve, može se reći da promjena veličine indikatora kvaliteta direktno ili indirektno uslovljava promjenu ocjene kvaliteta procesa. (Brdarević i dr., 2015)

Za organizaciju je jako bitno poznavanje mišljenja kupca o sebi, poznavanje svoje tržišne pozicije, poznavanje konkurentnosti svojih proizvoda i sl. (Papić, 2016) U tom smislu razvijen je set indikatora u marketingu, koji je predstavljen u tabeli 1.

Poznavanje ovih indikatora u značajnoj mjeri olakšava donošenje značajnih odluka, koje imaju za cilj organizacijski progres, kroz tržišno širenje i povećanje profita. (Papić 2016)

Tabela 1. Indikatori kvaliteta marketinga u saobraćaju

	Indikatori kvaliteta	Oznaka	J. Mj.	Cilj. vrijednost	Stv.	Ocj.
1.	Broj novih korisnika usluga	**Iq1**				
2.	Broj izgubljenih korisnika usluga	**Iq2**				
3.	Broj novih usluga razvijenih na osnovu izrečenih zahtjeva korisnika	**Iq3**				
4.	Odnos cijene usluga prema cijenama usluga konkurencije	**Iq4**				
5.	Odnos cijene usluge sa najboljom svjetskom praksom u klasi	**Iq5**				
6.	Broj pohvala od korisnika usluga	**Iq6**				
7.	Broj pritužbi -reklamacija od korisnika usluga	**Iq7**				
8.	Tržišna pozicija organizacije po uslugama	**Iq8**				
9.	Novčana sredstva planirana za reklamiranje sistema	**Iq9**				
10.	Iznos reklamiranih usluga u odnosu na ukupan iznos usluga	**Iq10**				
11.	Procenat tržišnog udjela novih usluga	**Iq11**				
12.	Tržišni udio	**Iq12**				
13.	Broj otklonjenih prigovora koji su ispoštovali zadovoljstvo korisnika.	**Iq13**				
14.	Broj prigovora koji nisu riješeni u adekvatnom roku	**Iq14**				
15.	Novonastali troškovi usljed naknadnog djelovanja	**Iq15**				
16.	Frekventnost narudžbi po korisnicima	**Iq16**				
17.	Broj organizovanih nagradnih igara	**Iq17**				
18.	Broj reklama putem medija	**Iq18**				
19.	Broj poboljšanja predloženih od kupaca	**Iq19**				
20.	Broj realizovanih poboljšanja predloženih od kupaca	**Iq20**				
21.	Procenat grešaka pri pružanju usluga	**Iq21**				
22.	Procenat otkaza transportnih sredstava pri pružanju usluga	**Iq22**				
23.	Procenat otkaza u radnom vijeku sredstava	**Iq23**				

Objašnjenje indikatora kvaliteta u marketingu -Tržišna pozicija organizacije po uslugama **(Iq8).** Ovaj indikator ima zadatk da prikaže tržišnu poziciju organizacije po uslugama. Kako je broj usluga različit od organizacije do organizacije u metodi je uzet jedan indikator. No, zavisno od broja i vrste usluga koje pruža, organizacija treba definisati adekvatan broj ovih indikatora.

Novoformirana metoda ima višekriterijumski pristup kod utvrđivanja efikasnosti marketinga. Indikatori koji se koriste u metodi su formirani po srodnosti i pridruženi su adekvatnim funkcijama organizacije.

Kod pojedinih organizacija javiće se potreba za preklasifikacijom pojedinih indikatora ili za proširenjem broja indikatora. Takođe će postojati potreba da se pojedini indikatori pridruže istovremeno većem broju funkcija. U takvim situacijama organizacijama se ostavlja otvorena mogućnost da izvrše preklasifikaciju koja će najbolje odgovarati stanju u istoj. U slučaju preklasifikacije ili pak pridruživanja pojedinih indikatora istovremeno većem broju funkcija treba voditi računa kod provođenja ocjenjivanja.

Broj indikatora u novoformiranoj metodi, naveden po funkcijama, predstavlja otvorene skupove. To znači da svaka organizacija ima za pravo da izvrši eventualnu dopunu funkcionalnih indikatora. Ukoliko se pokaže da organizacija ne koristi pojedine indikatore, ocjenjivač za te indikatore dodjeljuje ocjenu nula. Ukoliko organizacija smatra da pojedini indikatori otkrivaju njene poslovne tajne daje joj se za pravo da te indikatore ne razmatra u postupku utvrđivanja svoje uspješnosti.

2.2. Postupak utvrđivanja efikasnosti marketinga u saobraćaju

Primjena metode ne zahtijeva posebno obučen kadar. Ocjenjivanje uspješnosti organizacije primjenom novoformirane metode moguće je izvršiti angažovanjem pojedinca ili pak tima. Ukoliko se ocjenjivanje organizacije treba provesti brzo tj. u relativno kratkom vremenskom periodu tada se preporučuje angažovanje tima.

Utvrđivanje efikasnosti marketinga u saobraćaju provodi se kroz slijedećih pet koraka: (Zukić, 2009)

1. definisanje ciljnih vrijednosti indikatora,
2. utvrđivanje stvarnih vrijednosti indikatora,
3. ocjenjivanje indikatora,
4. utvrđivanje funkcijskih ocjena (uspješnosti),
5. utvrđivanje organizacijske ocjene (uspješnosti).

Prvi korak koji organizacija treba napraviti kod određivanja uspješnosti primjenom ove metode je definisanje ciljnih vrijednosti indikatora. Ciljne vrijednosti indikatora trebaju predstavljati one vrijednosti kojima organizacija teži. Za ciljne vrijednosti indikatora organizacija može uzeti vrijednosti koje postiže konkurencija (najbolji u praksi) ili pak poboljšanje onih vrijednosti koje je organizacija postizala u prethodnom vremenu. Ukoliko organizacija želi da prati sopstveni napredak onda je svakako dobro za ciljeve uzeti poboljšane vrijednosti već dostizanih ciljeva. Organizacija, kod izbora ciljnih vrijednosti treba težiti da one budu atraktivne tj. da prate svjetske trendove, ali i realne s obzirom na uslove u organizaciji.

U drugom koraku organizacija utvrđuje svoje stvarne mogućnosti. Za utvrđivanje stvarnih vrijednosti indikatora, kao što je već istaknuto, organizacija može angažovati pojedinca ili pak tim, zavisno od raspoloživog vremena za provođenje ocjenjivanja. Kao izvor informacija za tu svrhu, organizaciji mogu poslužiti različite vrste poslovne dokumentacije, ocjenjivanja članova tima (procjene, sud) i sl.

U trećem koraku vrši se utvrđivanje „položaja“ stvarnih vrijednosti indikatora u odnosu na definisane ciljne vrijednosti. Zavisno od postignutog položaja indikatora ocjenjivač dodjeljuje odgovarajuće ocjene. Korišteni indikatori se međusobno razlikuju kako prema dimenzijama tako i po karakteru trendova. Da bi se omogućilo posmatranje korištenih inikatora iz „jedne ravni“ uvedene su ocjene za kriterij prema kojem se vrši ocjenjivanje indikatora prema tabeli 2.

Tabela 2. Kriteriji za ocjenjivanje stvarnih indikatora kvaliteta efikasnosti marketinga u saobraćaju

Kriterij za ocjenjivanje indikatora kvaliteta marketinga	Ocjena
Vrijednost indikatora je nepovoljnija od ciljne vrijednosti	**0**
Indikator ima ciljnu vrijednost	**1**
Vrijednost indikatora je veća od ciljne vrijednosti	**2**

Ukupna ocjena efikasnosti marketinga se dobija tako što se saberu ocjene stvarnih vrijednosti indikatora kvaliteta marketinga u saobraćaju, i podijeli sa ukupnim brojem izdvojenih indikatora kvaliteta marketinga u saobraćaju za praćenje, a zatim se količnik pretvara u procenat, prema formuli (1). Navedeni postupak predstavlja ocjenu efikasnosti marketinga u saobraćaju.

$$\text{EMS} = \frac{\sum SVI}{n}\ 100\ \%\quad [\%] \tag{1}$$

Gdje su: EMS-efikasnost marketinga u saobraćaju; $\sum SVI$- zbir ocjena stvarnih vrijednosti indikatora; n – broj indikatora kvaliteta marketinga u saobraćaju.

Ocjena indikatora kvaliteta marketinga u saobraćaju (koja se izvodi prema tabeli 2), predstavlja transformaciju stvarnih indikatora u tzv. mjerodavne indikatore kvaliteta (MIK). Treba napomenuti da se ocjena „nula“ daje i za indikatore koji se ne prate, a ocjena „dva“ se može dati ako je ciljna vrijednost ujedno i maksimalno moguća vrijednost.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Eksperiment čiji su rezultati korišteni u ovom radu je proveden u tri transportna preduzeća, koja spadaju u grupu malih preduzeća. Podaci su za periode od po četiri mjeseca za 2016. godinu. Preduzeća su šifrovano predstavljena sa TPI, TPII i TPIII. U tabeli 3 su predstavljeni ukupni rezultati mjerenja i ukupna efikasnost marketinga.

Tabela 3. Pregled vrijednosti ocjena indikatora kvaliteta i ocjene efikasnosti marketinga

Vrijednosti mjerodavnih indikatora kvaliteta									
TPI			**TPII**			**TPIII**			**Oznaka indik.**
I-IV	V-VIII	VIII-XII	I-IV	V-VIII	VIII-XII	I-IV	V-VIII	VIII-XII	
0	1	1	1	2	1	1	1	1	Iq1
2	2	2	2	1	2	1	1	2	Iq2
1	0	0	1	1	1	1	0	0	Iq3
0	0	0	2	1	1	1	1	1	Iq4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	Iq5
0	0	0	1	1	1	2	1	1	Iq6
1	1	0	1	2	1	0	0	0	Iq7
1	1	1	1	1	1	1	1	1	Iq8
1	2	1	0	1	1	2	2	1	Iq9
0	0	0	2	2	2	1	2	2	Iq10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	Iq11
1	1	1	1	1	1	1	1	1	Iq12
0	0	0	1	1	1	1	0	0	Iq13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	Iq14
1	0	0	1	1	1	0	0	1	Iq15
1	1	1	1	2	1	1	1	1	Iq16
0	0	0	1	0	0	0	0	0	Iq17
1	1	1	2	2	2	1	1	1	Iq18
0	0	0	1	1	1	1	1	1	Iq19
0	0	0	2	2	2	1	2	2	Iq20
0	0	0	1	1	1	0	0	0	Iq21
0	1	1	0	1	1	1	0	0	Iq22
1	1	1	1	1	1	1	1	1	Iq23
12	13	12	24	26	24	19	17	18	Zbir MIK
52,17	56,52	52,17	104,34	113,04	104,34	82,61	73,91	78,26	EMS %
50	**55**	**50**	**100**	**100**	**100**	**85**	**75**	**80**	Po MH %

3.1. Regresiona i korelaciona analiza rezultata mjerenja

Ako se za ulazne veličine uzmu vrijednosti zbira mjerodavnih indikatora kvaliteta a kao izlazne veličine vrijednosti efikasnosti marketinga u saobraćaju određen po EFQM-MH modelu izvrsnosti, moguće je formirati matrice X, X¨i Y (2)

$$\square = \begin{Vmatrix} 50 \\ 55 \\ 50 \\ 100 \\ 100 \\ 100 \\ 85 \\ 75 \\ 80 \end{Vmatrix}, \square = \begin{Vmatrix} 1 & 12 \\ 1 & 13 \\ 1 & 12 \\ 1 & 24 \\ 1 & 26 \\ 1 & 24 \\ 1 & 19 \\ 1 & 17 \\ 1 & 18 \end{Vmatrix} \text{i} \quad \square' = \begin{Vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 12 & 13 & 12 & 24 & 26 & 24 & 19 & 17 & 18 \end{Vmatrix} \qquad (2)$$

Ako nađemo proizvode X'X i X'Y, i sređivanjem matričnih jednačina, pa onda prelaskom na sistem normalnih jednačina, dobija se sistem od dvije jednačine sa dvije nepoznate (3).

$$9\hat{\square}_0 + 165\,\hat{\square}_1 = 695 \qquad (3)$$

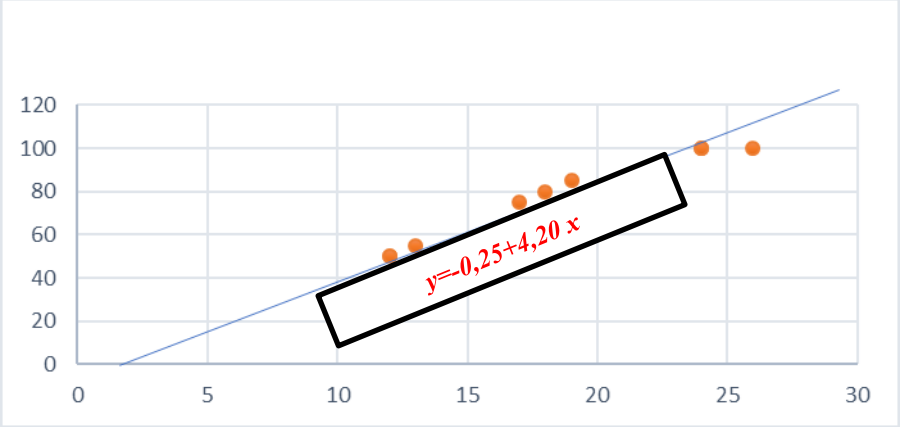
$$165\,\hat{b}_0 + 3259\,\hat{b}_1 = 13641$$

Rješenja datog sistema su: $\hat{b}_0 = -0{,}25$ *i* $\hat{b}_1 = 4{,}20$. Pa je jednačina regresione prave: $y = -0{,}25 + 4{,}20\,x$; a to je ujedno i regresioni model koji zapisujemo:

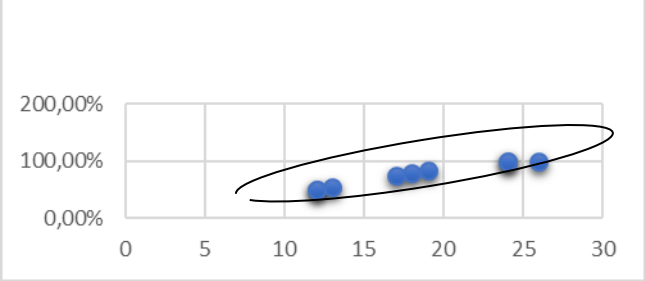
$$\hat{\square} = -0{,}25 + 4{,}20\,x \qquad (4)$$

Dakle, jednačina (4) je matematički model primjene indikatora kvaliteta za ocjenu efikasnosti marketinga u saobraćaju.

Grafički prikaz mjerenja može se dati i pomoću dijagrama na slici 1.



Slika 1. Grafički prikaz rezultata mjerenja i jednačine prave (matematičkog modela)



Slika 2. Dijagram rasipanja kod eksperimentalnih mjerenja

Prvi korak u sagledavanju korelacije između promjenjivih, je izrada dijagrama rasipanja na osnovu uređenih parova (x, y), što je prikazano na slici 2. Vidljivo je da su sve tačke mjerenja raspoređene unutar elipse, čija je jedna osa znatno manja od druge, što znači da postoji velika korelacija između promjenjivih x i y.

3.2. Provjera tačnosti indikatorske metode

Za provjeru tačnosti ove metode ocjene efikasnosti marketinga u saobraćaju najpogodnija je metoda testiranja jednakosti srednjih vrijednosti dva osnovna skupa. (Seferović, Bašić, 2005; str. 86) Prvi skup čine rezultati mjerenja po poznatoj metodi EFQM-MH, a drugi skup rezultati mjerenja pomoću nove metode. Radi komparacije uzimaće se vrijednosti mjerenja istih dimenzija, odnosno, procentualne ocjene za data transportna preduzeća.

Procjena varijanse za razmatrana dva skupa rezultata mjerenja računa se prema izrazu:

$$s^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2+(n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2} \tag{5}$$

Gdje su: $s_1^2\ i\ s_2^2$ varijanse skupova 1 i 2. Standardna greška razlike sredina $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ je:

$$s_{\bar{\square}_1-\bar{\square}_2} = s\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}, \tag{6}$$

dok se veličina t računa po formuli:

$$t = \frac{\bar{\square}_1-\bar{\square}_2-(\square_1-\square_2)}{s_{\bar{\square}_1-\bar{\square}_2}} \tag{7}$$

Odnosno, za Studentovu raspodelu sa brojem stepeni slobode $\vartheta = n_1 + n_2 - 2$, ako je hipoteza $H_0(\mu_1 = \mu_2)$ tačna;

$$t = \frac{\bar{\square}_1-\bar{\square}_2}{s_{\bar{\square}_1-\bar{\square}_2}} \tag{8}$$

Testiranje nulte hipoteze se izvodi na osnovu vrijednosti za t . Iz tabele B2 (Seferović, 2005.) očitava se vrijednost $t_{16;0,01} = 2{,}921$ što je veće od računate vrijednosti t=0,026, te je s pouzdanošću od 99 % nulta hipoteza prihvatljiva tj. razlika između aritmetičkih sredina je slučajna i zagušenost proizvodnih linija je jednaka.

Tabela T-4: Rezultati testiranja nove metode za efikasnosti marketinga

n_1	**9**	$s_{\bar{x}_1-\bar{x}_2}$	**94,42**
n_2	**9**		
$\bar{x}_1$	**77,22**		
$\bar{x}_2$	**79,71**		
s_1^2	**400,62**	t	**-0,026**
s_2^2	**406,81**		
s^2	**200,3**		

Dakle, skup 1 (mjerenja efikasnosti po EFQM-MH) i skup 2 (mjerenje efikasnosti marketinga novom metodom) imaju jednake srednje vrijednosti, čime je prihvatljiva nulta

hipoteza po studentovoj raspodjeli, što dovodi do zaključka da se nova metoda može primjenjivati za mjerenje efikasnosti marketinga u saobraćaju.

Pošto se navedeno testiranje izvodi samo uz predpostavku da normalne raspodjele imaju jednake varijanse što utvrđujemo F-testom. Sam naziv govori da se testiranje sprovodi varijablama F-raspodjele.

Neka je nulta hipoteza da su varijanse dva osnovna skupa jednake tj: $H_0(s_1^2 = s_2^2)$

Onda je: $F_0 = \frac{s_2^2}{s_1^2}$=1,015; varijabla F-raspodjele sa stepenom slobode brojnika $\vartheta_1 = n_2 - 1 = 8$, i nazivnika $\vartheta_2 = n_1 - 1 = 8$.

Tablična vrijednost F_0 za vjerovatnoće $P(F_0 > F_\alpha) = 0{,}05/0{,}01$ i navedene stepene slobode nazivnika iznosi: 3,44/6,03 (Seferović, 2015;B4, str 209).

Može se konstatovati da je: F_0 =1,015 <3,44 i F_0 =1,015 <6,03 što znači da nema signifikantne razlike u varijansama varijabli za dva skupa, pa je nulta hipoteza za F-test prihvatljiva, a time je studentov test valjan.

Dakle, nova metoda je **tačna**, i kao takva može se primjenjivati za ocjenu efikasnosti marketinga u saobraćaju.

4. DISKUSIJA

Posmatrajući regresionu i korelacionu analizu uticaja efikasnosti marketinga u zavisnosti od indikatora kvaliteta u marketingu, vidljivo je da postoji direktna veza između pojedinačnih ocjena indikatora kvaliteta marketinga i ocjene ukupne efikasnost marketinga u saobraćaju.

Također, vidi se da je marketing efikasniji kod transportnog preduzeća koje prati najviše indikatora od ostalih. Premda, je dobijen matematički model zavisnosti efikasnosti marketinga od indikatora kvaliteta marketinga, potrebno je biti oprezan pri njegovoj primjeni u praksi zato što je on dobijen na osnovu malog uzorka istraživanja.

Nepobitna je činjenica da je ovo veoma malo istražena oblast pa bi bilo potrebno provesti istraživanja na većem broju saobraćajnih preduzeća, pri čemu bi se uzeo u obzir i širok asortiman njihovih djelatnosti, što bi dalo značajne rezultate za planiranje i sprovođenje marketinga u saobraćaju.

Pri ocjenjivanju indikatora kvaliteta marketinga, prisutna je subjektivna ocjena (procjena) menadžera. Zato je potrebno naći relativnu vrijednost mjerodavnih indikatora čime bi se povećala objektivnost i mogućnost uporedbe sa konkurencijom.

5. ZAKLJUČAK

Sam postupak ocjene efikasnosti marketinga u saobraćaju je veoma složen. Izdvajanje setova indikatora je na menadžeru ili timu koji analizira učinak marketinga u konačnoj uspješnosti preduzeća. Sigurno da praćenje pojedinih indikatora kvaliteta marketinga, može doprinijeti detektovanju slabih mjesta, što je jedan od uslova za pravovremeno donošenje ispravnih odluka u tom smislu.

Bitna je i činjenica, da preduzeća nisu ograničena u pogledu odabira indikatora kvaliteta marketinga, već sami mogu odlučivati uz predhodne analize šta je bitno za njihovo preduzeće.

6. LITERATURA

Brdarević, S. Jašarević, S. Papić, S. (2015). Određivanje vrijednosti indikatorskog uticaja na kvalitet glavnog procesa proizvodnje, *9. naučni skup sa međunardonim učešćem „Kvalitet 2015“, Neum, BiH, 10-13. juni 2015. 171-176.*

Kotler, P., (1988). Upravljanje marketingom, Informator, Zagreb

Papić, S. (2016). Razvoj metode za ocjenu kvaliteta glavnog procesa proizvodnje -doktorska disertacija, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica.

Seferović, E. Bašić, H. (2005). Osnovi metrologije i obrade rezultata mjerenja, Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet, Sarajevo.

Zukić, O.(2009) . Razvoj indikatora kvaliteta u malim i srednjim preduzećima, posmatranim kao sistem kvaliteta“, -magistarski rad, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

REPREZENTATIVNI KATASTROFALNI AKCIDENTI SUMPORNE KISELINE U ŽELEZNIČKOM TRANSPORTU*

REPRESENTATIVE CATASTROPHIC SULFURIC ACID ACCIDENTS IN RAIL TRANSPORT

Drago Stojković[a], Ilija Tanackov[a], Zdenko Janković[b]
[a] *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih nauka, Srbija, ilijat@uns.ac.rs*
[b] *Udruženje zaštite na radu, Crna Gora, uznr@t-com.me*

***Apstrakt**: Zbog izraženog kvantiteta proizvodnje i potrošnje, neizbežan je kopneni transport Sumporne kiseline železnicom. Iako se obavlja u režimu opasnih materija pod naglaženim uslovima bezbednosti, akcidentni su neminovni. Zbog koncetracije velike količine opasnih materije u transportnim jedinicama, akcidenti u slučaju Sumporne kiseline obično izazivaju velike ekološke katastrofe. Istraživanja posledica dva reprezentativna akcidenta iz 2014 i 2015 godine su u toku i očekuju se značajna unapređenja saznanja u dugoročnim ekološkim posledicama koje mogu nastati posle akcidenta sa opasnim materijama.*

***Ključne riječi:** opasne materije, transport, kiseline, akcident*

***Apstract**: Because of the quantity of production and consumption, the land transport of sulfuric acid is inevitable by rail. Even though it is performed in hazardous substances under urgent safety conditions, accidents are inevitable. Due to the concentration of large quantities of dangerous substances in transport units, accidents in the case of sulfuric acid usually cause major environmental disasters. Research into the consequences of the two representative accidents from 2014 and 2015 are ongoing and significant improvements are expected in the long-term environmental impacts that may arise after an accident with dangerous substances.*

***Key words:** dangerous goods, transport, acids, accidents*

1. UVOD

Sumporna kiselina je neorganska kiselina molekulske formule H2SO4, bezbojna uljasta tečnost.

Ulje ili "duh" Vitriola, poznat je od davnina, Sumerskog perioda preko antičke Grčke (zapisi Dioscoridesa, I vek nove ere), Rimske imperije (zapisi Plinija, 23-79 nove ere), čuvenog Galena od Pergamona (129-200 nove ere) i Persije (Jabin ibn Hayyan, 721-815 nove ere).

Prva industrijska proizvodnja Sumporne kiseline je realizovana 1736. godine iz sulfata Gvožđa i Bakra u Engleskoj. Ovaj postupak je davao male količine. U Sjedinjenim Američkim Državama, industrijska proizvodnja počinja 1793. godine. Velike količine sumporne kiseline su postale dostupne postupkom sagorevanja šalitre uz dodatak vode. Čistoća ovako dobijene Sumporne kiseline je uobičajeno bila preko 70%. Danas je aktuelan kontaktni postupak

* ***Pregledni rad***

(sagorevanje sumpor dioksida u sumpor trioksid) koji se izvodi u prisustvu Platine kao katalizatora, patentiran još davne 1831. godine.

Sumporna kiselina je strateški proizvod i ima izuzetnu industrijsku primenu: u proizvodnji veštačkog đubriva, u metalurgiji – proizvodnji bakra, čelika i urana, rafinacija goriva u petrohemiji, u industriji boja, u proizvodnji eksploziva, u industriji deterdženata, proizvodnji akomulatora (kao elektrolit), u petrohemiji za rafinaciju petrola, papirnoj industriji, za dobijanje većine mineralnih kiselina i soli, itd. (Janković, 2016)

Sumporna kiselina ima veliki afinitet prema vodi, zbog čega burno reaguje sa vodom uz oslobađanje velike količine toplote: 83,35 kJ/mol, a reakcije sa vodom dovodi do kontrakcije zapremine. U kontaktu sa organskim supstancama (nitrati, hlorati) može se izazvati požar. Sumporna kiselina ugljeniše organske supstance (drvo, skrob, papir, koža). Zbog ovih karakteristika, preko 30% akcidenata sa Sumpornom kiselinom ima smrtonosan ishod (Milner i dr., 1996). Ustanovljeno je da se kod preživelih u akcidentu javlja velika smrtnost u 10-to godišnjem periodu po akcidentu (Wei i dr., 2013). Inhalacija parama Sumporne kiseline izaziva trajna, nepopravljiva oštećenja respiratornih organa ili fatalan ishod. Potencija karcinomogeneze Sumporne kiseline je ustanovljen pre 30 godina (Block i sar., 1988).

Povrede pri akcidentima sa Sumpornom kiselinom imauj uzrazito nepovoljnu raspodelu: 14,1% pacijenata ima opekline celog tela (total body surface area - TBSA), a u 66,7% povredu glave koje u pravilu prati delimično ili potpuno slepilo (Asaria i dr., 2004).

2. PROIZVODNJA SUMPORNE KISELINE I RASPODELA RIZIKA PO LOGISTIČKIM PODSISTEMIMA

Po dostupnim podacima, godišnja svetska proizvodnja sumporne kiseline je početkom II decenije XXI veka na godišnjem nivou od oko 200,000,000.00 tona, a po podacima iz 2012 godine, obim godišnje proizvodnje je 290,000,000.00 tona.

Od proizvedenih količina, procenjeno je da se oko 50% se koristi u fosfatnim fertilizerima za proizvodnju veštačkog đubriva a 10% u metalurgiji. Za proizvodnju Fluorovodonične kiseline se koristi oko 2% Sumporne kiseline. Najveći proizvođač je Kina, USA, EU, Rusija.

Za 454 akcidenata koji su evidentirani u bazi FACTS u 35-to godišnjem periodu, rizik od akcidenta po proizvedenoj toni iznosi $R=0.0447 \cdot 10^{-6}$ akcidenta/toni.

Verifikacije statističkih hipoteza o uticaju logističkih podsistema na ishode fatalnih događaja za opasnu materiju ima sledeće raspodele (Janković, 2016):

- U proizvodnji, akcidenti sa sumpornom kiselinom imaju visok rizik od fatalnih ishoda,
- U procesima skladištenja, akcidenti sa sumpornom kiselinom ne pokazuju signifikantne uticaj na na fatalne ishode,
- U pretovaru, akcidenti sa sumpornom kiselinom imaju izuzetni nizak rizik od fatalnih ishoda, tj. operacije pretovara sumporne kiseline su pouzdane sa malim brojem akcidenata i poginulih radnika.
- U transportu, akcidenti sa sumpornom kiselinom imaju nizak rizik od fatalnih ishoda, tj. operacije transporta sumporne kiseline se i dalje smatraju pouzdane, sa malim

brojem akcidenata i poginulih radnika (oko 6% okcidenata se završi sa minimum jednim fatalnim ishodom).

- U upotrebi, akcidenti sa sumpornom kiselinom opet imaju visok rizik od fatalnih ishoda,

Međutim, iako pouzdan po radnike koje učestvuju u transportu sumporne kiseline, akcidenti imaju izuzetno velike negativne posledice na ekološki sistem. Zbog obima proizvodnje, kopnene transportne zahteve mogu da realizuju samo železničkim sistemima. Iskliznuća železničkih vagona za prevoz opasnih materija, su najčešći uzrok akcidenata - oko 54% akcidenata sa opasnim materijama je realizovano indirektno, posle iskliznuća.

Iskliznuća su najčešće realizovana u stanicama, tokom vožnje preko skretnica. Nepoželjno, stanice su uobičajeno u gradskim jezgrima. Manji broj iskliznuća je realizovan na otvorenoj pruzi. Odnos rizika u stanicama (gradska jezgra) i otvorene pruge je 5:2 (raspodela 54% akcidenata opasnih materija zbog iskliznuća).

Ograničenja brzina u stanicama i vožnje preko skretnica dovode do iskliznuća manjeg broja vagona – uobičajeno pojedinačno, sa manjim fizičkim ili čak bez oštećenja taknova vagona. Zbog toga, veći broj akcidenata u stanicama se često završi bez isticanja opasnih materija.

Međutim, na otvorenoj pruzi, zbog većih brzina, iskliznuća prouzrokuju serijsko ispadanje vagona sa izrazitim mehaničkim oštećenjima i obaveznim isticanjem velike količine opasnih materija.

Za reprezentaciju ovakvog stava, za opasnu materiju Sumporne kiseline, odabrana su dva akcidenta: Sonora u Meksiku i Queensland u Australiji.

3. REPREZENTATIVNI AKCIDENTI U ŽELEZNIČKOM TRANSPORTU SUMPORNE KISELINE

3.1. Akcident Sonora u Meksiku

Akcident Sonora se realizovao 12. Avgusta 2014. Meksiko, oblast reke Sonore slika 1. (severozapadni deo Meksika). Za potrebe jednog od najvećih rudnika bakra u Meksiku, Buenavista, obavljan je železnički prevoz Sumporne kiseline kanjonom reke Sonore.

Zbog iskliznuća kompozicije vagona – cisterni za prevoz Sumporne kiseline, došlo je do nekontrolisanog istakanja oko 40000 litara Sumporne kiseline u reku Sonoru. Time je u potpunosti onemogućeno skromno snadbevanje vodom u celoj oblasti. Posle proglašenja vanrednog stanja odmah je zatvoreno 80 škola, nizvodno od mesta akcidenta! U potpunosti je uništen riblji fond i ribnjaci bez procene mogućnosti oporavka, a dugoročno je uništena poljoprivreda i stočarstvo kao osnovna privredna delatnost regiona. Istraživanja o dugoročnim posledicama su u toku.

Slika 1. Reka Sonora, bliži izgled reke posle akcidenta

3.2. Akcident Queensland u Australiji

Akcident Queensland se realizovao 28. 12. 2015. Godine, oblast Queensland, Australija. Količina od 31500 litara od ukupno 800000 litara je nekontrolisano istekla iz vagona 26 vagona železničke kompozicije slika 2. Vlasti su odmah proglasile vanredno stanje. Sva tri vozača lokomotive su povređena. Pruga je odmah zatvorena za saobraćaj, a oblast iznad akcidenta je zatvorena za letove svih sredstava vazdušnog saobraćaja.

Slika 2. Queensland, železnički akcident, prevoz sumporne kiseline

Za sada, izveštaj u pisanoj formi o zagađenjima zemljišta i podzemnih vodotokova nije dostupan javnosti zbog odnosa sa osiguravajućim društvima do potpunog utvrđivanja odgovornosti. Oblast je trajno zabranjena za železnički saobraćaj, a nova obilazna pruga je izmeštena u radijusu na 2 km od mesta akcidenta.

4. ZAKLJUČAK

Bez obzira na značajan tehnološki napredak u izgradnji pruga i konstrukcijama vagona, akcidenti sa tečnim opasnim materijama su posebno karakteristični. Tokom vožnje, promene momenta inercije tečnosti u tanku obavezno izazivaju nepredviđene longitudinalne, transverzalne i lateralne oscilacije transportnog vozila. Mogućnost njihove rezonance do danas nije u potpunosti utvrđena, ali se smatra da je ona najčešći uzrok iskliznuća železničkih vagona. Najnoviji katastrofalni akcidenti iz 2014 i 2015. godine su potvrda neophodnosti daljeg usavršavanja železničkih stabilnih i mobilnih postrojenja za prevoz opasnih materija.

Sumporna kiselina ima posebne specifičnosti opasnih materija koje pre svega imaju potencijal dugoročnog ugrožavanja životne sredine. Iako je po fatalnim ishoda pri akcidentu daleko iza energenata (oko tri puta manji rizik), energenti posle akcidenta ostavljaju daleko manje ekološke posledice, intenzivan akcident sa uobičajenom izraženom toplotnom emisijom i mehaničkim dejstvom je vremenski ograničen. Ipak za sada ne posoje precizne instrukcije u delu direktiva SEVESO II, o dužini dejstva i vremena potrebnog za potpuno uklanjanje posledica od sumporne kiseline. Jedino je poznato da je veliki broj direkno povređenih u akcidentima sa sumpornom kiselinom preminuo u najdužem roku do 10 godina posle akcidenta. Najčešći oblik posledica je prouzrokovan potencijalom karcinomogeneze Sumporne kiseline. Saznanja o drugim negativnim uticajima treba da proisteknu upravo posle analize posledica navedenih akcidenata.

5. LITERATURA

Asaria J., Kobusingye O.C., Khingi B.A., Balikuddembe R., Gomez M., Beveridge M., (2004) Acid burns from personal assault in Uganda, Burns 30 78–81.

Block T., Mantanosti G., Seltse R., Mitchel T., (1998) Cancer Morbidity and Mortality in Phosphate Woerkwes, Cancer Research, 48, 7298.

Janković, Z. (2016) Razvoj modela za proračun rizika u logističkim sistemima opasnih materija, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu,

Milner S.M., Rylah L.T.A., Nguyen T.T., (1996) Chemical injury. In: Herndon DN, editor. Total burn care. 1st ed. London: Saunders; pp. 415–24.

Wei L., Xiaofeng W., Chengjin G., (2013) Ten-year epidemiological study of chemical burns in Jinshan, Shanghai, PR China, Burns 39, pp. 1468-1743

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

ISTRAŽIVANJE PRISTUPAČNOSTI JAVNIH SAOBRAĆAJNIH POVRŠINA LICIMA SA POSEBNIM POTREBAMA*

RESEARCH ACCESSIBILITY OF PUBLIC TRAFFIC AREA FOR PERSONS WITH SPECIAL NEEDS

Biljana Kordić[a], Nena Tomović[b], Dejan Milanović[a]

[a] *Centar za održivi razvoj i bezbednost saobraćaja, Vojvođanska 278, Beograd 11271, Srbija, office_corbs@yahoo.com, office_corbs@yahoo.com*

[b] *Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment Univerziteta privredna akademija, Cvećarska 2, Novi Sad, 21 000, Srbija, tomovicnena@gmail.com*

Apstrakt: *Savremen koncep održivog razvoja društva sve veću pažnju poklanja principu koji se odnosi na društvenu održivost, koji podrazumeva i raspoloživost usluga svim društvenim grupacijama i generacijama. Lica sa posebnim potrebama su važan segment društva, njihov broj u svetu nije zanemarljiv, pa se svaka inicijativa ili istraživanje koje unapređuje njihov kvalitet života može se smatrati važnom i korisnom. Rad prezentuje metodologiju i rezultate istraživanja koja su sprovedena u nameri da se utvrdi dostignuti nivo primene standarda kojima se definišu obavezne tehničke mere i uslovi za planiranje, projektovanje i izgradnju objekata, kojima se osigurava nesmetano kretanje i pristup osobama sa invaliditetom i starim osobama, kao i ostalim kategorijama lica sa posebnim potrebama. Na osnovu rezultata dobijenih analizom prikupljenih podataka može se konstatovati da ima dosta prostora za unapređenje pristupačnosti saobraćajnih površina licima sa posebnim potrebama, što nije moguće realizovati bez pratećih aktivnosti na jačanju svesti o značaju zadovoljenja potreba lica sa posebnim potrebama.*

Ključne riječi: *saobraćaj, elementi pristupačnosti, invalidi i stara lica*

Abstract*: The modern concept of sustainable development of society is paying increasing attention to the principle of social sustainability, which also implies the availability of services to all social groups and generations. Persons with special needs are an important segment of society, their number in the world is not negligible, so any initiative or research that improves their quality of life can be considered important and useful. The paper presents the methodology and results of research conducted in order to determine the achieved level of implementation of standards that define the required technical measures and requirements for planning, designing and constructing facilities, which ensure smooth movement and access for persons with disabilities and the elderly, as well as other categories of persons with special needs. Based on the results obtained by analyzing the collected data, it can be concluded that there is a lot of space for improving the accessibility of traffic areas for persons with special needs, which can't be realized without accompanying awareness-raising activities on the importance of meeting the needs of persons with special needs.*

Key words: *traffic, accessibility elements, disabled and old people*

1. UVOD

Održivi razvoj je koncept koji dugi niz godina zaokuplja čovečanstvo. Multidimenzionalnog je karaktera jer je zasnovan na principima ekonomske i društvene održivosti i održivosti životne sredine (Fricker, 2001). Sve tri vrste održivosti čine sistem koji

* ***Pregledni rad***

može da funkcioniše uzajamnim podržavanjem politika (lokalnih, nacionalnih i globalnih) u procesu realizacije zacrtanih ciljeva održivosti (Burger i Mayer, 2003).

Kada je reč o saobraćajno, transportnom sistemu, pored ekonomske i održivosti životne sredine sve aktuelnije postaju i teme vezane za društvenu održivost, koja između ostalog podrazumeva i raspoloživost usluga svim društvenim grupacijama i generacijama. Razlog za to leži pre svega u činjenici da se poslednjih decenija u svetu razvio novi pokret u čijem fokusu je pravedniji odnos društva prema licima sa posebnim potrebama, odnosno nova humanistička ideja inkluzije u društvo ili uključivanja svih onih koji su do sada bili u velikoj meri isključeni, segregirani, diskriminisani.

Shvatajući važnost problematike, Generalna skupština Ujedinjenih nacija je 13. decembra 2006. godine usvojila Konvenciju o pravima osoba sa invaliditetom i Opcioni protokol uz nju, koji je Narodna skupština Republike Srbije ratifikovala 29. maja 2009. godine izglasavanjem Zakona o potvrđivanju Konvencije i Opcionog protokola („Sl. glasnik RS“, broj 42/09).

Konvencija ne stvara nova prava za osobe sa posebnim potrebama, već predviđa mere kojima se obezbeđuje pristupačnost fizičkog okruženja ravnopravno sa drugima, u cilju samostalnog života i punog učešća u svim sferama života. Te mere, između ostalog, uključuju identifikovanje i uklanjanje barijera koje ometaju ili otežavaju pristup zgradama, putevima, prevoznim sredstvima i drugim objektima u zatvorenom i otvorenom prostoru.

U skladu sa preuzetim obavezama na nivou države je donešen Pravilnik o tehničkim standardima pristupačnosti („Sl.glasnik RS“ br.19/2012.), kojim se detaljnije propisuju tehnički standardi kojima se obezbeđuje nesmetano kretanje dece, starih, osoba sa otežanim kretanjem i osoba sa invaliditetom, razjašnjavaju urbanističko tehnički uslovi za planiranje prostora javnih, saobraćajnih i pešačkih površina, prilaza objekata i projektovanje objekata, kao i posebenih uređenja u njima.

Primena navedenog Pravilnika postaje imperativ jer se Republika Srbija, kada je reč o saobraćaju, u poređenju sa drugim evropskim zemljama nalazi u grupi najnebezbednijih država. U Strategiji bezbednosti saobraćaja na putevima Republike Srbije za period od 2015. do 2020. godine („Sl. glasnik RS, broj 64/2015) je potencirano da saobraćajne nezgode nisu samo saobraćajni, već ekonomski, zdravstveni i socijalni problem društva koji nastaje, pre svega kao posledica različitih propusta. One su isto tako i posledica pogrešnih stavova, neobrazovanosti, nekulture, nerada, neznanja, nepoštovanja zakona i tuđih života i vrednosti, neposvećenosti upravljanju bezbednošću saobraćaja i prihvatanja stava da je normalno stradati u saobraćajnim nezgodama.

Pešaci se mogu smatrati jednom od od najugroženijih kategorija učesnika u saobraćaju, jer oni čine 25% ukupno stradalih lica, pri čemu su lica starija od 65 godina najugroženija, jer gotovo 50% poginulih pešaka pripada starosnoj kategoriji "65+". Na žalost, do danas u Srbiji nisu rađena ozbiljnija istraživanja o učešću lica sa invaliditetom, ili drugim licima sa posebnim potrebama u saobraćajnim nezgodama, a nema sumnje da su takva lica najugroženija u saobraćaju zbog svojih fizičkih i mentalnih karakteristika.

Polazeći od te činjenice, može se reći da se svaka vrsta istraživanja u ovoj oblasti može smatrati dobrodošlom i važnom. Zbog toga se u ovom radu autori prezentuju istraživanje pristupačnosti javnih saobraćajnih površina starijim i invalidnim osobama u centralnim zonama beogradskih opština: Novi Beograd, Zemun i Surčun.

Cilj istraživanja je bio utvrđivanje dostignutog nivoa primene standarda kojima se definišu obavezne tehničke mere i uslovi za planiranje, projektovanje i izgradnju objekata, kojima se osigurava nesmetano kretanje i pristup osobama sa invaliditetom i starim osobama, kao i ostalim kategorijama lica sa posebnim potrebama.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U fokusu velikog broja inicijativa koje imaju za cilj da pomognu licima sa posebnim potrebama je između ostalog i korišćenje javnih saobraćajnih površina, za šta postoje brojni primeri dobre prakse, čija društvena korist je takva da opravdava troškove sprovođenje mera pristupačnosti (Shrestha1 i dr., 2016).

Da bi se licima sa posebnim potrebama, odnosno invaliditetom omogućilo nezavisno življenje i omogućilo učestvovanje u svim područjima života veoma je važno shvatiti značaj pristupačnosti i mobilnosti osoba sa hendikepom. Slična je situacija sa starijim osobama, tzv. populacijom +65. Svako lice sa posebnim potrebama je specifično po stepenu oštećenja, ali sve njih povezuje želja da žive kao sav ostali "normalan" svet, uprkos velikom broju teškoća sa kojima se svakodnevno suočavaju.

Lica sa posebnim potrebama su važan segment društva, njihov broj u svetu nije zanemarljiv, a ima tendenciju daljeg rasta. Pored lica sa posebnim potrebama u većini ekonomski razvijenijih društava prisutna je tendencija njihovog starenja, odnosno drastičnog povećanja broja starih lica. U tom smislu svaka inicijativa ili istraživanje koje će pomoći i unaprediti kvalitet lica sa posebnim potrebama, može se smatrati važnom i korisnom.

Može se reći da i u Srbiji sve više jača svest o značaju zadovoljenja potreba lica sa posebnim potrebama. Postoji veliki broj kvalitetnih inicijativa, čija realizacije je često onemogućena nedostatkom finansijskih sredstava. Sa namerom da se utvrdi dostignutog nivo primene standarda i tehničkih mera kojima se osigurava nesmetano kretanje i pristup osobama sa invaliditetom i starim osobama, kao i ostalim kategorijama lica sa posebnim potrebama sprovedeno je istraživanje u centralnim zonama tri beogradske opštine Novi Beograd, Zemun i Surčin u opsegu od 500 metara, a obuhvata sledeći prostor:

Novi Beograd - okolina „Starog Merkatora", sa domom zdravlja, sudom, osnovnom školom „Nadežda Petrović", Institutom za zaštitu majke i deteta, IX-om beogradskom gimnazijom, ulicom Pariske komune i novim Merkatorom

Zemun - od Dunavskog keja do Tošinog bunara i od Karađorđeve do Zmaj Jovine ulice, dakle sama centralna zona opštine sa osnovnim školama, Poljoprivrednim fakultetom, KBC Zemun, glavnom poštom i pijacom

Surčin - centralna zona mesta oko Opštine, Osnovne škole „22.oktobar", pošte i doma zdravlja.

U prvom koraku metodologije definisani su elementi pristupačnosti koji će biti predmet istraživanja. Za svaki izabrani element uz kraći opis dati su osnovni zahtevi koji bi u praksi trebalo da budu primenjeni, što je u sažetom obliku prikazano u tabeli 1.

Tabela 1. Elementi pristupačnosti - predmet istraživanja

Element pristupačnosti	Opis elementa	Osnovni zahtevi
Savladavanje visinske razlike	1) rampe za pešake i korisnike invalidskih kolicima, za visinsku razliku do 76 cm; 2) spoljnim stepenicama, ram-pama, stepeništem i podiznim platformama, za visinsku razliku veću od 76 cm	Nagib rampe nije veći od 5% (1:20), a ako nema uslova za rampu nagiba od 5% može iznositi 8.3% (1:12) za kratka rastojanja (do 6 m); Najveća dozvoljena ukupna dužina rampe u posebnom slučaju iznosi 15 m; Rampe duže od 6 m, a najviše do 9 m u slučaju da su manjeg nagiba…..
Trotoari i pešačke staze	Trotoari i pešačke staze, pešački prelazi i druge površine u okviru ulica, trgova, šetališta, parkova i igrališta po kojima se kreću osobe sa invaliditetom	Nagibi ne mogu biti veći od 5% (1:20), a izuzetno 8,3% (1:12). Najviši poprečni nagib uličnih trotoara i pešačkih staza upravno na pravac kretanja iznosi 2%. Šetališta u okviru javnih zelenih i rekreativnih površina su dobro osvetljena, označena i sa obezbeđenim mestima za odmor sa klupama duž pravaca kretanja….
Pešački prelazi	Mesto pešačkog prelaza je označeno tako da se jasno razlikuje od podloge trotoara. Pešački prelaz je postavljen pod pravim uglom prema trotoaru	Opremiti pored svetlosne i posebnom zvučnom signalizacijom, a na mestima gde kolovoz prelazi veći broj dece (obdanište, škola i sl.) pešačke prelaze je potrebno opremiti svetlosnom signalizacijom sa najavom i zvučnom signalizacijom……
Parking mesta	Predviđaju se u blizini ulaza u stambene zgrade, objekata za javno korišćenje i drugih objekata i označavaju se znakom pristupačnosti	Najmanja širina mesta za parkiranje vozila sa posebnim potrebama u prostoru iznosi 350 cm; Mesto za parkiranje za dva automobila koje se nalazi u nizu parkirališnih mesta upravno na trotoar veličine je 590 x 500 cm s međuprostorom širine 150 cm; Izlaz s parkirališta na trotoar osiguran je ukošenim ivičnjakom nagiba najviše 10%, širine najmanje 120 cm ……
Pristupačnost javnog prevoza	Odnosi se na stajališta javnog prevoza	Plato (peron) za pešake širine najmanje 200 cm, a na stajalištima u blizini školskih objekata, kao i na stajalištima podzemne i prigradske železnice, plato za pešake širine najmanje 300 cm; Visina platoa (perona) odgovara visini prvog ulaznog stepenika vozila

		javnog prevoza ili poda vagona, a kada se koriste vozila sa visokim prvim stepenikom, na visini koja je do 18 cm niža od prvog stepenika vozila…..
Raskrsnice	Površina na kojoj se spajaju ili ukrštaju više puteva, kao i šira saobraćajna površina-trg	Na raskrsnici koja se nalazi u području naselja gde je smeštena građevina u kojoj učestalo borave slepe i slabovidne osobe mora postojati semafor sa zvučnom signalizacijom i taktilne crte vođenja širine najmanje 40 cm, s užljebljenjima upravno na saobraćajnicu. Taktilna crta upozorenja se izvodi do ukošenja ivičnjaka na prelazu, u dužini od najmanje 110 cm vođenja, širine najmanje 40 cm s užljebljenjima u smeru vođenja i oznaku pristupačnosti…..

U drugom koraku je izvršeno snimanje i popis svih navedenih elemenata na terenu, odnosno lokacijama koje su napred navedene. Na osnovu prikupljenih podataka izvršena je njihova sistematizacija formalizacija rezultata sprovedenog istraživanja.

Istraživanje je organizovao Centar za održivi razvoj u saradnji sa učenicima Saobraćajne škole u Zemunu, koji su volontirali na ovom projektu.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Tokom istraživanja intenzivna pažnja svih učesnika u projektu je bila usmerena na prepoznavanje i uočavanje elemenata pristupačnosti na definisanim lokacijama. Dobijeni rezultati istraživanja elemenata pristupačnosti po opštinama su sledeći:

Novi Beograd

Savladavanje visinske razlike između pešačke površine i prilaza do objekta je omogućeno pomoću rampi u svim objektima od značaja, sem u zgradi Vlade Republike Srbije tzv. „SIV-u 2.i 3.“ gde su smeštena mnogobrojna ministarstva i državane institucije gde postoje samo rampe za pristup službenim vozilima. Konstatovano je da većina banki, kompanija, firmi I trgovinski objekti koji se ne nalaze u nivou trotoara nemaju rampe za klijente sa posebnim potrebama.

Trotoari i pešačke staze su uglavnom pristupačni za osobe sa invaliditetom, ali je evidentiran problem sa ivičnjacima koji se ne održvaju i uglavnom su oštećeni. Profili rešetki, poklopaca i šahtova su uglavnom bezbedni za kretanje učesnika u saobraćaju. Na koridoru pešačkih tokova nema stubova, reklamnih panoa ili drugih prepreka, sem na jednom mestu u Pohorskoj ulici. Širina uličnih trotoara i pešačkih staza iznosi 180 cm, izuzetno 120 cm.

Slika 1. Trotoari i pešačke staze za osobe sa invaliditetom u Novom Beogradu

Nisu primenjene kontrastne boje i materijali kako bi se obezbedila je uočljivost glavnih tokova i njihovih promena u pravcu. Pešačka ostrva na sredini kolovoza su izvedena sa ivičnjakom, u nivou kolovoza pri čemu nisu ispoštovane tehničke norme, radovi su pri tome loše izvedeni, objekti se ne održavaju redovno, zbog čega je teško manevrisati kolicima. Površina prolaza kroz pešačko ostrvo nije izvedena sa taktilnim poljem bezbednosti/upozorenja, na celoj površini prolaza kroz ostrvo.

Pešački prelazi nisu opremljeni zvučnom signalizacijom.

Parking mesta za invalide na parkiralištima uglavnom nisu izvedena u istom nivou sa obližnjom pešačkom stazom i izlazi sa parkirališta nisu obezbeđeni spuštenom pešačkom stazom maksimalnog nagiba od 8,3%.

Platoi stajališta javnog prevoza nisu u istom nivou sa pešačkom stazom, a pristup platformi nije obezbeđen pomoću rampe. Takođe, zone ulaska u vozilo javnog prevoza ispred prednjih vrata vozila nisu vizuelno obeležene kontrastom, a ne postoje ni taktilna polja, a r**askrsnice** na kojima postoji svetlosna signalizacija nemaju prateću zvučnu signalizaciju.

Zemun

Savladavanje visinske razlike između pešačke površine i prilaza do objekta je omogućeno rampama za pešake i korisnike invalidskih kolica samo kod Poljoprivrednog fakulteta i dve osnovne škole. Banke, prodavnice i slični objekti nemaju rampe za klijente sa posebnim potrebama.

Slika 2. Trotoari i pešačke staze za osobe sa invaliditetom u Zemunu

Trotoari i pešačke staze su nepristupačni za lica sa otežanim kretanjem i invalidska kolica, ivičnjaci, koji su građevninski izvedeni kao zakošeni, su uglavnom oštećeni i gotovo neupotrebljivi. Horizontalna signalizacija je na celom istraživanom terenu gotovo nevidljiva. Kao i na Novom Beogradu.

Pešački prelazi nisu opremljeni zvučnom signalizacijom.

Parking mesta za invalide na parkiralištima uglavnom nisu izvedena u istom nivou sa obližnjom pešačkom stazom, sem kod pijace gde je sve istog nivoa. Parkirališta sa manje od 20 mesta koja se nalaze uz ambulantu, apoteku, prodavnicu prehrambenih proizvoda, poštu, restoran i dečiji vrtić, nemaju obezbeđeno najmanje jedno mesto za parkiranje vozila osoba sa invaliditetom.

Pristupačnost javnog prevoza je ista kao i na Novom Beogradu, platoi nisu izvedneni u nivou sa javnim prevozom, odnosno nigde nema rampe koja bi omoućila ulazak u vozilo, a **raskrsnice** nemaju prateću zvučnu signalizaciju za osobe sa oštećenim vidom.

Surčin

Zanimljivost Surčina je da u centru postoje rampe za s**avladavanje visinske razlike** između pešačke površine i ulaza u sve objekte od javog značaja, osim u poštu.

Slika 3. Trotoari i pešačke staze za osobe sa invaliditetom u Surčinu

Trotoari i pešačke staze su veoma loši i oštećeni, jer su vlasnici objekte sami betonirali ispred svojih kuća i to, u najvećem broju slučajeva, prilično davno. Širina uličnih trotoara je vrlo različita i u najboljem slučaju doseže 120 cm. Sve je neobeleženo, nema kontrastnih boja za horizontalne oznake tokova, nema taktilnih površina. U najvećem broju slučajeva ivičnjaci nisu zakošeni.

Pešački prelazi nisu opremljeni zvučnom signalizacijom.

Parking mesta na parkiralištu kod doma zdravlja i ispred crkve u centru nisu dostupna za invalide jer nemaju spuštenu pešačku stazu, niti rampu. Situacija koja se odnosi na pristupačnost javnog prevoza je potpuno ista kao i u Novom Beogradu i Zemunu. Autobusi su potpuno nepristupačni za lica sa invaliditetom, a **raskrsnice** nemaju prateću zvučnu signalizaciju za osobe sa oštećenim vidom.

4. DISKUSIJA

Rezultate istraživanja je moguće generalizovati ocenom da je u opštinama Novi Beograd, Zemun i Surčin pristupačnost javnim saobraćajnim površinama starijim licima i licima sa invaliditetom, odnosno licima sa posebnim potrebama veoma loša.

Istraživanje takođe ukazuje i na činjenicu da se i pored obimne zakonske regulative situacija nije značajnije promenila u odnosu na period kada su vršene prve analize pristupačnosti, pa se nedvosmisleno može reći da je pristupačnost i dalje veliki problem u Republici Srbiji.

Poređenja radi, intersanto je istraživenje koje je u Srbiji u decembru 2011. godine sprovela Organizacija CHRIS-Mreža odbora za ljudska prava, o pristupačnosti i dostupnosti objekata u javnoj svojini u pet gradova i opština Srbije. Istraživanjem su obuhvaćeni organi

lokalne samouprave, pravosudni organi, poreske uprave, javna preduzeća, institucije socijalne zaštite, zdravstvene institucije, institucije kulture, obrazovne institucije, odnosno, sve one institucije u kojima građani svakodnevno ostvaruju neka prava.

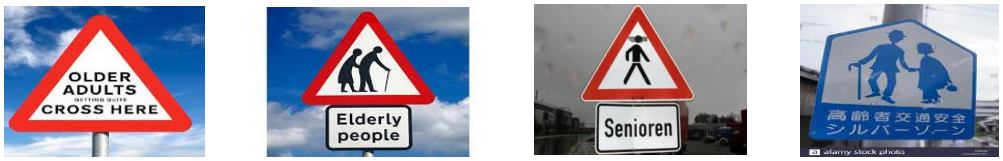
Na uzorku od 156 institucija koje su dostavile informacije, utvrđeno je da 67% institucija nije pristupačno osobama sa invaliditetom, kao i da pet od šest anketiranih institucija ne pruža mogućnost vertikalnog kretanja kroz objekat korišćenjem liftova i drugih pokretnih platformi. Tek jedna od deset institucija uključenih u istraživanje poseduje toalete i šaltere koje su prilagođeni osobama sa invaliditetom. Veliki problem koji je uočen u ovom istraživanju je nepostojanje rampi za pristup objektima. Na primer, od osam škola u Nišu koje su odgovorile na upitnik, samo jedna škola ima rampu za pristup objektu.

U okviru društveno odgovorne kampanje „Pristupi za pristupačnost“ koju su realizovali Edukacioni centar iz Leskovca, ASB (Arbeiter Samariter Bund) Srbija, Centar živeti uspravno Novi Sad i Udruženje za reviziju pristupačnosti iz Beograda tokom 2012. godine mapirana je pristupačnost objekata u Srbiji, stvaranjem internet baze pristupačnih i nepristupačnih objekata.

Tokom kampanje procenjivana je pristupačnost škola, zgrada opštine, policijskih stanica, ali i manjih objekata kao što su radnje i pekare koje su podjednako važne za svakodnevni život osoba sa invaliditetom. Od 4882 mapiranih objekata osobama sa invaliditetom je pristupačno 832 objekta, 686 je delimično pristupačno, dok je kao nepristupačno obeleženo 3360 objekata.

Očigledno je da se od 2012. godine do danas situacija nije značajnije promenila, zbog čega je nakon sprovedenog istraživanja u tri beogradske opštine Centar za održivi razvoj I bezbednost saobraćaja iz Beograda pokrenuo niz inicijativa prema svim državnim organima koji su zaduženi za sprovođenje i unapređenje regulative koja se odnosi na pristupačnost javnim saobraćajnim površinama.

Jedna od tih inicijativa je i predlog da se uvede nov saobraćajni znak, koji će vozače motornih vozila upozoravati na mesta gde se najčešće pojavljuju starije osobe, kako bi obratili pažnju na njih (slika 1). Ovakav saobraćajni znak se primenjuje u velikom broju zemalja širom sveta od Rusije i Japana, preko zemalja EU, Malezije, Australije do SAD.



Slika 4. Saobraćajni znaci upozorenja na mesta gde se pojavljuju stara lica

U velikom broju zemalja ovaj znak upozorenja se primenjuje i na osobe sa invaliditetom ili sa bilo kojim problemom koji može da utiče na bezbedno učešeće tih lica u saobraćaju. Predlog da se ovakav znak uvrsti u Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji poslat je Ministarstvu građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture. Gradskom sekretarijatu za saobraćaj, Ministarstvu rada i socijalnog staranja itd.

5. ZAKLJUČAK

Pristupačnost javnim saobraćajnim površinama predstavlja jedan od osnovnih preduslova za ravnopravno učešće lica sa posebnim potrebama u svim sferama društvenog

života. Nepristupačnošću javnih površina i objekata one se dovode u situaciju u kojoj im je onemogućeno ili veoma otežano ostvarivanje osnovnih ljudskih prava, koja su dostupna svim drugim građanima. Problem pristupačnosti se ne može rešiti bez većeg angažovanja svih društvenih činilaca, a od posebnog značaja je angažovanje lokalnih samouprava. Međutim još uvek je mali broj onih koje su ozbiljno i na sveobuhvatan način pristupile prevazilaženju ovog problema. Ohrabruje postojanje opština, koje su u saradnji sa organizacijama civilnog društva započele rešavanje problema pristupačnosti okruženja u kome lica sa posebnim potrebama žive i rade. Lokalno planiranje pristupačnosti i aktivnosti na snažnom podizanju svesti na nivou zajednice o slobodnom kretanju, kao pitanju ljudskih prava, je proces od ključnog značaja za implementiranje neophodnih promena, koje omogućavaju slobodno kretanje osoba sa posebnim potrebama.

Analizirajući podatke dobijene u opštinama koje se smatraju vodećim po pitanju ekonomskog razvoja s pravom se može postaviti pitanje: Kakva je situaciju u opštinama koje su manje ekonomski razvijene i koje raspolažu sa još manjim finansijskim sredstvima koja se opredeljuju za rešavanje problema vezanih za pristupačnost javnim saobraćajnim površinama. Odgovor na to pitanje će sigurno dati neka nova istraživanja kojima je potrebno intenzivnije pristupiti.

6. LITERATURA

Burger, D. & Mayer, C., (2003) Making Sustainable Development a Reality: the Role of Social and Ecological Standards, Eschborn.

Fricker, A., (2001). Measuring up to Sustainability, (http://www.metafuture.org/ articlesbycoll eagues/AlanFricker/Measuring%20up%20to%20Sustainability.htm 10.03.2015)

Pravilnik o tehničkim standardima pristupačnosti („Sl.glasnik RS“ br.19/2012.)

Shrestha1, B.P., Millonig, A., Hounsell, N.B & McDonald, M., (2016). Review of Public Transport Needs of Older People in European Context, Review of Public Transport Needs of Older People in European

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
DOI:
UDK:
www.novihorizonti.rs.ba

ANALIZA TRANSPORTNIH POTREBA KORISNIKA SISTEMA TAKSI TRANSPORTA PUTNIKA U BANJA LUCI*

ANALYSIS OF TRANSPORT NEEDS OF USERS OF THE TAXI TRANSPORTATION PASSENGER SYSTEM IN BANJA LUKA

Tarik Sinanović
Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, BiH, sinanovic.tarik@gmail.com

***Apstrakt**: Sistem javnog transporta putnika postao je neizostavan element svakodnevnog života stanovnika gradskih i prigradskih područja. Najveće koncentracije transportnih potreba jesu u centrima većih gradova, gdje najveću potražnju imaju podsistemi fleksibilnog transporta putnika (paratranzita). Podsistemi paratranzita u većim gradovima Evrope i svijeta imaju širok spektar primjene, što nije slučaj i na našim područjima. Podsistem paratranzita se uglavnom sveo na korištenje sistema taksi transporta putnika, pa se javlja potreba za analizu potreba tog sistema u cilju poboljšanja i adekvatnog upravljanja, sa najvažnijom funkcijom – zadovoljenja potreba korisnika. U ovom radu dat je pregled trenutne situacije funkcionisanja sistema taksi transporta putnika, odnosno analiza transportnih potreba prema ovom sistemu. Cilj rada je prvenstveno analizirati postojeće tržište transportnih potreba, kako bi se na osnovu zahtjeva korisnika sistema taksi transporta putnika izvršila određena unapređenja.*

***Ključne riječi:** javni transport, mobilnost, transportne potrebe*

***Abstract:** The system of public passengers transport has become an indispensable element of the everyday life of the inhabitants of urban and suburban areas. The largest concentrations of transport needs are in the centers of big cities, where the bigest demand have subsystems of flexible passenger transport (paratransit). Paratransite subsystems in big cities of Europe and the world have a wide range of applications, which is not the case in our areas. The subsystem of the paratransit is largely reduced to use of the taxi system, so there is a need to analyze the needs of that system in order to improve and adequately manage, with the most important function - meeting needs of the users. In this term paper is presented an overview of the current situation of the functioning of the taxi passangers system, apropos the analysis of transport needs according to this system. The purpose of this study is to analyze the existing transport needs market in order to make certain improvements based on the requirements of the users of the taxi passangers system.*

***Keywords:** transport, mobility, transport needs*

1. UVOD

Sa porastom motorizacije i konstantnim unapređenjem sistema transporta putnika, mijenjaju se i načini funkcionisanja sistema, odnosno sistemi transporta putnika se mijenjaju i danas predstavljaju jedan od najvažnijih sistema u ukupnom gradskom sistemu. U 21. vijeku mnoge studije se fokusiraju na stimulaciju korištenja sistema javnog transporta putnika, odnosno podstiče se upotreba sistema javnog gradskog transporta putnika uz ograničeno

* ***Stručni rad***

korištenje privatnog putničkog automobila. Kako bi se smanjilo korištenje privatnog putničkog automobila, naročito u gradovima, sprovodile su se brojne studije iz različitih naučnih oblasti saobraćajne nauke.

Oblast transporta putnika je ponudila veliki broj podsistema transporta putnika kako bi se korisnicima pružila višesistemska ponuda u cilju maksimalnog zadovoljenja njihovih potreba. Tako danas imamo veliki broj podsistema različitih tehničko - tehnoloških karakteristika. Svaki od podsistema javnog gradskog transporta putnika ima izezetan značaj u ukupnom transportnom sistemu, tako da je i pored brojnih podsistema javnog masovnog transporta putnika značajnu ulogu našao i fleksibilni transport putnika (paratranzit).

Razvoj i velika transportna potražnja za ovim podsistemom opravdava činjenica da je paratranzit "osvojio" onaj dio tržišta transportnih usluga koji je ostalim sistemima neosvojiv, odnosno, osnovna karakteristika ovog sistema jeste to što podsistem paratranzita ne saobraća po fiksnim trasama niti ima fiksne redove vožnje. Neki od podsistema paratranzita imaju fiksne trase, međutim, fleksibilni su u pogledu redova vožnje.

Na našim prostorima, podsistem fleksibilnog transporta putnika je još nerazvijen (u odnosu na gradove Evrope i svijeta), odnosno najzastupljeniji i korisnicima najpoznatiji podsistem paratranzita jeste taksi prevoz.

Taksi predstavlja podsistem javnog fleksibilnog transporta putnika koji korisnicima pruža cjelodnevnu javnu uslugu vozilima malog kapaciteta (obično putničkim automobilom ili "van" vozilima), na kratkim relacijama, prema zahtjevima korisnika, po unaprijed definisanom tarifnom sistemu. Transportnu uslugu obezbjeđuje operator prema definisanom zahtjevu korisnika (u pogledu vremena otpočinjanja, trase i dužine transporta), za koju korisnik plaća cijenu koja se određuje na osnovu određenog modela koji obično definiše nadležni organ lokalne uprave. (Tica, 2016)

Prema (Cooper i dr., 2010) taksi igra značajnu ulogu u realizovanju transporta u svim dijelovima svijeta, pružajući odmah prepoznatljivu konzistentnu uslugu. Konzistentnost taksi usluge podrazumijeva cjelodnevnu javnu uslugu koja je dostupna svim korisnicima pod istim uslovima. Takođe, taksi transport putnika pruža mobilnost stanovnicima (najčešće u urbanim sredinama) i igra važnu ulogu u javnom transportu putnika. Taksi obezbjeđuje prevoz od tačke do tačke, od vrata do vrata, kao i dijeljenje usluge transporta. Neke od osnovnih karateristika ovog sistema prema (Vujić i dr., 2014) su:

- Neopipljivost,
- Neodvojivost,
- Promjenljivost,
- Prolaznost.

2. METOD ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je sprovedeno u julu i avgustu 2017. godine na području grada Banja Luka. Istraživanje je najviše koncentrisano na centar grada, kao i na mjesta velike koncetracije, odnosno velikih transportnih zahtjeva. Istraživanjem je obuhvaćeno 300 korisnika sistema taksi transporta putnika, slučajnim uzorkom, kako mlađih (studenti i đaci) tako i starijih korisnika (penzioneri, zaposleni itd.).

Prema podacima sa popisa iz 2013.godine, u Banja Luci živi 185 042 stanovnika. (http://www.banjaluka.com/drustvo/2016/06/30/evo-koliko-banjaluka-ima-stanovnika/, 10.10.2017.)

Međutim, podaci o ukupnom broju korisnika sistema taksi transporta putnika ne postoje. Kao metod prikupljanja podataka u istraživanju korišten je metod anketiranja korisnika.

Taksi transport putnika u Banja Luci je regulisan zakonskim i podzakonskim aktima, i to: Zakonom o prevozu u drumskom saobraćaju RS, Odlukom o taksi-prevozu na području grada Banja Luka i Pravilnikom o tehničko-ekpoloatacionim uslovima i načinu obilježavanja vozila kojim se vrši transport.

Ovakvu vrstu transporta u Banjoj Luci vrši devet registrovanih udruženja i dva preduzeća za obavljanje taksi transporta, i to:

- **Taksi-udruženja:** Bel taksi, Banjalučki taksi, Euro taksi, Mobil taksi, Maksi taksi, Ideal taksi, Hallo taksi, Radio Bel taksi i Big taksi.
- **Taksi-preduzeća:** "Patrol taksi" d. o. o. i "Avala A" a. d.

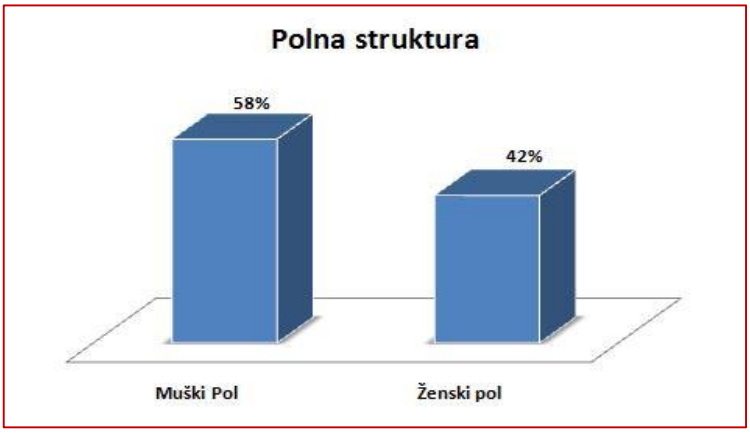
Važno je naglasiti da u ovom gradu nema „divljih“ taksi prevoznika!

Za vršenje registrovanog taksi prevoza fizička lica moraju imati rješenje o odobrenoj djelatnosti taksi prevoza, a pravna lica saglasnost za taksi vozilo. Nakon predaje zahtjeva i ispunjavanja propisanih uslova, fizička/pravna lica se stavljaju na jedinstvenu rang listu čekanja. (http://www.banjaluka.rs.ba/front/article/108/?right_mi=280, 03.08.2017.)

Rješenje, odnosno saglasnost se daje ukoliko postoji slobodno mjesto s obzirom na utvrđeni maksimalni broj taksi vozila u Gradu Banja Luka, koji iznosi 265, a koji je 2005. godine utvrđen Zaključkom gradonačelnika. Od tog broja, 231 vozilo je u posjedu samostalnih taksi prevoznika, a 34 vozila u posjedu pravnih lica. Svako taksi vozilo mora da ima i evidencioni broj - naljepnicu, istaknutu u gornjem desnom uglu unutrašnje strane prednjeg vjetrobranskog stakla, sa rokom važnosti od jedne godine i izdaje se za tekuću godinu.

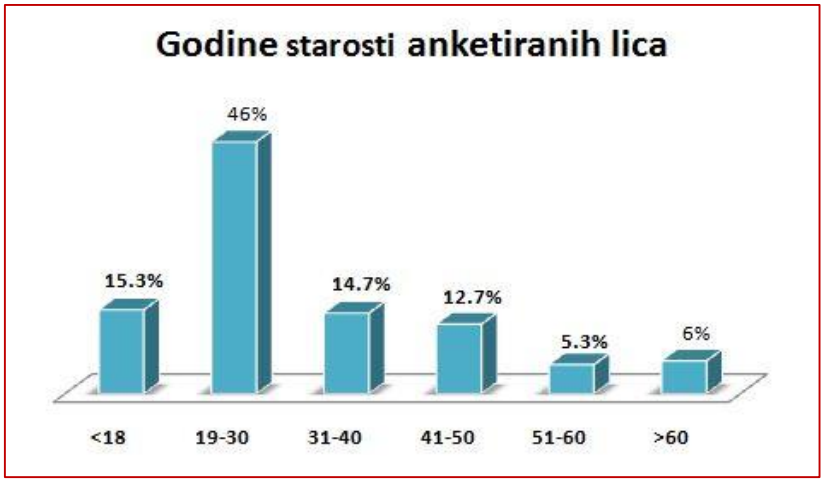
3. REZULTATI

Na slici 1. predstavljena je polna struktura anketiranih korisnika sistema taksi transporta putnika. Na slici je uočljivo da nešto veći broj ispitanih čine muškarci.



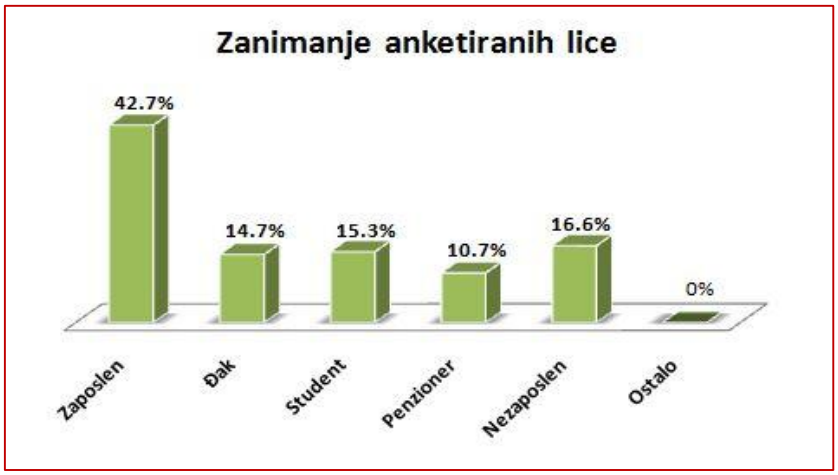
Slika 1. Polna struktura

Na slici 2. prikazana je dob anketiranih korisnika sistema. Kao što možemo primijetiti najveći dio uzorka čine mladi (od 19-30 godina).



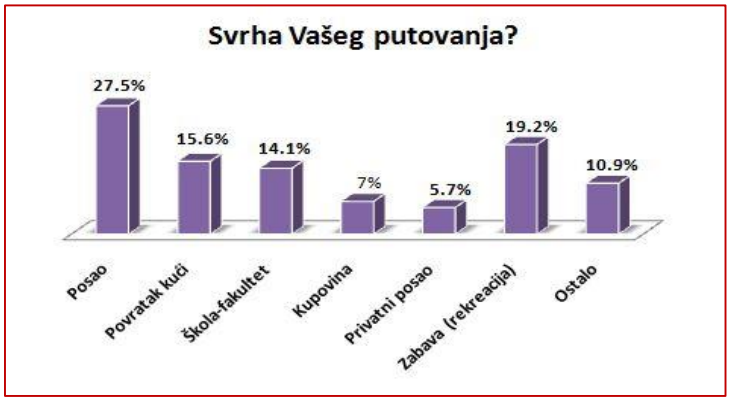
Slika 2. Godine starosti anketiranih lica

Na slici 3. predstavljeni su rezultati o zanimanju korisnika sistema taksi transporta putnika, odnosno kojoj od navedenih grupa pripadaju (zaposlen, đak, student, penzioner, nezaposlen i oni koji ne pripadaju ni jednoj od navedenih grupa – ostali). Kao što je i očekivano, najveći broj korisnika (u uzorku) čine oni iz kategorije zaposlenih.



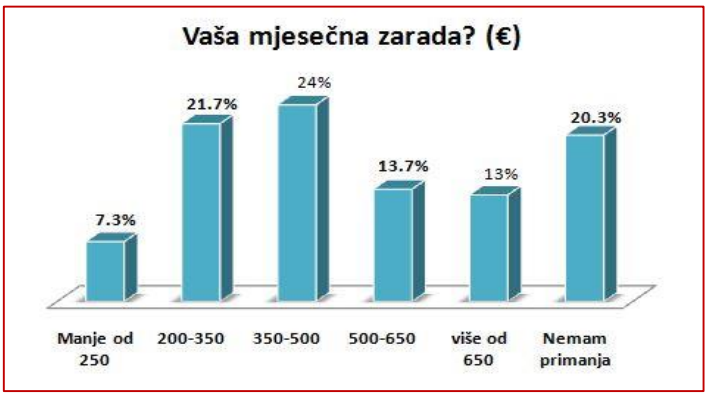
Slika 3. Zanimanje korisnika

Putovanje bilo kojim podsistemom javnog gradskog transporta putnika ili pak individualnim prevozom ima određenu svrhu, pa sa tim u vezi su i korisnici sistema taksi transporta putnika upitani o svrsi njihovog putovanja odnosno razloga za korištenje ovog sistema. Rezultati su prikazani na sljedećoj slici. Korisnici su na ovo pitanje mogli da daju više odgovora.



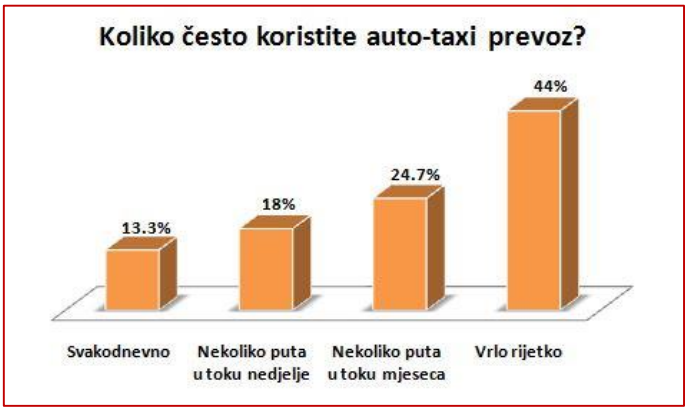
Slika 4. Svrha putovanja korisnika

Na slici 5. prikazani su rezultati o mjesečnim primanjima korisnika sistema taksi transporta putnika. Rezultati pokazuju da se osobe sa "srednjim primanjima" (200-350 i 350--500) najčešće odlučuju za korištenje sistema taksi transporta putnika.



Slika 5. Mjesečna primanja korisnika (u eurima)

Na osnovu svega do sad iznenesnog neophodno je bilo i znati koliko često korisnici koriste ovaj sistem. Na slici 6. su prikazani rezultati. Rezultati pokazuju da je najveći postotak u uzorku onih korisnika koji vrlo rijetko koriste ovaj sistem.



Slika 6. Intenzitet korištenja sistema

Na slici 7. su prikazani rezultati o prioritetima korištenja za korisnike kada je u pitanju sistem taksi transporta putnika. Korisnici su izabrali po tri najvažnija (za njih) razloga korištenja ovog sistema. Rezultati su prikazani na sljedećem djagramu.

Slika 7. Prioriteti korištenja sistema

4. DISKUSIJA REZULATA SA PRIJEDLOGOM MJERA

Na osnovu analiziranih podataka utvrđeno je da muškarci čine nešto veći dio uzorka (58%) u odnosu na žene (42%). Kao što je već prethodno izneseno najveći dio uzorka čine mladi od 19-30 godina (46%), zatim oni mlađi od 18 godina (15.3%), dok ostali dio uzorka čine stariji od 30 godina po kategorijama.

Analiziranjem podataka takođe je utvrđeno da najveći dio uzorka čine zaposleni (42.7%), dok je ostala raspodjela na osnovu zanimanja korisnika dosta manja. Ovaj podatak je u osnovi i očekivan, jer se smatra da najveća primanja i imaju zaposleni, dok oni sa manjim primanjima ili bez njih su primorani na korištenje javnog gradskog transporta putnika kao jeftinije alternative. Takođe, slika 4. pokazuje da najveći postotak korisnika koristi sistem taksi transporta putnika zbog posla, što ustvari potvrđuje i očekivanja.

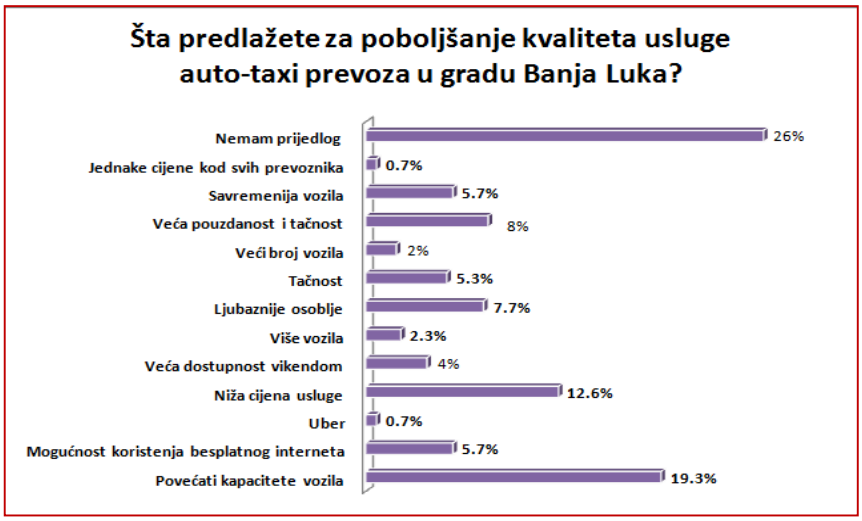
Rezultati o mjesečnim primanjima (slika 5.) pokazuje da su najčešći korisnici sistema taksi transporta putnika ustvari oni sa primanjima od 350-500 € (24%), zatim korisnici sa primanjima od 200-350 € (21.7%), pa zatim korisnici bez primanja, sa učešćem u uzorku od 20.3% što ustvari i predstavlja pomalo čudan podatak. Međutim, ukoliko sagledamo rezultate možemo zaključiti da, kao što je pomenuto najveći dio uzorka čine mladi kao i da je druga po važnosti (na osnovu rezultata - slika 4.) svrha korištenja ovog sistema ustvari "zabava (rekreacija)", se taksi transport putnika najviše koristi u večernjim satima kada se mladi vraćaju kući.

Takođe, fascinantan podatak je taj da, iako na osnovu svih stavova i navika korisnika ovog sistema, možemo zaključiti da se samo 13.3% korisnika opredjeljuje na stalno korištenje sistema, a čak 44% korisnika se izjasnilo da sistem taksi transporta putnika koristi "vrlo rijetko", što i potvrđuje prethodnu pretpostavku, a potvrđuju i podaci (slika 7.).

Naime, korisnici na pitanje: "Šta je za Vas najvažnije u auto – taksi prevozu?" su odgovorili da ima je vrijeme putovanja najvažniji (25.3%). Takođe, veliki procenat korisnika

se izjasnio da im je cijena prevoza jedan od najvažnijih faktora transportne usluge (21.7%), kao i pouzanost (20.9%).

U konačnici, na zadnjem pitanju u anketi korisnici su davali slobodne odgovore, odnosno na pitanje o prijedlozima unapređenja sistema taksi transporta putnika u Banja Luci. Najveći postotak korisnika se izjasnio da nemaju prijedlog, odnosno da su zadovoljni sa postojećim stanjem u ovom sistemu (26%), takođe, veliki procenat korisnika se izjasnio da povećanje kapaciteta vozila bi bilo adekvatno unapređenje na ovom području (19.3%). Jedan od prioriteta za unapređenje (prema stavovima korisnika) jeste i niža cijena usluge (12.6%). Ostali udio u ukupnom procentu se rasporedio na nekoliko rješenja sa procentom nižim od 10 % - slika 8.



Slika 8. Prijedlozi za unapređenje sistema na osnovu zahtjeva korisnika

Na osnovu prikazanih rezultata možemo zaključiti da najveći postotak anketiranih korisnika smatra da su nedostaci trenutnog stanja u sistemu uglavnom mali kapacitet vozila i cijena transportne usluge.

Sagledavanjem cijelog problema, kao i pronalaska optimalnog rješenja za unapređenje sistema taksi transporta putnika u gradu Banja Luka, na osnovu zahtjeva korisnika sistema, kao i na osnovu prikazanih rezultata, smatra se da je najbolje rješenje uvođenje grupnog linijskog taksija – jitneys.

Grupni linijski taksi predstavlja podsistem javnog fleksibilnog transporta putnika koji korisnicima pruža javnu uslugu vozilima malog kapaciteta (obično minibus vozilima kapaciteta od pet do petnaest mjesta/vozilu) na fiksnoj trasi linije, bez fiksnih redova vožnje. Sistem funkcioniše tako što se duž trase linije, izmjena putnika vrši na zahtjev putnika. (Tica, 2016.)

Prema (Galić, 2015.), jitneyi su važno prevozno sredstvo u mnogim gradovima u svijetu, što potvrđuju i podaci da veliki broj gradova koriste ovaj sistem transporta putnika. Neki gradovi u kojima se koriste jitneys usluge su Caracusa, Manili, Beirut, Buenos Aires, Hong Kong, Carigrad, San Juan, Teheran, Mexico City, itd.

Kako ovaj vid paratranzita funkcioniše po fiksnim trasama, neophodno je u narednom periodu uraditi istraživanje i o transportnim zahtjevima, odnosno potrebama korisnika, kako

bi se mogle uvesti linije novog podsistema fleksibilnog transporta putnika – jitneys, u cilju potpunog zadovoljenja zahtjeva korisnika javnog gradskog transporta.

5. ZAKLJUČAK

Fleksibilni transport putnika ili paratranzit u posljednje vrijeme privlači sve više pažnje kako kod korisnika ovog sistema, tako i kod mnogih naučnih i istraživačkih studija. Paratranzit, kao što je već navedeno, predstavlja sistem koji je "osvojio" i koji osvaja onaj dio tržišta transportnih usluga koji je nedostupan ostalim sistemima.

Kada govorimo o konkretnom području (grad Banja Luka), sistem paratranzita se i dalje razvija i neophodno je u narednom periodu posvetiti određenu pažnju razvoju ovog sistema, kako kroz određene studije, tako i permanentnim istraživanjima zahtjeva korisnika u cilju jasnog definisanja njihovih zahtjeva. Ovim radom, kao što je već izneseno, ispitano je 300 korisnika sistema taksi transporta putnika i ustanovljeni su određeni nedostaci ove usluge. Kao prijedlog unapređenja predloženo je uvođenje novog vida paratranzita, smatrajući da bi se znatno povećao kvalitet zadovoljenja najvećeg broja specifičnih potreba korisnika. Što potvrđuje i konstatacija (Tica, 2016): savremeni pristup upravljanju sistemom javnog gradskog transporta putnika zahtijeva da se od koncepta "putnika treba transportovati", mora preći na koncept "korisnika treba opslužiti". To direktno implicira da se umjesto koncepta "kvaliteta usluge", podsistemi orjentišu ka konceptu "kvalitetnog zadovoljenja najvećeg broja specifičnih potreba korisnika sistema".

U tom smislu, kako bi se zadovoljio veliki broj potreba korisnika sistema, smatra se da korisnici sistema transporta putnika trebaju imati na raspolaganju višesistemsku transportnu ponudu. Takođe, smatra se da bi se prilikom uvođenja jitneys-a znatno povećao kvalitet zadovoljenja većeg broja specifičnih potreba korisnika.

6. LITERATURA

Cooper, J., Mundy, R., Nelson, J. (2010). Taxi! Urban Econimies and the Social and Transport Impact of the Taxicab, *Ashgate*, UK

Galić, A. (2015). Konvencionalni načini javnog prijevoza putnika, Sveučilište u Zagrebu fakultet prometnih znanosti

Tica, S. (2016). Sistemi transporta putnika, Elementi tehnologije, organizacije i upravljanja, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beograd

Vujić, N., Vasiljević-Blagojević, M., Perić, N. (2014). Analiza krakteristika taksi usluga kao preduslov njihovog unapređenja, Beograd

http://www.banjaluka.rs.ba/front/article/108/?right_mi=280 (03.08.2017.)

http://www.banjaluka.com/drustvo/2016/06/30/evo-koliko-banjaluka-ima-stanovnika/ (10.10.2017.)

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

KORIŠĆENJE OTPADNIH AUTOMOBILSKIH PNEUMATIKA KAO GORIVA U ENERGETSKE SVRHE*

USAGE OF WASTE CAR TYRES AS FUEL FOR ENERGY PURPOSES

Milan M. Milotić[a], Slavko N. Đurić[b], Petko Č. Stanojević[a], Milutin J. Rakić[c]

[a] *Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of East Sarajevo, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, milanmilotic@yahoo.com, petko.stanojevic@yahoo.com.*

[b] *Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, 21000 Novi Sad, Republic of Serbia, djuric@uns.ac.rs*

[c] *High textile vocational school, 11000 Belgrade, Republic of Serbia, rmilutin@gmail.com*

***Apstrakt**: U radu su prikazane karakteristike (tehnička i elementarna analiza) otpadnih automobilskih pneumatika. Prikazana je i hemijska analiza pepela. Analize ukazuje da je maseni udio ugljenika u otpadnoj gumi oko 64%, vodonika 5% a toplotna moć 27181 kJ/kg. Ovo ukazuje da su otpadni automobilski pneumatici dobar materijal za termičku preradu a posebno za sagorijevanje. U radu se od termičkih postupaka prerade otpadnih automobilskih pneumatika razmatra samo sagorijevanje. Prikazane su peći za sagorijevanje otpada (sa nepokretnim slojem, pokretnom rešetkom, fluidizovanim slojem, rotacione peći) i njihove radne karakteristike. Poznavanje sastava otpadnih automobilskih pneumatika, postrojenja za sagorijevanje otpada i njihovih radnih karakteristika predstavlja polaznu osnovu u fazi projektovanja istih i projektovanja postrojenja za prečišćavanje dimnih gasova nastalih sagorijevanjem otpadnih automobilskih pneumatika.*

Ključne riječi: *otpadni automobilski pneumatici, sagorijevanje, peæi*

***Abstract**: The paper presents characteristics (technical and elemental analysis) of waste car tyres. Chemical analysis of ash has also been shown. The analyses suggest that the carbon mass fraction in the waste tyre equals about 64%, hydrogen 5% and heat output is 27181 kJ/kg. This indicates that the waste car tyres are a good material for thermal processing and especially for combustion. In this paper, from all thermal processes, only combustion has been considered. Combustion furnaces and their operating characteristics have been presented (with fixed layer, movable grate, fluidized bed, rotary kiln). Knowing the composition of waste car tyres, waste combustion plants and their operating performance, presents a starting point in their design and design of plants for flue gas purification created by waste car tyres combustion.*

***Key words:** waste car tyres, combustion, furnace*

1. UVOD

Masovno korišćenje drumskih vozila prouzrokoju brojne ekološke probleme. Pored emisije gasovitih zagađujućih kopmonenti (NOx,SOx,CO2,CO) i čađi koje nastaju korišćenjem drumskih vozila i otpadne automobilske gume imaju štetan uticaj na životnu sredinu. U Bosni i Hercegovini se do pre nekoliko godina otpadne gume odlagane uglavnom

* ***Stručni rad***

na divlje deponije i zato su predstavljale ozbiljan ekološki problem. Usaglašavanjem zakonske regulative u ovoj oblasti sa zakonima Evropske Unije odlaganje otpadnih guma na divlje deponije je zabranjeno a otpadne gume se tretiraju kao važan energetski materijal i kao sirovina za proizvodnju raznih gumenih proizvoda. Gume sadrže veliku količinu isparljivih materija i ugljenika čija je toplotna moć veća od toplotne moći uglja. Zato je guma dobar materijal za sagorevanje, pirolizu i gasifikaciju (D.Y.C. Leung and G.C.K. Lam, 1995). Odlaganje guma na deponije u svetu se pokazalo kao veoma loše rešenje (glomazne su i zauzimaju veliki prostor i ne degradiraju se na deponijama). Prema tome pored ekoloških problema koje prouzrokuju otpadne gume na deponijama radi se i o gubitku korisnog energetsog izvora.

Osnovni termički procesi prerade otpadnih guma su sagorijevanje, piroliza i gasifikacija. Piroliza otpadne gume i biomase predstavlja zagrijevanje čvrste biomase u inertnoj atmosferi u odsustvu kiseonika kako bi se proizveli gasoviti proizvodi, tečni i čvrsti proizvodi. Proces pirolize otpadne gume obavlja se uglavnom u pećima sa fluidizovanim slojem i rotacionim pećima.

Cilj ovog rada jeste istraživanje mogućnosti korišćenja otpadnih automobilskih pneumatika (OAP) u energetske svrhe postupcima sagorijevanja a time i redukcija uticaja OAP na životnu sredinu.

2. SASTAV AUTOMOBILSKIH PNEUMATIKA

Pri raznim inženjerskim proračunima a naročito pri proračunima sagorijevanja goriva u ložištima ili pri proračunu prečišćavanja dimnih gasova, potrebno je poznavati tehničku i elementarnu analizu goriva koji sagorijeva. Tehnička i elementarna analiza kao i analiza pepela OAP prikazana je u tabeli 1. Može se uočiti da OAP imaju veoma visok maseni udio ugljenika (64.20%), vodonika (5%) što predstavlja dobro energetsko gorivo.

Poređenje toplotne moći OAP sa nekim drugim gorivima prikazano je u tabeli 2. Može se uočiti da je toplotna moć OAP mnogo veća nego kod drugih navedenih goriva. U poređenju sa ugljevima (Stanari i Gacko) toplotna moć OAP veća je skoro 3 puta. Ovo opravdava mogućnost korišćenja energije upotrebom otpadnih automobilskih guma u raznim termičkim postupcima (sagorijevanje, piroliza, gasifikacija).

Tabela 1. Tehnička i elementarna analiza OAP i analiza pepela (Rudarski institut Beograd-Zemun, 2007)

Elementarna analiza (maseni udio, %)	
C	64.20
H	5.00
N	0.10
O	4.40
S	0.91
Donja toplotna moć (H_d, kJ/kg)	27181
Tehnička analiza (maseni udio, %)	
Vlaga	0.19
Volatili	-
Fiksni ugljenik	-
Pepeo	25.20
Hemijski sastav pepela (maseni udio%)	

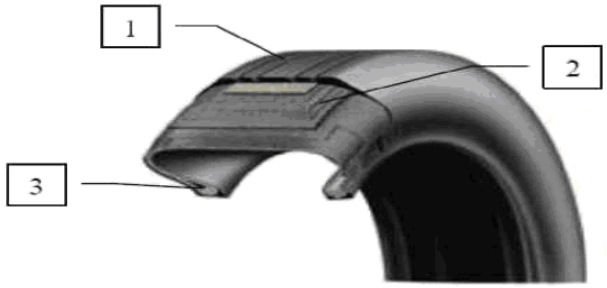
SiO_2	4.36
Al_2O_3	0.71
Fe_2O_3	86.44
CaO	0.48
MgO	0.05
K_2O	0.03
Na_2O	0.34
TiO_2	0.28
P_2O_5	2.41
ZnO	4.8
Mn_2O_3	0.04

Tabela 2. Komparacija donje toplotne moći OAP sa nekim drugim gorivima

Gorivo	Otpadni automobilski pneumatici (OAP)	Komunalni otpad (smeće) (Miloš Kuburović, 1998)	Biomasa (kukuruzovina) (Aleksandar Petrov, 1996)	Biomasa (drvna) (Tijana Kosanić, 2015	Ugalj (Stanari) (Slavko Đ., i dr.2012)	Ugalj (Gacko) (Slavko Đ., i dr.2012)
Donja toplotna moć (kJ/kg)	27181	11304	15679	15542	9100	9491

3. POSTUPCI PRERADE OTPADNIH AUTOMOBILSKIH PNEUMATIKA

OAP su specifična vrsta otpada koju stvaraju sve vrste vozila. OAP sastavljeni su od gumenih materijala u C_xH_y formi uz prisustvo nekih vlaknastih materijala (slika 1). OAP sadrže veliku količinu isparljivih materija (54,23 – 68,70%) i fiksnog ugljenika (18,72 – 33,60%) čija je donja toplotna moć veća od toplotne moći uglja. Donja toplotna moć OAP kreće se u opsegu 27181 – 39144 kJ/kg (Milotić M., 2015.). Zato su OAP dobar materijal za termičku preradu. Procesi pirolize, gasifikacije i sagorijevanja se smatraju najpraktičnijim metodama za korišćenje energije i materijala iz OAP.



Slika 1. *Struktura OAP (Stanojević D., Rajković M., 2011.)*

(1.gazeći sloj, 2. tijelo, 3. peza (stopa))

3.1. Fizička svojstva OAP

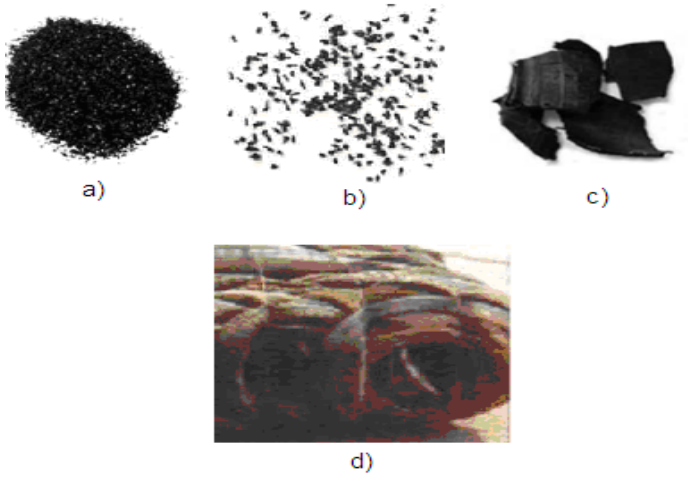
Najvažnija fizička svojstva OAP koja su bitna pri termičkim postupcima prerade (piroliza, gasifikacija i sagorijevanje) su:

- veličina i distribucija veličina čestica

- oblik čestica
- poroznost čestica.

Pored veličine čestice, oblik čestice je takođe bitan za termičku preradu OAP. Brzine heterogenih reakcija koje se odvijaju pri procesima sagorijevanja OAP zavise od površine čestice na kojoj se odvijaju reakcije.

Fizičke karakteristike OAP čine ih pogodnim za širok spektar primjene u svim oblicima: prah, granulat, sječene i cijele (slika 2).



Slika 2. *Veličine i oblici OAP koji se koriste pri termičkim postupcima prerade*

(a- prah, b – granulat, c – sječeni pneumatici, d – cijeli pneumatici)

3.2. Sagorijevanje otpadnih automobilskih pneumatika

Sagorijevanjem OAP raspoloživa energija prevodi se u fizičku energiju dimnih gasova definisanu temperaturom dimnih gasova. Pored korišćenja toplotne energije bitan značaj sagorijevanja otpada je smanjenje zapremine otpada (smeća, OAP). Tokom sagorijevanja otpada (OAP) nastaju dimni gasovi i čvrst ostatak (pepeo). U dimnim gasovima nalazi se niz zagađujućih komponenti: SO_2, HCl, HF, NO_x itd. Sumpor-dioksid (SO_2) i hlorovodonik (HCl) su osnovni predstavnici kiselih gasova. Sumpor-dioksid nema bitnog uticaja na rad generatora pare, već samo na emisiju u okolinu, dok sumpor-trioksid (SO_3) bitno utiče na pogonsku raspoloživost generatora pare zbog njegovog direktnog uticaja na tkz. nisko-temperaturnu koroziju koja nastaje na hladnijim površinama generatora pare. Nisko-temperaturna korozija nastupa kada dođe do kondenzacije sumporne kiseline (H_2SO_4). Mehanizam nastajanja i kondenzacija sumporne kiseline može se prikazati pomoću hemijskih reakcija

$$SO_3(g)+H_2O(g)=H_2SO_4(g)=H_2SO_4(l) \quad (1)$$

U praksi se problem kondenzacije sumporne kiseline (H2SO4) rješava na više načina:

- održavanjem temperature dimnog gasa iznad tačke rose (ovo ima za posljedicu veću potrošnju goriva, umanjuje stepen iskorišćenja generatora pare i povećava toplotne gubitke)
- smanjenjem koeficijenta viška vazduha (viška kiseonika) do granice pri kojoj ne može doći do oksidacije SO_2 u SO_3

- smanjenjem nastajanja kiseline uklanjanjem katalitičke reakcije gdje dolazi do najveće konvrezije SO_2 u SO_3.

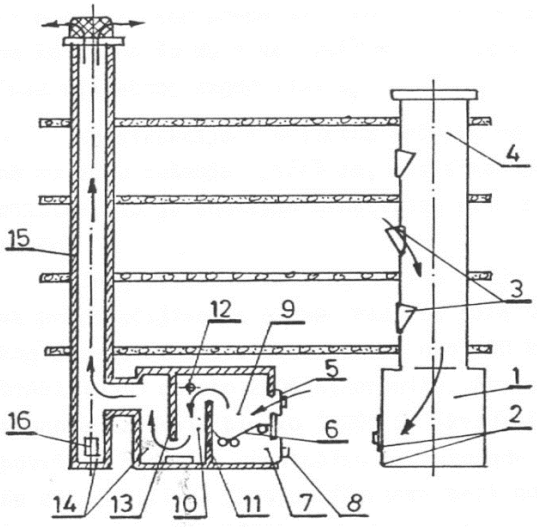
Pri sagorijevanju otpada i OAP mora se zadovoljiti niz uslova. Pepeo iz procesa sagorijevanja treba da bude sterilan a gasoviti produkti iz procesa ne smiju sadržavati produkte nepotpunog sagorijevanja CO, H_2, C_mH_n.

Pri sagorijevanju OAP pokazano je da se produkti sagorijevanja OAP ne razlikuju mnogo od produkata sagorijevanja fosilnih goriva, izuzev veće emisije cinka. Razlog povećanog sadržaja cinka u produktima sagorijevanja OAP je dodavanje cink–oksida (ZnO) u procesu proizvodnje automobilske gume. Literaturni podaci ukazuju da u odnosu na sastav uglja, guma iz koje je odstranjena čelična žica ima približno dvostruko niži sadržaj vezanog ugljenika, a skoro dvostruko viši sadržaj isparljivih komponenata i znatno niži sadržaj vlage (Milotić M., 2015.).

Osnovne karakteristike nekih postrojenja za sagorijevanje otpada i OAP koja su trenutno u eksploataciji prikazana su na slikama 3 do 6. Detaljnija analiza postojećih riješenja za sagorijevanje otpada i OAP može se vidjeti u literaturnim izvorima (Kuburović M., 1998., Б.И., Левин. 1982.).

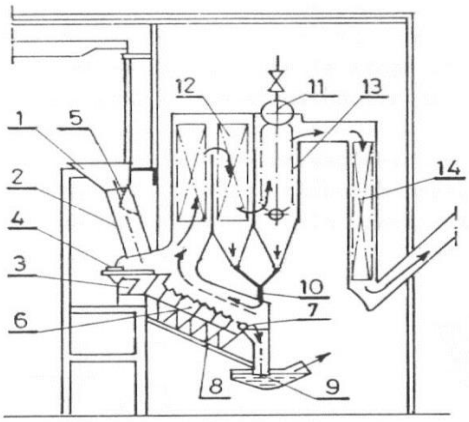
Sagorijevanje otpada u nepokretnom sloju primjenjuju se uglavnom u postrojenjima manje snage (ispod 250 kW). Na slici 3 prikazana je šema peći u nepokretnom sloju. Vazduh za sagorijevanje ulazi u komoru za sagorijevanje (9) kroz vrata pepeljare (8). Temperatura u komori za sagorijevanje kreće se u intervalu 700-800ºC, a pepeo iz taložne komore (14) vadi se ručnim putem.

Kod peći za sagorijevanje otpada sa pokretnom rešetkom iskorišćenje toplote je veće nego kod peći za sagorevanje otpada u nepokretnom sloju. Šema takve jedne peći prikazana je na slici 4. Temperatura primarnog vazduha je 100-120ºC. Paljenje otpada na rešetci je odozdo. Kapaciteti rešetki kreću se od 1,4 do 5,6 kg/s otpada. Specifično toplotno opterećenje aktivne površine rešetke je 0,5 MW/m^2.



Slika 3. Peć sa nepokretnim slojem za sagorijevanje otpada (K uburović M., 1998.)

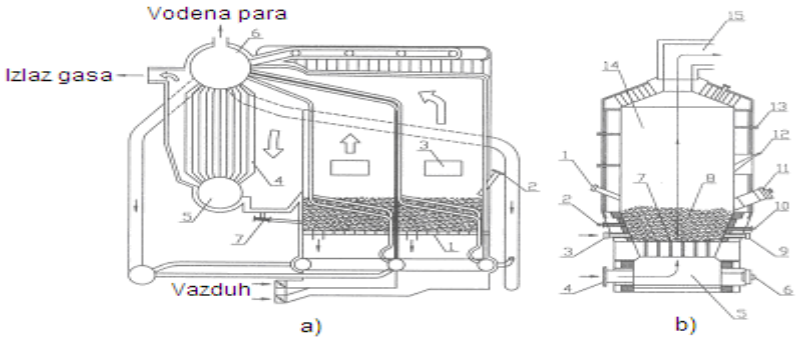
1 – bunker, 2 – vrata bunkera, 3 – otvori za prijem otpada, 4 – kanal, 5 – vrata ložišta, 6 - rešetka za ložište,7 – pepeljara, 8 – vrata pepeljare, 9 – komora za sagorijevanje, 10 – komora za dogorijevanje, 11 – pregrada,12 – gorionik, 13 – pregrada, 14 – taložna komora, 15 – dimnjak, 16 – vrata za čišćenje



Slika 4. Kotlovsko postrojenje za sagorijevanje otpada u sloju (Kuburović M., 1998.)

1 – prijemni lijevak, 2 – ulivna cijev, 3 – nepokretno postolje, 4 – pokretni gurač, 5 – šiber, 6 – rešetka, 7 – transporter čvrstog ostatka, 8 – cijev za transport propada, 9 – sud za hlađenje čvrstog ostatka, 10 – vod za recirkulaciju čvrstih čestica, 11 – kotao utilizator, 12 – komora za hlađenje dimnih gasova, 13 – konvektivne grejne površine, 14 – naknadne grejne površine (ekonomajzeri)

Kod ložišta za sagorijevanje otpada u fluidizovanom sloju materijal sagorijeva sa inertnim materijalom na primjer pijeskom, silikatni materijali i slično (slika 5). Cilj inertnih materijala jeste da stvaraju fuidizovani sloj sa vazduhom koji struji sa donje strane. Eksploataciona iskustva rada ovakvih postrojenja ukazuju da se oko 5% pijeska nadoknadi na svakih 300 radnih sati. Temperatura u sloju se održava u intervalu 750-925ºC. Ložišta za sagorijevanje u fluidizovanom sloju uspješno se mogu primjenjivati i za sagorijevanje vlažnog otpada. Pri koeficijentu viška vazduha 1,25-1,50 ostvaruje se potpuno sagorijevanje. Zbog niskih temperatura sagorijevanja otpada emisija NO_x je zanemariva.



Slika 5. Ložište za sagorijevanje otpadnih materijala u fluidizovanom sloju (Kuburović M., 1998.)

a) „bubbling bed“ sistem; 1- mlaznice za vazduh, 2-priključak za krečnjak, 3-ulaz otpada, 4-kotao, 5-rezervoar vode, 6-parni doboš, 7-priključak za povrat letećeg pepela u ložište

b) „circulating bed“ sistem; 1-otvor za pijesak, 2-termopar, 3-ulaz otpada, 4-ulaz vazduha za fluidizaciju, 5-komora za vazduh, 6-gorionik za predgrijavanje vazduha pri stertovanju, 7-mlaznice za vazduh, 8-fluidizovani sloj, 9-priključak za probu pritiska, 10-priključak za ubrizgavanje goriva, 11-gorionik, 12-revizioni otvor, 13-priključak za probu pritiska, 14-slobodna zona, 15-izduvni gasovi i pepeo

Pri termičkim preradama otpada (piroliza, gasifikacija i sagorijevanje) u najširoj upotrebi su rotacione peći (slika 6). Dužine rotacionih peći su 8-12m, a ne rijetko u praksi se

susreću peći dužine i 20m, prečnika radnog prostora 1-5m. Temperatura u peći kreće se u intervalu 800-1400ºC, vrijeme zadržavanja otpada u peći je 60-90 minuta. Nagib peći je 1-3º a vrijeme potrebno za jedan obrtaj peći je 20-40s. Rotacione peći sa suprotnosmjernim tokom se najčešće koriste za sagorijevanje tečnih industrijskih otpada.

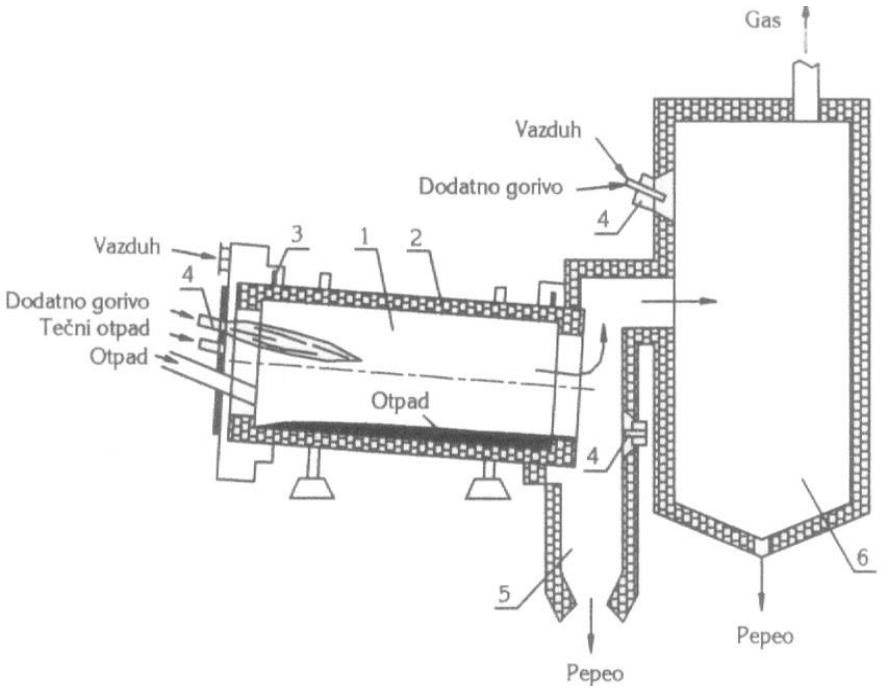
Prednost rotacionih peći u odnosu na druge peći koje se koriste u praksi jeste elastičnost u radu pri promjenama kapaciteta, mogu da sagorijevaju i goriva sa nižom toplotnom moći. To omogućava duži i stabilniji rad peći u odnosu na sagorijevanje u pećima sa rešetkom.

U odnosu na peći sa rešetkom rotacione peći su takođe fleksibilnije za sagorijevanje otpada sa većim udjelom mineralnih materija.

Kod rotacionih peći sitnije frakcije ostaju u ložištu (peći), ne propadaju iz ložišta kao kod rešetke. Time se smanjuju toplotni gubici u propadanju goriva.

Mehanička priprema otpada nije potrebna kao kod drugih postrojenja, koeficijent viška vazduha je manji kod rotacionih peći nego kod drugih postrojenja.

Pored geometrijskih karakteristika rad rotacione peći karekterišu i kapacitet, specifična potrošnja goriva i stepen korisnosti. Proizvodnost rotacione peći zavisi od: geometrijskih karakteristika (prečnik peći i dužina), ugla nagiba peći, brzine rotacije, uslova rada i okruženja (na otvorenom ili zatvorenom), broja obrtaja, ravnomernosti doziranja sirovine, postojanosti hemijskog sastava smješe, kvalitetnog rada sistema za sagorijevanje goriva i uspješnog održavanja zadatih toplotnih parametara.



Slika 6. Uprošćena šema rotacione peći (Đurić S., 2003.)

1 – rotaciona peć, 2 – vatrostalni izolacioni materijal, 3 – zaptivač,4 – gorionik za dodatno gorivo, 5 – kanal za odvod pepela, 6 – komora za dogrijevanje

4. ZAKLJUČAK

Procesi gasifikacije, pirolize i sagorijevanja biomase, čvrstog komunalnog otpada, otpadnih automobilskih pneumatika (OAP) i drugih otpadnih materijala postaju sve značajniji u energetici, procesnoj tehnici i zaštiti životne sredine. Istraživanja koja se sprovode u ovoj oblasti u svijetu i kod nas su posebno značajna jer omogućavaju da Bosna i Hercegovina nadoknadi svoj energetski deficit iz obnovljivih izvora energije. U tom smislu u radu su prikazane karakteristike (tehnička i elementarna analiza) OAP. Pokazano je da OAP predstavljaju bitno energetsko goriva (visoka toplotna moć od oko 27000 kJ/kg) i dosta je veća od toplotnih moći nekih drugih goriva (uglja, smeća i biomase). To ukazuje na mogućnost korišćenja OAP u termičke svrhe i mogućnosti korišćenja energije (posebno toplotne energije) u praktične svrhe. U radu je od termičkih procesa tretmana OAP prikazano sagorijevanje i peći u kojima se izvode ti procesi. Razmatraju se peći koje se najviše koriste u praksi kao što su: peći sa pokretnim i nepokretnim slojem (rešetkom), peći sa fluidizovanim slojem, rotacione peći i njihove radne karakteristike.

5. LITERATURA

D. Y. C. Leung, C. L. Wang, (1998). Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 45, 153.

Đurić S., (2003). Istraživanje uticaja procesnih parametara gasova koji se emituju u atmosferu na uslove kondenzacije, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd.

Đurić S., Stanojević P., Đuranović D., Brankov S., Milašinović S., (2012). Qualitative Analysis of Coal Combusted in Boilers of The Thermal Power Plants in Bosnia and Herzegovina, THERMAL SCIENCE, 16 (2), 605-612.

Kosanić T., (2015). Uticaj procesnih parametara na pirolizu drvne biomase, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Kuburović M., (1998). Mogućnosti korišćenja energije i materijala iz čvrstih otpadaka, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd.

Milotić M., (2015). Istraživanje uticaja procesnih parametara na pirolizu i gasifikaciju otpadnih automobilskih pneumatika, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Petrov A., (1996). Uticajni faktori na proces termičke prerade biomase, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd.

Stanojević D., Rajković M., Tošković D., (2011). Upravljanje korišćenim gumama, dometi u svetu i stanje u Srbiji, Hem. Ind. 65 (6), 727-738.

The report on determining physico-chemical characteristics of coal No. 33/07, Mining Institute Belgrade-Zemun, April, 2007.

Б.И., Левин., (1982). Использование твердых бытовых отходов в системах энергоснабжения, Энергоиздат, Москва.

B – URBAN AND ROAD TRANSPORT AND TRAFFIC

DRUMSKI I GRADSKI SAOBRAĆAJ

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

INNOVATIVE METHODS FOR IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF ROAD SAFETY INSPECTION*

Salvatore Cafiso[a], Giuseppina Pappalardo[b], Mariusz Kiec[c],
[a] *Department of Civil Engineering and Architecture, University of Catania, Via S. Sofia, 64 I-95123 Catania, Italy, dcafiso@dica.unict.it*
[b] *Department of Civil Engineering and Architecture, University of Catania, Via S. Sofia, 64 I-95123 Catania, Italy, giusy.pap@dica.unict.it*
[c] *Cracow University of Technology, Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland, mkiec@ pk.edu.pl*

***Abstract**: Even though the European Directive 2008/96/CE puts a great emphasis on road Safety Inspections (SIs) as an effective tool for safety management of existing roads, there are still relevant issues to be explored, such as how to use SIs as a source of information capable of prioritising measures and the treatment of road sections in the prevention of traffic accidents.*
As part of the IASP research program co-financed by the European Commission in 2004, an inspection procedure aimed at improving the effectiveness and the reliability of the methodology has been defined. After the first implementation in the IASP project, further developments were carried out to improve the quality and efficiency of the safety inspections of road network by using low cost equipment (GPS, tablet, camera) and specific software tools to support the inspector's task. The last implementation of IASP project was to conduct a Road Safety Inspection based on road's geometric data (cross section, gradients, horizontal and vertical alignment) by using a high speed system, ARAN (Automatic Road Analyzer 9000). The paper shows how the IASP procedure was adapted to employ the data collected by the system. The conducting of Road Safety Inspections (SIs) with three different methods (paper sheet, low cost equipment, high speed system) is described and compared.

***Keywords:** Network Safety Management, Road asset Monitoring, Safety ranking*

1. INTRODUCTION

The European Directive 2008/96/CE requires member states to establish and implement procedures oriented on the improvement of the existing network, namely: road safety impact assessments (i.e. evaluation of the projects of new investments regarding efficiency of road safety improvements), road safety audits (evaluation of road designs regarding traffic safety), the management of road network safety, and Road Safety Inspections (SIs; the management and security of existing roads in order to identify the road safety related features and prevent accidents). In the aforementioned Directive, great emphasis is given to road SIs as an effective tool for the safety management of existing roads stating: "Once road sections with a high accident concentration have been treated and remedial measures have been taken, safety inspections as a preventive measure should assume a more important role. Regular inspections are an essential tool for preventing possible dangers for all road users, including vulnerable users". Within the Article 6 "Safety Inspections" (SI) it is also noted that member states shall carry out safety inspections on existing roads in order to identify the features related to road safety and to prevent collisions and accidents. The use of SIs is one of the measures to improve traffic safety in Europe associated with the assessment of the accident risk on the existing elements of road infrastructure. SIs can be a source of information needed to prioritise

* ***Original scientific paper***

treatments in road sections which produce the highest accident reduction and/or the highest safety benefit-cost ratio. The inspections should be performed periodically and by a competent entity. Member states are also encouraged to apply this directive on other national roads, which are not part of the Trans – European Road Network (TEN).

The aim of the study presented in the paper is the comparison of two innovative road safety inspections procedures based on low cost equipment and high speed system. The IASP procedure for SIs (Cafiso et al., 2008) was originally developed in Italy in the year 2007 in the framework of a project funded by the European Commission (DG TREN) and Province of Catania (Italy) with the scientific coordination and operative support of the University of Catania and was successfully applied in Poland (Cafiso et al., 2014), as well. For improving practical application, later on low cost equipment (GPS, tablet, camera) and specific software tools have been developed to support the inspector's task. The most recent and advanced implementation of IASP procedure for safety inspection (Cafiso et al., 2016) was developed by using the ARAN (Automatic Road Analyzer 9000), a high performance road asset monitoring system recently acquired by the University of Catania, Infrastructures of Transport laboratory (ITlab).

In order to describe the SI procedures developed both systems and to compare results, the paper is divided into 4 sections presenting:

- IASP procedure for road safety inspection;
- Hardware and Software tools for in field inspection;
- ARAN system for Road Safety inspections;
- Case study for comparison of the two different methodologies.

2. BACKGROUND OF SAFETY INSPECTIONS AND IASP PROCEDURE

A safety inspection (SI) is a formal examination of an existing road, in which an independent, qualified team reports on the road's crash potential and safety performance. Safety inspections are recognized as an effective tool for identifying potential hazards and are becoming an accepted practice in many agencies around the world. SIs are considered part of the network safety management in The European Directive 2008/96/CE.

Depending on the complexity of the work, an inspection may be done by a single inspector or by a group of inspectors even if a team of at least two inspectors is preferable. The members of the group should be "independent", i.e. should not belong to any team that designed or manages the road. They should have highly specialized and have an in-depth knowledge of the region as well as an understanding of potential countermeasures and what is required for their implementation.

As a general rule, for an effective SI the inspection should be made both by car and on foot where needed. The road should be driven a number of times if possible and photographs taken of specific issues. During the inspection, checklists can be used and completed. Different checklists are required and the process can involve small sections of the road with repeated checklists or several runs along the whole road using a single checklist. The length chosen depends on the complexity of the road. The checklists are quite detailed and consequently there should be a systematic collection of the deficiencies that were found.

In this framework, the research presented in the paper refers to the routine inspection carried out at a network level showing how defined operative procedures and methodologies for identifying the safety problems can improve both the effectiveness and the reliability of the safety inspections.

As part of the project, IASP procedure (Cafiso et al., 2008) for safety inspections, which address two-lane rural highways, have been defined. Albeit many safety inspection procedures already exist, the IASP procedures present some innovative elements and, above all, they are very operational in nature.

The IASP safety inspection can assess road sections of up to 50 km a day. At least three operators are needed: the driver, the inspector in front seat and the inspector in back seat. A recommended equipment include GPS receiver, digital video camera and checklists. The road is ran in both directions at very low speed (about 30 km/h). Checklists are aimed at ensuring that important safety problems are not overlooked. Checklists are a prompt and not a substitute for knowledge and experience, that is, checklists should aid using safety engineering experience and judgment.

IASP checklists are very synthetic (Cafiso et al. 2008), since they relate only to the main safety features which usually are present along two-lane rural roads. Moreover, only features which are easily detectable during inspections have been inserted. Features which concern horizontal and vertical alignment (geometric alignment, design consistency, etc.) are not considered since in the IASP safety analysis alignment evaluation is performed as a separate quantitative procedure.

Checklists must be filled in both directions. Front seat and back seat inspectors, who have different views of the road, complete different checklists filling the boxes for every 200 m (24 s at 30 km/h). In order to simplify the inspectors' task, every checklist is divided in two parts: part A has to be completed on site, part B can be completed both on site and during the video examination performed in the office. Safety issues are ranked as:

- high score problem (rank 2),
- low score problem (rank 1),
- no problem (rank 0).

Ranking of safety issues can be used both as an aid for the prioritisation of the safety measures and as an aid to road agencies in measuring the effectiveness over time of their safety improvement programs. Checklists are filled in both directions referring in particular to the right side. By brainstorming among the team members checklist results are examined and the final version of the checklists is edited.

The IASP manual (Cafiso et al., 2008) suggests the recommendation typologies for each problem. Recommendations are engineering solutions to the reported problems. They indicate the type of measures, without specifying detailed technical issues.

IASP procedure is one of the twenty one models or approaches to road safety management reviewed and assessed by TRL in the Project Report PPR770 (TRL, 2015). IASP was chosen as one of the six most promising models that should be tested in the UK, with iRAP Star Rating, NetRisk, SURE, iRAP Risk Mapping, North Yorkshire Route Assessment Tool. The six models were chosen based on the scores they obtained from a review process and also the impression of how cost-effective they might be, given the lack of good evaluation.

2.1. Low cost equipment for in field Inspection

In IASP procedure the inspectors observe and evaluate road conditions, filling in two different checklists. This task requires relevant expertise and skill of the inspectors. The innovative system developed by the University of Catania (Cafiso et al. 2014) and presented in this paper frees the operator from the concern to link the position in the road segment to the checklist to be filled. The inspectors fill in the checklists touching the screen of the tablet connected to the GPS via Bluetooth. In this way data are easily collected, stored and linked to the road segment stretch where they are taken and synchronized with the video records.

The system has the objective to simplify the operator's work but opens up a whole set of issues that the software should solve without user's concern:

- allows easy data insertion to the user;
- links inspection data with a unique road section travelling the route in both directions;
- stores all information to allow the post-inspection review.

In order to get an easy and low cost solution, it was decided to create an Android application. By means of an easy-to-use interface the application allows the user to insert inspection data for each section of the road using his/her own tablet.

To improve accuracy in vehicle positioning, an external GPS receiver can be connected with Android application running on the tablet. Finally, to associate also images of the road space, frames recorded by a video-camera installed on the vehicle can be geo-referenced and linked to the inspection data through a system of synchronization based on the GPS UTC time used as a metronome for all devices. The architecture and organization of the system is shown in Figure 1. If the GPS module is the "heart" of the system, the Data Acquisition Module is the "brain". This module uses data from GPS to support the inspector task via the Graphic User Interface (GUI). The most important part of the infield inspection is the assessment of the safety issues and filling of the checklist for each road section of a fixed length composing the road segment under investigation.

For each inspection two check-list-form are available: one for the operator in the front seat and one for the operator in the rear one. The checklist-form may be modified before the inspection because it is saved in the form of XML file which can be edited at any time. If the inspection is carried out for a two-lane road, after the forward path inspection, the operator must begin a return path inspection in the opposite direction and the system helps to find the starting point of the return path. Once the acquisition procedure is concluded in both directions, the application merges data obtained in the forward path to those obtained in the return path.

At the end of the infield inspection, the Data Acquisition Module exports all data in the form of text files that can be read and processed by the Data Analysis Module.

The Data Analysis Module concludes the last part of the inspection processin the office. Once infield data acquisition phase is completed, in the office the Data Analysis Module allows the inspection team to review the checklists and, supported by the video, to fill in missed information or to correct errors before completing the inspection report. In this step, the Module puts together data recorded by the front seat operator and the rear seat operator. The user can investigate every single step of the inspection by moving from sheet to sheet and from time to time with the opportunity of reviewing the corresponding video sequence and, if necessary, modify the values of each checklist.

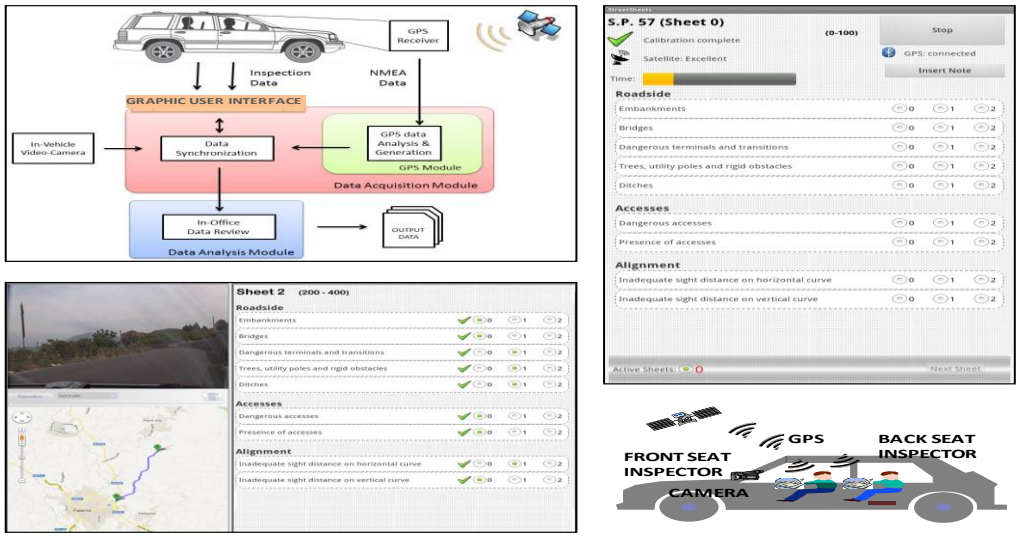


Figure 1. Architecture and organization of the system

2.2. High Performance System for Road Safety Inspections

Automatic Road Analyzed 9000 (Figure 2) is one of the most advanced high performance systems for road asset monitoring with a productivity of 200km/day that allows to collect more than fifteen different data streams continuously and at varying capture rates in a single pass at traffic speed.

ARAN 9000 has recently been acquired by the University of Catania, which is carrying out an extensive research program for system calibration and output adaptation to a performance based inventory of road infrastructures.

The ARAN, fully integrated into a high roof chassis, is an advanced data collection vehicle equipped with a precision survey system and software able to perform the collection of road's geometric data (cross section, gradients, horizontal and vertical alignment), pavement unevenness, detection and classification of distress and road asset inventory data. It also takes care of the acquisition and filing of the images of accessory elements (for signals, advertising, rights of way, etc.).

All the data recorded are accurately located using any geographical reference system (e.g. Gauss-Boaga or UTM) with the help of a satellite differential correction receiver (DGPS), coupled with an inertial platform, and they are associated with chainages coming from high resolution odometer (DMI), as well.

Asset inventory detection is carried out using the ARAN surveying vehicle in combination with the HD Videolog system and the Surveyor® asset extraction software. The high quality of the two front cameras and one rear camera with the resolution of 2750x2200 pixels ensure a complete detection of the road environment in a 240° field of view (Figure 3). The Videolog and GPS systems work in sync to provide the geo-referencing of digital images. Moreover, the inertial aided navigation system ensures that GPS accuracy is maintained even during long satellite blackouts with sub-meter precision.

Figure 2. Automatic Road Analyzer 9000

The analysis of images for extracting road inventory assets is carried out by using a software tool that allows to display, measure and inventory any road features located along the road and displayed in the image (e.g. lane, shoulder width, sign, marking, roadside, safety barriers, etc.) (Figure 4). More specifically, after the calibration of the camera system, it is possible to locate and measure the main dimensions (length, eight) of any object along the roadway. Figure 4 presents an example of carriageway measurement and the collection of additional information about pavement and barriers.

A comprehensive asset inventory was defined able to include not only the base information required by the national guideline for Road Cadastre (D.M. 2001), but more data are needed for checking the compliance with design standards (e.g. geometric design, safety barriers, signs and markings) and, finally, to estimate the safety performance of the network (Cafiso et al., 2016).

Figure 3. Road Video Survey

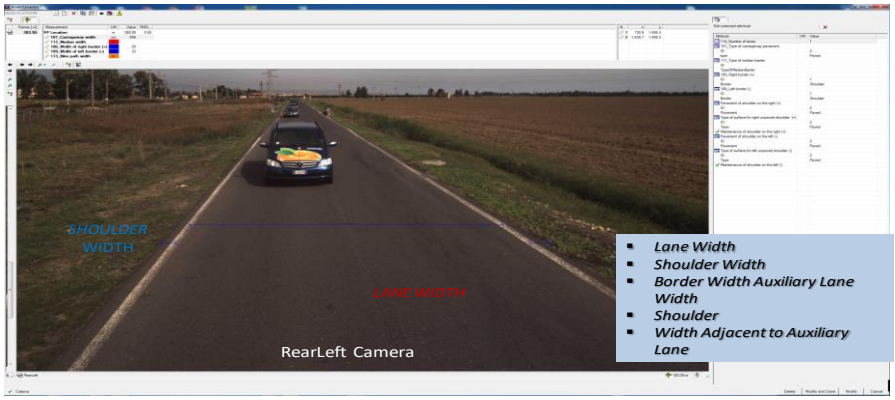


Figure 4. Example of carriageway measurement

3. COMPARISON OF THE TWO PROCEDURE

In order to compare the scores assigned to the road features by the two different procedures, data were collected on a sample of two lane rural roads with a total length of 22.2 km (111 segments). First, the checklists were filled in the field by two inspectors (one in the front seat and the other one in the back seat) by using the low cost system and human judgment. The two surveys were carried out in two different periods (2016 ARAN, 2012 Safety Inspection).

For that reason, some issues such as signs, markings, pavements and accesses have not been included because they are linked to the time of the survey and the maintenance status. The same roads were analyzed by using the high performance system and machine measurements.

Specifically, images recorded by ARAN were analyzed with the Surveyor® software in order to obtain all the measures for assigning a score to the safety issues used in the IASP procedure. By applying algorithms, these measures have been transformed in the same three categories of judgment of the IASP score criteria.

Figure 5 shows the proportion distributions of the scores assigned by the two procedures to the six safety issues under investigation.

The frequency distribution of the differences in the scores assigned by the two procedures is reported in Figure 6.

Results reported in Figure 6 show that the highest differences were identified for the scores related to embankment, terminals and roadside obstacles. For lane and shoulder width when a different score was assigned, it was rarely (i.e. less than 10% of cases) that it equaled 2 (i.e. no problem vs. high score problem).

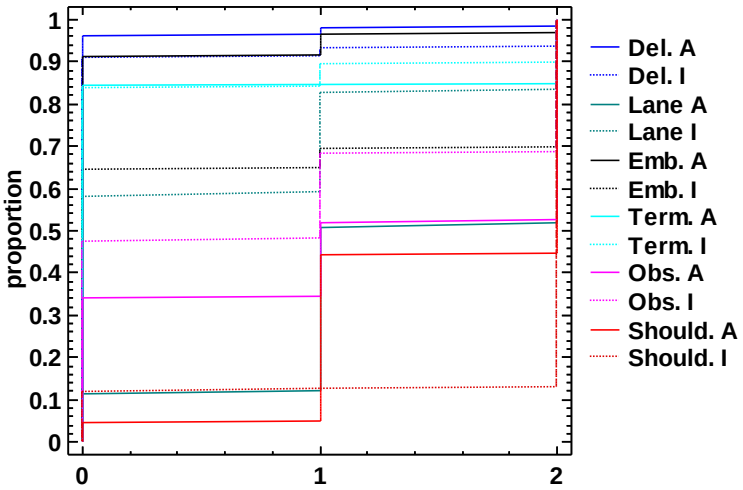


Figure 5. Proportion distributions of scores

Note: A: ARAN system, I: Safety Inspection. Del: Delineation; Lane: Lane width; Emb.: Embankment hazard; Term.: Barrier Terminals; Obs.: lateral Obstacles; Should.: Shoulder width

Figure 6 – Differences in score between the two procedures (absolute value of Score ARAN – Score Inspection)

The level of agreement in the results carried out by the two different methods has been estimated by a statistical test.

Specifically, the kappa statistic has been used (Landis and Koch, 1977). The kappa coefficient (Cohen's kappa k) provides a measure of inter-rater agreement for categorical scales when there are two raters. That test was chosen because the five assumptions, in order to run a Cohen's kappa, are suitable for the case under investigation (Cafiso et al., 2006):

- the response (e.g. judgment) that is made by two raters is measured on a nominal scale and the categories need to be mutually exclusive;
- the response data are paired observations of same phenomenon, meaning that both raters assess the same observations;
- each response variable must have the same number of categories and the cross-tabulation must be symmetric;
- the two raters are independent;
- the same two raters are used to judge all observations.

If there is total agreement, k equals 1. If there is no agreement other than that would be expected by chance, k equals 0. A negative kappa value indicates disagreement between procedures. Moreover, it is possible to test whether the level of agreement is statistically significant. A level of significance of 10% (p-value=0.10) was assumed as acceptable for assuming a significant non-zero correlations at 90%.

The values of the k statistics and p-values were calculated by using the SPSS Statistics software. Results are reported in Table 2.

Table 2. K statistics and p-value of agreement between the two procedure

Safety issues	k	Significance
Roadside: embankments	-0.073	0.032
Roadside: dangerous terminals and transition	-	Insignificant data
Roadside: obstacles	0.118	0.012
Cross section: lane width	-0.043	0.376
Cross section: shoulder width	0.175	0.000
Delineation: chevrons	0.108	0.022

For shoulder width, the k-value (k=0.175) and the statistical significance pointed out the highest correlation and agreement between the two procedures. Statistical agreement (p-value<0.1) exists also for Delineation and roadside hazards related to Embankments and Obstacles, but k<0 showed no rank correlation for Embankment, as well. Estimation of the hazard score for lane width resulted not in agreement between the two procedures. For dangerous terminals and transition, the collected data resulted not significant for performing the test because the judgment expressed by both groups assumed an almost constant value along the test roads (Figure 5).

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

The goal of the paper was to compare two different techniques applicable to carry out Safety Inspections of existing roads: infield evaluation by human judgment supported by low cost equipment vs. in lab digital analysis and measurement of video recorded with high precision systems.

Both the procedures are characterized by expected pros and cons related to equipment costs and human resources (time, skills, competences), but the practical reliability in terms of effective identification and scoring of the safety issues is not fully scientifically investigated. Moreover, high performance systems are able to provide centimeter precision from high quality images, but digital analysis is less effective in measuring embankment slope and height than linear dimensions (e.g. pavement width, lateral distance).

Scoring safety issues that imply quantitative measures (i.e. Lane and Shoulder width, Obstacles distance, Embankment slope and height) are more suitable for a comparison between human and machine evaluation than issues related only to visual judgment (i.e. Delineation, Terminal).

Finally, from the statistical point of view, ranks of safety issues with the higher variability and scores different than zero (e.g. shoulder, Lane and Obstacles in the sample) are more effectively compared by the statistical test.

Considering all those premises, the spearman rank correlation showed statistically significant non-zero correlations at 90% estimated for Embankments, roadside obstacles, lane and shoulder width. However, k-statistic figure out a lack of agreement between the two Inspection methodologies apart from a slight agreement for shoulder width.

Nevertheless, as far as the score assignments are concerned, differences equal to 2 (i.e. no problem=0 vs. high score problem=2) were identified only for Embankments and lateral obstacles in more than 20% of the inspected sections.

To optimize the process, based on the results from the experimental test, one can assess that the availability of video recording and quantitative measures from high performance monitoring systems are particularly useful for the evaluation of risk factors related to the cross section and geometric alignment (e.g. horizontal curvature, vertical gradient). Those road features are difficult to be objectively estimated by inspectors and should be available in the road asset inventory.

Roadside hazard is a complex combination of different features (e.g. obstacle type and distance, embankment slope and height, safety barrier presence) that can be detected by high performance systems but with less efficiency and with needs for computation algorithms

making an infield inspection and expert judgment more effective. For those hazards, infield inspection can be considered more reliable and practical if supported by appropriate low-cost equipment and tools as presented in the paper.

5. REFERENCES

Cafiso, S., Di Graziano, A., Giudice, O., Pappalardo, G. (2014). Tools for Road Inspection and Safety Management. *3rd International Conference on Transportation Infrastructure*, Pisa, April 22-25, 2014.

Cafiso, S., G. La Cava, A. Montella, G. Pappalardo. "A Procedure to Improve Safety Inspections Effectiveness and Reliability on Rural Two–Lane Highways." *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* - Vilnius: Technika, 2006, Vol I, No 3, p. 143-150, ISSN 1822-427X

Cafiso, S., Kiec, M., Milazzo, M., Pappalardo, G., Trovato, F. (2014) Application of safety inspections for evaluation of two – lane regional roads in Poland", *Archives of Civil Engineering* - LX, 4, 2014 PP. 453 – 473, DOI 10.2478/ace-2014-0031

Cafiso, S., La Cava, G., Montella, A., Pappalardo, G., (2008). Manuale per le Ispezioni di Sicurezza delle Strade Extraurbane Secondarie e Locali – Operative Procedure for Safety Inspections on Two – Lane Rural Roads Project TREN – 03 – ST – S07.31286 – *Aracne Editrice*. ISBN 978-88-548-1429-5. Gennaio 2008.

Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on road infrastructure safety management

Fletcher, J., Mitchell, B., Bedingfeld, J., Silverman, K.K., (2015). Road Safety Model, *Project Report PPR770*, Transport Research Laboratory

http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0096:EN:NOT Accessed July 15, 2013

Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33:159-74.

S. Cafiso, S. Heller, G. Pappalardo, F. Trovato "Visualization Tools in Support of Road Asset Management" *ICTTE Belgrade 2016 International Conference on Traffic and Transport Engineering*, 24-25 November 2016, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-916153-3-8

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

EFFECTS OF SPEED TABLE, CHICANE AND ROAD NARROWING ON VEHICLE SPEEDS IN URBAN AREAS*

Natalia Distefano, Salvatore Leonardi
DICAR – University of Catania, Viale Andrea Doria 6, Catania (95125), Italy, ndistefa@dica.unict.it, sleona@dica.unict.it

Abstract.: *The aim is to evaluate the effectiveness, in order to speed reduction, of three traffic calming measures: 1) speed table, 2) chicane, 3) road narrowing. Many researches show the effectiveness in reducing the speed of the traffic calming measures. To this effect, field measurements were made on street sections with different traffic calming measures. In addition, driving simulators and microsimulation-based technique are used. The speed analyses regard a series of traffic calming measures located in Italian urban contexts. In order to study the variation of the cinematic characteristics of the vehicles, have been chosen various speed measurement sections. Subsequently, the following were calculated: 1) the average speed on all the sections; 2) the 85th percentile speed. The presence of traffic calming measures analyzed in this study results in a significant reduction in speeds. This reduction occurs within the following ranges: 40-50% for speed tables, 40-50% for chicane and 35-40% for road narrowing. It has been demonstrated the concrete possibility of "forcing" drivers to reduce speed. If the traffic calming measures were implemented systematically in urban areas, it could be obtained, with little investments, a result of great importance for the road safety.*

Key words: *Traffic calming, Road safety, Experimental survey.*

1. INTRODUCTION

The concept of traffic calming is fundamentally concerned with reducing the adverse impact of motor vehicles on built up areas. This usually involves reducing vehicle speeds, providing more space for pedestrians and cyclists, and improving the local environment.

Traffic calming schemes generally incorporate a wide range of measures designed to complement each other in both speed reduction and environmental terms. Engineering options are more diverse and employ one or more of the following techniques: 1) narrowing 2) vertical deflection, 3) horizontal deflection, 4) restrictions.

Engineered options are designed to increase the complexity and cognitive load of driving, making the driver naturally slow down, or to create discomfort above certain speeds.

Many researches show the effectiveness in reducing the speed of the traffic calming measures. To this effect, field measurements were made on street sections with different types of traffic calming measures, in different places. These measurements were compared with other ones located on other street sections of similar characteristics but without traffic calming measures (Gonzalo-Orden et al., 2016; Chen et al., 2013; Ewing et al., 2013; Rahman et al., 2009). Given the strong relationship between speed and crash experience, safety performance can be related to speed. Consequently, speed can be used indirectly as a surrogate safety measure in the absence of crash and speed data (Moreno and García, 2013).

* ***Original scientific paper***

In addition to experimental studies the effectiveness of calming traffic measures is assessed by using driving simulators and microsimulation-based techniques. In this regard, Jamson et al. (2010) highlight how driving simulators can be used to overcome the methodological constraint that do not allow you to evaluate different ranges of interventions with comparable metrics.

However, most studies focus on assessing the effectiveness of a typology or a few types of traffic calming interventions, such as types of signage, perceptual countermeasures or physical traffic calming.

Mahdy (2012) focuses on vertical deflections in road alignment to study the influence of their physical and geometric characteristics on traffic performance, in terms of speed profile. Rokade et al. (2017) also deal with the assessment of the effectiveness of vertical deflection devices that include speed bump, plastic speed bump, raised crosswalk, rumble strips and sinusoidal hump. Jateikiene et al. (2016) also present research methodology and analysis of results of vertical traffic calming measures (speed bumps, speed humps, raised crosswalks), safety islands and speed cameras influence to the road safety on Lithuanian roads. The raised island greatly reduces distractions in the behavior of the gaze and is very effective element for speed reduction (-7.24 km/h), being very visible (Lantieri et al., 2015).

Agerholm et al. (2017) have studied the effects on speed reduction following the establishment of sinus speed humps of height 10 cm and length 950 cm and chicanes with a free carriageway width of 5.30 cm and a length between the 0.5 m wide obstacles of 18 m. Abdi et al. (2017) show that the traffic calming devices, including speed humps, should be placed at appropriate distances (from 200 to 400 m) to each other to achieve balancing speed and road safety benefits against capacity. It was found that 85^{th} percentile speeds at long distances from calming devices were 45-55 km/h for horizontally deflected streets and 40-45 km/h for vertically deflected streets (Daniel et al., 2011).

The design speeds of two common speed tables in the city of Tehran have been examined, with a length of 6.5 m and 8.5 m respectively (Falamarzi and Rahmat, 2014). For 6.5 m speed table, design speed is calculated at 41.5 km/h and for 8.5 m speed table, design speed is calculated 47.5 km/h. Also, it was found that the speed reduction due to the speed tables depends mainly on the separation between traffic-calming devices, whereas the speed over the speed tables depends crucially on the entrance-ramp slope, the speed table length, and the distance from the previous traffic control device (Moreno et al., 2011). Lee et al. (2013) evaluate the effectiveness of four traffic calming measures (two types of speed humps, speed tables, and chicanes). The results show that chicane is better than the other types of traffic calming measures considered.

Yousif et al. (2013) investigate the relationship between road narrowing spacing from a priority junction and the "major-to-major movement" driver's delay for different flow levels using a microsimulation model. The findings show that for a minor arm with two-way flow level of up to 500 veh/h, the road narrowing spacing should be at least 30 m. Once the flow level reaches 700 veh/h, the spacing should be at least 50 m, whereas for flow levels of 800 veh/h, the spacing should be at least 100 meters. Hadayeghi et al. (2006) have measured the effectiveness of a coloured slurry seal traffic calming treatment, used to "narrow" lanes of a road, in reducing driving speeds and traffic volume on residential streets.

Finally, it should be noted how many studies have considered the effect of traffic calming devices on the production of atmospheric pollutants and noise. In general, it can be

stated that horizontal deflections, narrowing and restrictions result in lower production of pollutants. Vertical deflections (e.g. bumps) often result in increases in the production of atmospheric pollutants and higher noise production (Casanova and Fonseca, 2012; Daham et al., 2005; Distefano and Leonardi, 2015; Ghafghazi and Hatzopoulou, 2015; Kaffure et al., 2013; Watts, 2007).

In this paper, we will study the effectiveness, in order to speed reduction, of three types of traffic calming measures: 1) speed table, 2) chicane, 3) road narrowing. The speed analyses regard a series of traffic calming measures located in urban contexts of Catania Province (Italy). The effectiveness of such measures, highlighted by results exposed in the following paragraphs, should encourage greater spread in urban contexts.

2. METHODS

The methods for determining speed profiles in sites where the traffic calming measures described in this study are present will be dealt with in detail for each type of device.

2.1. First traffic calming measure: speed table

The investigation context is represented from the residential area that is developed around to the road called Lungo Mare Pantano street, in Riposto city (CT). In particular, on this road are two speed tables, placed to a distance between one and the other of 40 meters, realized in bituminous conglomerate and opportunely premarked (Fig. 1).

Figure 1. Speed tables in Lungo Mare Pantano street (Riposto)

In order to adequately study the variation of the cinematic characteristics of the vehicles, for effect of the speed tables presence, have been chosen the five speed measurement sections: 1) the section indicated with “A” letter, located 30 meters before the first traffic calming measure; 2) the “B” section is placed 10 m before the first speed table; 3) the section “C” is equidistant between the 2 speed tables; 4) the “D” section is located 10 m after the second speed table; 5) the “E” section is placed 30 meters after the second traffic calming measure. The distance described from the sequence of sections A, B, C, D and E, is downhill, with longitudinal slope of 2%.

For speed measurement, it has been used the Autovelox 104/C2, realized from the "Sodi Scientifica", based on the emission and the reception of a pair of laser beams that cross the road perpendicularly. The survey operations have been completed in 10 days.

The Lungo Mare Pantano street is a road to service of an exclusively residential zone; the traffic flows, therefore, are not elevated ever, and the greater part of the vehicles is isolates. These conditions, evidently, are ideal in order to estimate the intrinsic effectiveness of any traffic calming measure. The mutual conditionings between the vehicles are practically null. Therefore, it has not been adopted the traditional criterion of selection of distinctive hourly bands for the speed measurement; to the contrary, they have been executed the continuous measures, until obtaining a statistically meaningful number of speeds values relative to the isolated vehicles.

In particular, after the experimental survey, it has been obtained the speed values of 788 vehicles for the uphill distance (156 for the “A” section, 150 for the “B” section, 168 for the “C” section, 153 for the “D” section and 161 for the “E” section) and the speed values of 775 vehicles for the downhill distance (148 for the “A” section To, 152 for the “B” section, 156 for the “C” section, 161 for the “D” section and 158 for the “E” section). Subsequently the following assessments have been executed: A) the calculation of average speed (S_a) on all the speed measurement sections; B) the calculation, for the same sections, of the 85^{th} percentile speed (S_{85}), that is that value of the speed that is not exceeded from 85% of the road users.

2.2. Second traffic calming measure: chicane

The chicane is located in Anastasi street (road to only direction) in the urban centre of Catania city, and is realized through two vehicle parking lines disposed alternatively on the left margin and on the right margin of the road (Fig. 2).

Figure 2. Chicane in Anastasi street (Catania)

For the experimental survey, six speed measurement sections have been choices: 1) the section indicated with “F” letter, located 30 meters before the vehicle parking line on the left margin of the road; 2) the “G” section, placed 5 meters after the beginning of vehicle parking line on the left margin of the road; 3) the “H” section, located 20 meters after the beginning of vehicle parking line on the left margin of the road; 4) the “I” section, placed 5 meters after the

beginning of vehicle parking line on the right margin of the road; 5) the "L" section, located 20 meters after the beginning of vehicle parking line on the right margin of the road; 6) the section indicated with "M" letter, located 30 meters after the vehicle parking line on the right margin of the road. The distance described from the sequence of sections F, G, H, I, L, M is almost in plain.

The experimental survey was performed over a two-week period. In order to estimate the real effect of the chicane like a traffic calming measure, it have been selected three hour bands representative of three hours "of soft", that is temporal periods in which the conditionings for the road users derive mostly from the traffic calming measures presence than from the interactions with the other vehicles. The hour intervals for experimental survey, therefore, they have been: 10.00-11.00, 15.00-16.00, 16.00-17.00. After the experimental survey, finally, has been obtained the speed values of 969 vehicles (161 for the "F" section, 167 for the "G" section, 171 for the "H" section, 159 for the "I" section, 148 for the "L" section and 163 for the "M" section). Subsequently the following assessments have been executed: A) the calculation of average speed (S_a) on all the speed measurement sections; B) the calculation, for the same sections, of the 85th percentile speed (S_{85}).

2.3. Third traffic calming measure: road narrowing

The third measure of traffic calming analyzed is a road narrowing. Such road narrowing has not been realized "voluntarily" but is consequent to urban configuration due to the urbanization conditions and to the territory morphology (presence of substantial rocky formations). The road narrowing is located in Mandrà street (road to only direction) in the urban centre of Catania city (Fig. 3). The road has initially the width of 8 m and subsequently it is shrunk abruptly until the minimal value of 3,10 m (after around 5 meters from the beginning of the narrowing, there is a subsequent narrowing of the road section up to the attainment of the total width of 2,60 m).

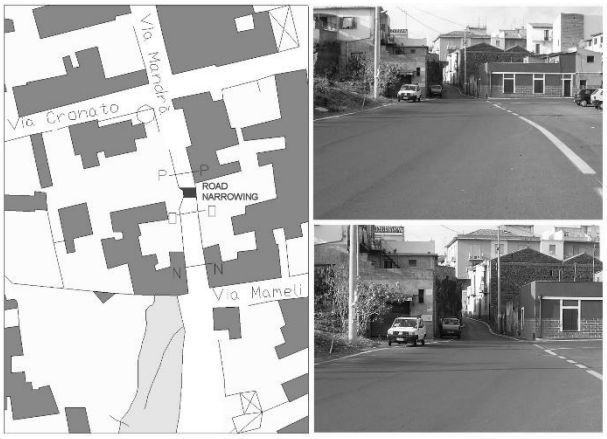


Figure 3. Road narrowing in Mandrà street (Catania)

For the experimental survey, three speed measurement sections have been choices: 1) the section indicated with "N" letter, located 30 meters before the beginning of the abrupt narrowing; 2) the "O" section, placed 10 meters before the beginning of the narrowing; 3) the "P" section, placed 10 meters after the beginning of the narrowing. The distance described from the sequence of sections N, O and P is uphill, with longitudinal slope of 1,5%.

The experimental survey has been carried out for a period of one week. In order to estimate the real effect of the road narrowing like a traffic calming measure, they have been selected three hour bands representative of three hours "of soft", that is temporal periods in which the conditionings for the road users derive mostly from the traffic calming measures presence than from the interactions with the other vehicles. The hour intervals for experimental survey, therefore, they have been: 10.00-11.00, 15.00-16.00, 16.00-17.00. After the experimental survey, finally, has been obtained the speed values of 462 vehicles (148 for the "N" section, 152 for the "O" section and 162 for the "P" section). Subsequently the following assessments have been executed: A) the calculation of average speed (S_a) on all the speed measurement sections; B) the calculation, for the same sections, of the 85th percentile speed (S_{85}).

3. RESULTS

In figure 4 there are the speed profiles (for average speed and for 85th percentile speed) relative to speed tables.

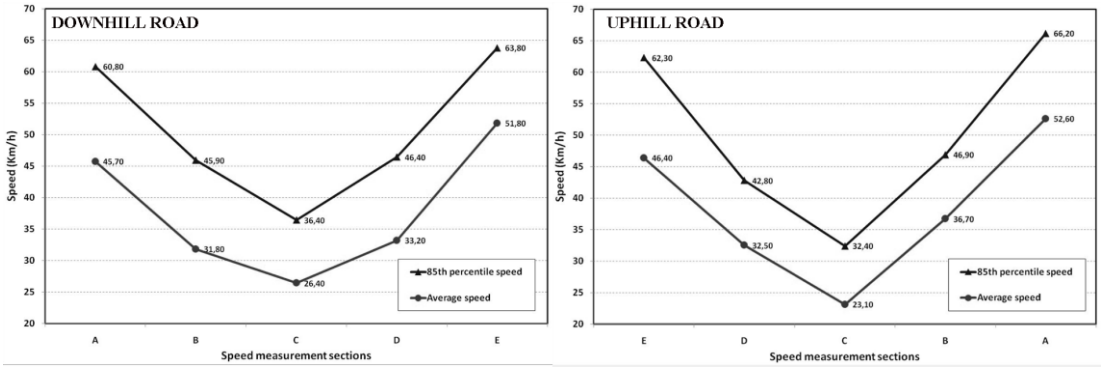


Figure 4. Speed profiles relative to speed tables

From the analysis of such diagrams, it is possible to make the following considerations:

- the speed profiles for S_a and for S_{85} show an attended result: both for the uphill road and for downhill road, has lowest speed in correspondence of road portion comprised between the speed tables;
- from the comparison between the S_{85} values associates to the measurement sections farther from the speed tables sequence and those relative to the intermediate sections between the two traffic calming measures, it has deduced an average reduction of 25 km/h approximately (variation percentage of 40%) in the case of downhill road, and an average reduction of 30 km/h approximately (equal to 48%) in the case of uphill road;
- from the comparison between the S_a values associates to the measurement sections farther from the speed tables sequence and those relative to the intermediate sections between the two traffic calming measures, it has deduced an average reduction of 19 km/h approximately (variation percentage of 42%) in the case of downhill road, and an average reduction of 23 km/h approximately (equal to 50%) in the case of uphill road.

In figure 5 there are the speed profiles (for average speed and for 85th percentile speed) relative to chicane. From the analysis of such diagrams, it is possible to make the following considerations:

- the speed profiles for S_a and for S_{85} evidence remarkable speed reductions during the run on the chicane;
- from the comparison between the S_{85} values associates to the measurement sections farther from the chicane and those relative to the intermediate sections between the two vehicle parking lines ("H" and "I" sections), it has deduced an average reduction of 22 km/h approximately (variation percentage of 50%);
- from the comparison between the average speed values (S_a) associates to the measurement sections farther from the chicane and those relative to the intermediate sections between the two vehicle parking lines ("H" and "I" sections), it has deduced an average reduction of 20 km/h approximately (variation percentage of 42%).

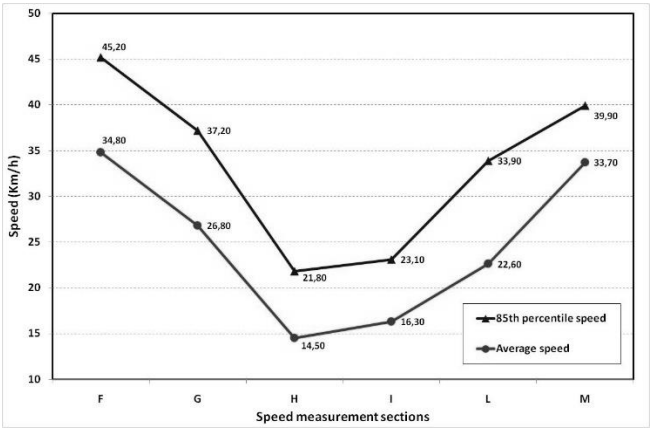


Figure 5. Speed profiles relative to chicane

In figure 6 there are the speed profiles (for average speed and for 85th percentile speed) relative to road narrowing. From the analysis of such diagrams, it is possible to make the following considerations:

- the speed profiles for S_a and for S_{85} evidence remarkable speed reductions during the run on the road narrowing;
- from the comparison between the S_{85} values associates to the measurement section farther from the narrowing and those relative to the two sections nearer the road narrowing, it has deduced an average reduction of 17 km/h approximately (variation percentage of 35%);
- from the comparison between the S_a values associates to the measurement section farther from the narrowing and those relative to the two sections nearer the road narrowing, it has deduced an average reduction of 16 km/h approximately (variation percentage of 38%).

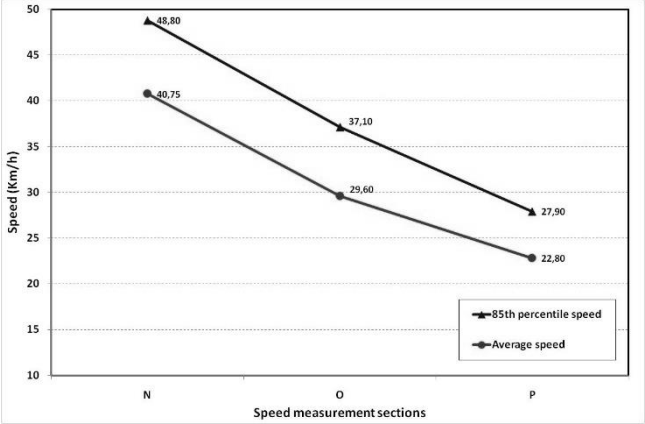


Figure 5. Speed profiles relative to road narrowing

4. DISCUSSION

The speed reductions caused by the traffic calming measures analyzed in this study cannot be generalized. This follows from the fact that the three interventions considered have specific characteristics that strongly affect their effectiveness in terms of speed reduction. In particular: 1) the speed tables are located at a distance of 40 m from each other and on a road section with a gradient of 2%; 2) the chicane is placed on a one-way street and has a fairly short "characteristic length" (about 11 m); 3) the road narrowing is very conditioning as it involves reducing the lanes from two to one.

However, it is important to highlight how the results of this research are consistent with those found in literature, with reference to traffic calming devices having characteristics similar to those studied.

In particular, based on American and Canadian experiences, the results of which are contained in the *Canadian guide to neighbourhood traffic calming*, the presence of speed tables results in reduced operating speeds of up to about 75-80% of the initial value. In any case, on roads characterized by operating speeds between 50 km/h and 60 km/h, there was no decrease in speed below 42 km/h. Test experiences of *Department for Transport (United Kingdom)* has characterized some correlations between the lane width, the axis deviation, the chicane length and the consequent speed (Tab. 1). These are correlations compatible with the results of our research.

Table 1. Correlations between lane width, axis deviation, chicane length and consequent speed

Lane width	Axis deviation	Chicane length and consequent speed		
		24 km/h	32 km/h	40 km/h
3,00 m	2,00 m	6,00 m	9,00 m	14,00 m
	3,00 m	9,00 m	13,00 m	18,00 m
	4,00 m	12,00 m	16,00 m	-
3,50 m	2,50 m	-	-	11,00 m
	3,50 m	9,00 m	12,00 m	15,00 m
	4,50 m	11,00 m	15,00 m	19,00 m
4,00 m	3,00 m	-	7,00 m	9,00 m
	4,00 m	-	9,00 m	12,00 m
	5,00 m	-	11,00 m	15,00 m

Finally, Table 2 shows, consistent with the results of our study, that road narrowing results in a strong reduction in speed, in the case of configurations that cause the road to be reduced to a single lane. (Harvey, 1992).

Table 2. Expected speed reduction effect of road narrowing

	Upper limit of maximum speed (km/h)		Upper limit of 85 percentile speed (km/h)		Range of average speed (km/h)	
	Before	After	Before	After	Before	After
Road narrowing to a single lane	100	65	75	45	45-65	22-35
Road narrowing to a reduced width	100	95	75	70	45-65	40-55

5. CONCLUSION

The urban accidents represent approximately 70% of those altogether relative to the Italian road net.

In this paper, the authors have been able to demonstrate the concrete possibility "to force" the road users to reduce the speed.

If the traffic calming measures were distributed warily and systematically on all the urban road net, it could be obtained, with a little investment, a result of great importance both in terms of safety and, more in general terms, in terms of ethicality.

6. REFERENCES

Abdi, A., Bigdeli Rad, H., Azimi, E. (2017). Simulation and analysis of traffic flow for traffic calming. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer, 170*(1), 16-28.

Agerholm, N., Knudsen, D., Variyeswaran, K. (2017). Speed-calming measures and their effect on driving speed – Test of a new technique measuring speeds based on GNSS data. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 46*(B), 263-270.

Casanova, J., Fonseca, N. (2012). Environmental assessment of low speed policies for motor vehicle mobility in city centres. *Global Nest Journal, 14*(2), 192-201.

Chen, L., Chen, C., Ewing, R., McKnight, C.E., Srinivasan, R., Roe, M. (2013). Safety countermeasures and crash reduction in New York City - Experience and lessons learned. *Accident Analysis and Prevention, 50*, 312-322.

Daham, B., Andrews, G.E., Li, H., Partridge, M., Bell, M.C., Tate, J. (2005). Quantifying the effects of traffic calming on emissions using on-road measurements. *2005 SAE World Congress, Detroit, MI, United States.*

Daniel, B.D., Nicholson, A., Koorey, G. (2011). Analysing speed profiles for the estimation of speed on traffic-calmed streets. *Road and Transport Research, 20*(4), 57-70.

Distefano, N., Leonardi, S. (2015). Experimental investigation of the effect of speed bumps in sequence on noise emission level from motor vehicles. *Noise Control Engineering Journal, 63*(6), 582-597.

Ewing, R., Chen, L., Chen, C. (2013). Quasi-experimental study of traffic calming measures in New York City. *Transportation Research Record, 2364*, 29-35.

Falamarzi, A., Rahmat, R.A.O.K. (2014). Using appropriate speed tables regarding to the speed limit of streets. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 7*, 2741-2746.

Ghafghazi, G., Hatzopoulou, M. (2015). Simulating the air quality impacts of traffic calming schemes in a dense urban neighborhood. *Transportation Research Part D: Transport and Environmen*t, *35*, 11-22.

Gonzalo-Orden, H., Rojo, M., Pérez-Acebo, H., Linares, A. (2016). Traffic Calming Measures and their Effect on the Variation of Speed. *Transportation Research Procedia*, *18*, 349-356.

Hadayeghi, A., Malone, B., McIntyre, S. (2006). Impact of road lane narrowing traffic calming treatments on speed and volume. *TAC/ATC 2006 - 2006 Annual Conference and Exhibition of the Transportation Association of Canada: Transportation Without Boundaries.*

Harvey, T. (1992). A Review of Current Traffic Calming Techniques. *Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds, UK.* Available from: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/primavera/p_calming.html (accessed 21 November 2012).

Jamson, S., Lai, F., Jamson, H. (2010). Driving simulators for robust comparisons: A case study evaluating road safety engineering treatments. *Accident Analysis and Prevention*, *42*, 961-971.

Jateikiene, L., Andriejauskas, T., Lingyte, I., Jasiuniene, V. (2016). Impact Assessment of Speed Calming Measures on Road Safety. *Transportation Research Procedia*, *14*, 4228-4236.

Kaffure, C.A., García, A., Tsui Moreno, A., Llorca, C. (2013). Experimental study of noise produced by passenger cars on traffic calming devices. *Carreteras*, *4*(189), 8-17.

Lantieri, C., Lamperti, R., Simone, A., Costa, M., Vignali, V., Sangiorgi, C., Dondi, G. (2015). Gateway design assessment in the transition from high to low speed areas. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *34*, 41-53.

Lee, G., Joo, S., Oh, C., Choi, K. (2013). An evaluation framework for traffic calming measures in residential areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2*5, 68-76.

Mahdy, H. (2012). Speed calming using vertical deflections in road alignment. *CICTP 2012: Multimodal Transportation Systems - Convenient, Safe, Cost-Effective, Efficient - Proceedings of the 12th COTA International Conference of Transportation Professionals*, 2085-2094.

Moreno, A., García, A., Romero, M. (2011). Speed table evaluation and speed modeling for low-volume crosstown roads. *Transportation Research Record, 2203*, 85-93.

Moreno, A.T., García, A. (2013). Use of speed profile as surrogate measure: Effect of traffic calming devices on crosstown road safety performance. *Accident Analysis and Prevention, 61*, 23-32.

Rahman, F., Kojima, A., Kubota, H. (2009). Investigation on North American traffic calming device selection practices. *IATSS Research, 33*(2), 105-119.

Rokade, S., Kumar, R., Rokade, V., Dubey, S., Vijayawargiya, V. (2017). Assessment of effectiveness of vertical deflection type traffic calming measures and development of speed prediction models in urban perspective. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, *8*(5),1135-1146.

Watts, G. (2007). Noise and vibration nuisance from traffic calming measures. *Turkish Acoustical Society - 36th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, INTER-NOISE 2007 ISTANBUL, 2,* Pages 830-839.

Yousif, S., Alterawi, M., Henson, R.R. (2013). Effect of road narrowing on junction capacity using microsimulation. *Journal of Transportation Engineering*, *139*, 574-584.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

UPOREDNA ANALIZA SAMOPRIJAVLJENOG I STVARNOG PONAŠANJA DJECE PJEŠAKA*

A COMPARATIVE ANALYSIS SELFREPORTED AND REAL BEHAVIOR OF CHILDREN PEDESTRIANS

Bojan Marić[a], Nikola Gnjatović[b]
[a] *Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, Republika Srpska (BiH), bojomaric@yahoo.com*
[b] *Student, Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, Republika Srpska (BiH), gnjatovicn1995@gmail.com*

***Apstrakt**: Približno trećinu svih poginulih u saobraćajnim nezgodama čine ranjivi učesnici u saobraćaju. U ovom radu sprovedeno je istraživanje ponašanja (samoprijavljenog i stvarnog) djece pješaka u blizini škole na području grada Prijedora. Konkretno, posmatrano je ponašanje pješaka prilikom njihovog prelaska kolovoza na dva različita obilježena pješačka prelaza, od kojih je jedan bio semaforisan. Istraživanje na ovaj način treba da omogući bolje razumjevanje znanja, stavova i ponašanja djece pješaka u saobraćaju, ali i da prikaže razliku u rezultatima dobijenim putem anketnog upitnika i rezultata dobijenih opažanjem.*

***Ključne riječi:** bezbjednost, obilježeni pješački prelaz, škola.*

***Abstract**: Approximately one third of all killed people in traffic accidents are vulnerable participants in traffic. In this labour we was conducted survey (self-reported and actual) with children pedestrians near the school in the area of Prijedor . In particular, the observed behavior of pedestrians when they are crossing the roadway on two different marked pedestrian crossings, one of whom was with traffic lights. Research in this way should be to enable better understanding of the knowledge, paragraphs and behavior of children pedestrians in traffic, but also to show the difference in the results obtained through the questionnaire and the results obtained by observation.*

***Key words: :** traffic safety, marked pedestrian crossing, school.*

1. UVOD

Svaka četiri minuta jedno dijete izgubi život na putevima širom svijeta, a mnogo više ih bude povrijeđeno, često sa teškim tjelesnim povredama. Za djecu uzrasta između 15 i 17 godina, ne postoji veći rizik i prijetnja za život od saobraćajnih nezgoda (WHO, 2015). Ovi izuzetno traumatični događaji prouzrokuju nemjerljiv bol i patnju porodice, rodbine, prijatelja i društva uopšte. Kao učesnici u saobraćaju djeca su svrstana u ranjivu kategoriju i stoga zahtijevaju posebnu pažnju zbog njihove ranjivosti i neiskustva. Djeca u zemljama sa srednjim i niskim bruto nacionalnim dohotkom imaju povećan rizik, posebno kao pješaci i biciklisti, zbog njihovog "izlaganja" nebezbjednom saobraćajnom okruženju. Veliki broj istraživanja u svijetu, a i u okruženju bavila su se problemom bezbjednosti djece u saobraćaju, posebno u

* ***Originalni naučni rad***

zoni škole (Tay (2009); Kattan i dr. (2011); Abdel-Aty i dr. (2007). U istraživanju Zegeer and Bushell (2012) istaknuto je da su djeca u saobraćaju posebno ugrožena i da 720 djece svakodnevno smrtno strada u saobraćaju širom planete, shodno tome se saobraćajne nezgode mogu smatrati vodećim uzrokom smrtnog stradanja djece. Posebno je naglašeno da su pješaci u saobraćaju, a samim tim i djeca, više ugroženi u nerazvijenim i zemljama u razvoju, dok su u razvijenim zemljama putnici unutar vozila ugroženi učesnici u saobraćaju. Djeca starosti do 15 godina čine oko 21% američke populacije, dok sa druge strane 23% svih smrtnih stradanja pješaka upravo čine djeca tog uzrasta. Ova činjenica govori da su djeca nebezbjednija od ostalih starosnih kategorija. Analizirajući potencijalne mjere za unapređenje bezbjednosti pješaka, a posebno djece pješaka Zegeer and Bushell (2012) su naveli da mjere, koje obezbjeđuju finansiranje i implementaciju bezbjednih puteva do škole, edukativne programe bezbjednosti saobraćaja i kampanje, mogu značajno unaprijediti bezbjednost djece u saobraćaju. U Danskoj je istraživano kako ostvariti bezbjedno putovanje djece u školu i u tu svrhu analizirani su pješačenje, biciklizam i prevoz do škole automobilom, Jensen (2008). Rezultati istraživanja pokazali su da su u Danskoj djeca prilično bezbjedna i da je to postignuto u najvećoj mjeri visokom upotrebom sigurnosnih pojaseva, ali i drugim lokalnim mjerama, kao što su kampanje i projekti bezbjednih puteva do škole. Autori Clifton i Kreamer-Fults (2007) analizirali su uticaj fizičkog okruženja i okoline oko škola na nastanak nezgoda i posljedica nezgoda vozilo-pješak. Rad je pisan u sklopu projekta „Bezbjedni putevi ka školama“ i između ostalog primjenjen je koncept 4E (Encouragement, Education, Enforcement, Engineering). Projektantske mjere su u principu najviše povezane sa Podsticanjem (Encouragement) i Inžinjeringom (Engineering). U radu je naglašeno da su prostor oko škola i karakteristike tog prostora najvažniji dio koji utiče na bezbjednost djece u zonama škola. Takođe je zaključeno da je potrebno posebnu pažnju obratiti na: pružanje i izgled saobraćajnica u blizini škola, na protok motornih vozila i njihove brzine, na strukturu učesnika u saobraćaju na saobraćajnicama, itd. Rezultati sprovedenog istraživanja u 163 zone škola pokazali su da postoji značajan različit uticaj na bezbjednost saobraćaja faktora kao što su: postojanje objekata atrakcije, postojanje posebnih školskih prilaza ulazima u škole, mješoviti saobraćajni tok, gustina naseljenosti i tranzitni saobraćaj. Granié (2007) je u svom radu istraživao razlike po polnoj strukturi djece predškolskog uzrasta po pitanju nebezbjednog ponašanja u saobraćaju i poštovanja saobraćajnih propisa. Istraživano je ponašanje djece pješaka i to posmatranjem na putu do škole, prilikom prelaska kolovoza, kao i prilikom kretanja duž, odnosno uz kolovoz. Nakon toga, djeca su anketirana i zaključeno je da se djeca ženskog pola bezbjednije ponašaju u saobraćaju. Djeca muškog pola "imaju bolju usaglašenost sa okolinom", dok djeca ženskog pola bolje poznaju i poštuju saobraćajne propise. Da je riječ o veoma značajnom segmentu sistema upravljanja bezbjednošću saobraćaja ukazuje procjena da je od 1989. godine u saobraćajnim nezgodama stradalo više od 5,5 miliona učesnika u saobraćaju mlađih od 19 godina (Silverman i Billingsley, 2015:1), dok svakodnevno život u saobraćajnim nezgodama izgubi više od 500 djece adolescenata (Silverman i Billingsley, 2015:5).

S obzirom koliki uticaj na djecu ima saobraćaj tema ovoga istraživanja je ponašanje djece prilikom prelaska kolovoza u zoni škole, kao i uporedna analiza samoprijavljenog i stvarnog ponašanja djece pješaka u zoni škole na teritoriji grada Prijedora. Cilj ovog rada je da se sagleda stvarno ponašanje djece prilikom prelaska kolovoza na različitim lokacijama i u različitim uslovima (semaforisan pješački prelaz i obilježeni pješački prelaz), kao i poređenje stvarnog i samoprijavljenog ponašanja sa ciljem otkrivanja razlike u dobijenim rezultatima. Relativno mali uzorak posmatranih i anketiranih učenika predstavlja ograničenje u radu.

2. METODE

Za izradu ovog rada, tačnije prvog dijela istraživanja posebno je pripremljen anketni upitnik uz pomoć koga je izvršeno anketiranje đaka u srednjim školama (Mašinskoj i Elektrotehničkoj) u Prijedoru. Anketiranje je obavljeno 16.12.2016. godine, u periodu od 9 do 10:30 časova, a anketirano je ukupno 100 đaka. Anketiranje je bilo anonimno, ispitanicima je prvo objašnjeno na koji način treba da ispune upitnik, odnosno da označe u kojoj mjeri se slažu sa navedenim izjavama, zatim im je ostavljeno dovoljno vremena kako bi ga pravilno ispunili. Anketni upitnik se sastojao od ukupno 21-og pitanja podijeljena u tri različita segmenta. Prvi dio ankete sadržao je opšta pitanja, drugi pitanja vezana za stavove i mišljenja, a treći dio pitanja vezana za ponašanje srednjoškolaca na putu do škole. Nakon obavljene ankete, autori su sumirali rezultate, napravili bazu podataka, zatim je urađena njihova analiza u programu Microsoft Office Excel, 2010. Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je samoprijavljeno ponašanje đaka.

Drugi dio istraživanja baziran je na metodu opažanja stvarnog ponašanja đaka. Posmatrano je ponašanje djece na njihovom putu do/od škole (opaženo njih 254, 112 đaka na semaforisanom i 142 đaka na obilježenom pješačkom prelazu). Odabrane su dvije po svemu slične raskrsnice u neposrednoj blizini škole, od kojih je jedna bila semaforisana, a druga ne. Na obilježenom pješačkom prelazu opažanje je obavljeno 11. i 12.05.2017. godine, od 12:00 do 12:45 časova, a na semaforisanom pješačkom prelazu opažanje je sprovedeno 18. i 19.05. 2017. godine, u periodu od 17 do 17:45 časova. Navedeni termini namjenski su birani zbog najveće koncentracije učenika.

Bilježena su prethodno definisana obilježja u posebno za tu svrhu pripremljene radne listove. Bitna obilježja za istraživanje, tj. karakteristike koje su posmatrane su sledeće:

1) Semaforisani pješački prelaz:
- Svjetlosni signal za prelazak (crveno, zeleno),
- Putanja prelaska (pravo, ukoso, van obilježenog pješačkog prelaza),
- Način prelaska (gledaju lijevo i desno, ne gledaju, ne gledaju i pričaju sa nekim, koriste mobilni telefon/slušalice),
- Način prelaska (nomalan, žure, trče).

2) Obilježeni pješački prelaz:
- Kretanje vozila prilikom prelaska pješaka (vozila se kreću/nebezbjedno za prelazak, vozila se kreću/bezbjedno za prelazak),
- Putanja prelaska (normalan, žure, trče),
- Način prelaska (gledaju lijevo i desno, ne gledaju, ne gledaju i pričaju sa nekim, koriste mobilni telefon/slušalice),
- Način prelaska (normalan, žure, trče).

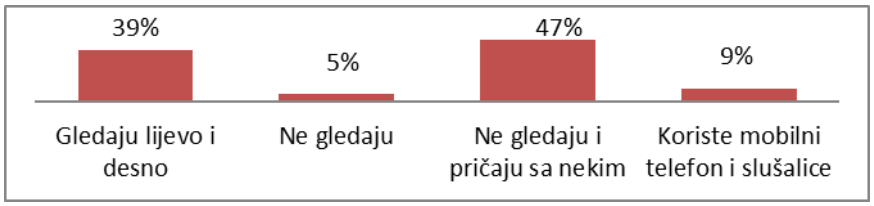
Nakon sumiranja i analiziranja dobijenih podataka pristupilo se upoređivanju dobijenih rezultata opažanja sa dobijenim rezultatima putem anketnog upitnika.

3. REZULTATI

3.1. *Opažanje*

3.1.1. Obilježeni pješački prelaz (OPP)

Ukupan broj opaženih učenika na obilježenom pješačkom prelazu iznosio je 142, pritom njih 108 kolovoz je prešlo pojedinačno i 34 grupa od po nekoliko učenika. U ukupnom uzorku je grupa učenika (dva i više učenika) posmatrana kao pojedinac, jer su se svi učenici u grupi prilikom prelaska kolovoza ponašali na isti način. Od ukupnog broja učenika (142), njih 52 započelo je prelazak kolovoza za vrijeme približavanja vozila, što je uzeto kao rizično ponašanje ili potencijalni konflikt (rizični pješaci). Shodno tome, u nastavku su izdvojeni i dalje su analizirani samo učenici čiji je prelazak smatran rizičnim (vozila se približavaju pješačkom prelazu, nebezbjedan prelazak). Kada je u pitanju putanja prelaska potencijalno nebezbjednih učenika dobijeno je sledeće: 54% kolovoz prelazi pravo, 31% ukoso i van OPP prelazi 15% učenika. Za način prelaska (Slika 1.) preko kolovoza primjećeno je da najveći broj rizičnih učenika uopšte ne obraća pažnju na vozila i pritom pričaju sa nekim prilikom prelaska kolovoza (47%).



Slika 1. Rizični pješaci (način prelaska)

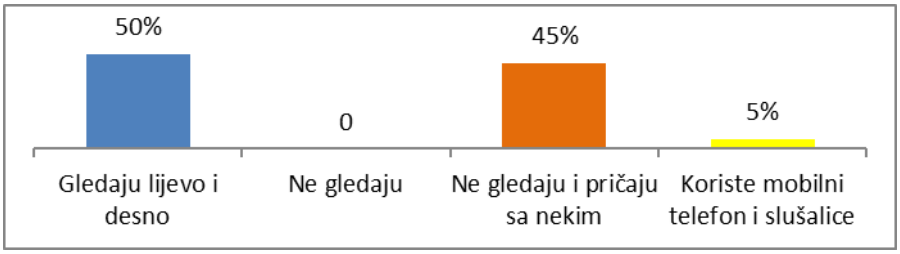
Normalnim hodom (brzina prelaska) kolovoz je na OPP prešlo 62% učenika, a onih koji su užurbao prelazili bilo je 38%. Dalje su navedeni dobijeni rezultati za putanju, način i brzinu prelaska onih pješaka koji su svoj prelazak započeli nakon što su se vozila zaustavila (bezbjedan prelazak). Kada je u pitanju putanja prelaska u ovom slučaju, 53% učenika je išlo pravo, 33% je prešlo kolovoz ukoso, dok je 14% kolovoz prešlo van OPP. Za način prelaska dobijeno je da 29% učenika gleda lijevo i desno, 40% ne gleda i priča sa nekim, 18% ne gleda i na kraju 13%, je bilo onih koji koriste mobilni telefon/slušalice. Na ovom prelazu 67% učenika je normalno prešlo ulicu kada su vozila bila zaustavljena, a ubrzanim korakom prešlo je kolovoz njih 33%.

3.1.2. Semaforisani obilježeni pješački prelaz

Ukupan uzorak opaženih učenika pješaka na semaforisanom pješačkom prelazu iznosio je 112, od toga 34 su bile grupe. Kao i u slučaju na OPP, u ukupnom uzorku je grupa učenika (dva i više učenika) posmatrana kao pojedinac, jer su se svi učenici u grupi prilikom prelaska kolovoza ponašali na isti način. Od ukupnog broja učenika (112), njih 42 započelo je prelazak kolovoza tokom crvenog svjetla za pješake, što je uzeto kao rizično ponašanje ili potencijalni konflikt pješak-vozilo (rizični pješaci). U nastavku rada su izdvojeni i dalje analizirani samo učenici čiji je prelazak smatran rizičnim (tokom crvenog svjetla za pješake, nebezbjedan prelazak).

Opažanjem na semaforisanom pješačkom prelazu dobijeni su sledeći rezultati: 73% rizičnih đaka prelazi pravo preko pješačkog prelaza, ukoso prelazi njih 14% i isti broj 14% prelazi van OPP tokom crvenog svjetla za pješake. Među rizičnim pješacima na ovom prelazu

polovina je onih koji gledaju lijevo i desno, onih koji ne gledaju u pravcu vozila nije bilo, procenat onih koji ne gledaju i pričaju sa nekim je 45% i rizičnih pješaka koji koriste mobilni telefon bilo je 5%, (Slika 2.).

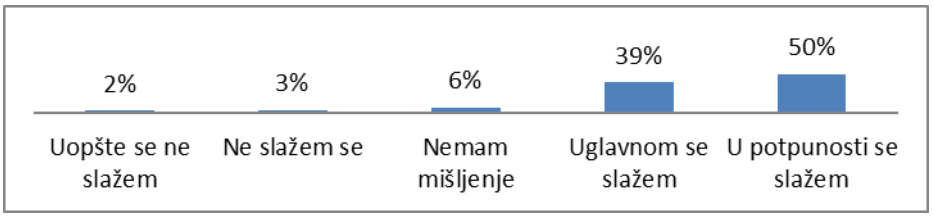


Slika 2. Rizični pješaci (način prelaska)

Kada je u pitanju brzina prelaska kolovoza za vrijeme trajanja crvenog svjetla za pješake, skoro svi rizični pješaci (91%) su se kretali sasvim normalno bez obzira što je na semaforu crveni signal za pješake, a samo 9% ih je ulicu prelazilo užurbanim korakom. Na semaforisanom pješačkom prelazu tokom zelenog svjetla za pješake, kolovoz je prešlo ukupno 70 učenika. U ovom slučaju od ukupnog broja njih 83% prešlo je preko kolovoza pravo, 10% ukoso i 7% van OPP. Kada se pogleda način prelaska dobijeno je sledeće: gledaju lijevo i desno (39%), ne gledaju (12%), ne gledaju i pričaju sa nekim (33%) i koriste mobilni telefon/slušalice (16%). Posmatrajući učenike za vrijeme njihovog prelaska kolovoza tokom zelenog svjetla za pješake dobijeno je da njih 73% prelazi kolovoz normalnim hodom, 24% se kretalo ubrzano, a 3% učenika je trčalo preko kolovoza.

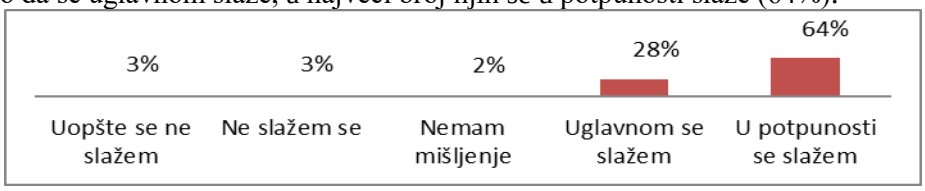
3.2. *Anketa*

Na stav "Mislim da bi se posebna pažnja trebala obratiti na bezbjednost učenika u zonama škola" samo 5% učenika se izjasnilo da se uopšte ne slaže i ne slaže. Najveći broj anketiranih đaka (89%) slaže sa sa ovim stavom, (Slika 3.).



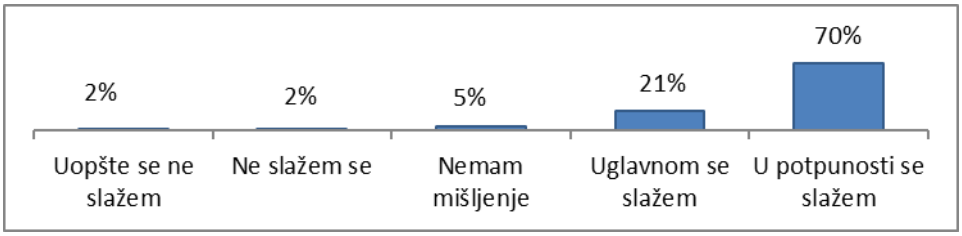
Slika 3. "Mislim da bi se posebna pažnja trebala obratiti na bezbjednost učenika u zonama škole"

Kada je u pitanju stav sa slike 4. dobijeni su sledeći rezultati: da se uopšte ne slažu i ne slažu sa stavom odgovorilo je 6% učenika, 2% nema mišljenje o ovom stavu, 28% učenika se izjasnilo da se uglavnom slaže, a najveći broj njih se u potpunosti slaže (64%).



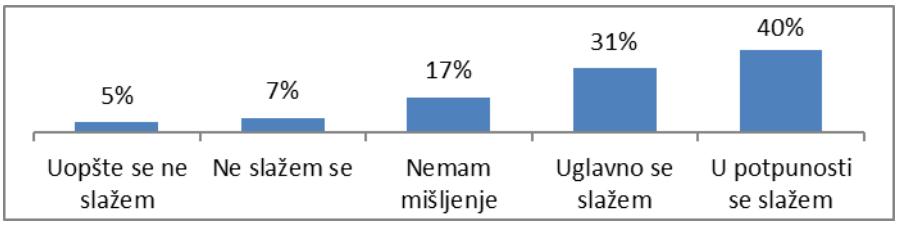
Slika 4. "Saobraćajne propise bi trebalo poštovati bez obzira na to šta drugi učesnici u saobraćaju rade"

Za stav da "Saobraćajne propise treba poštovati, jer samo na takav način možemo biti bezbjedni" učenici su dali sledeće odgovore: Uopšte se ne slaže (2%), ne slaže se (2%), nema mišljenje (5%), uglavnom se slažu (21%) i u potpunosti se slažu (70%), (Slika 5.).



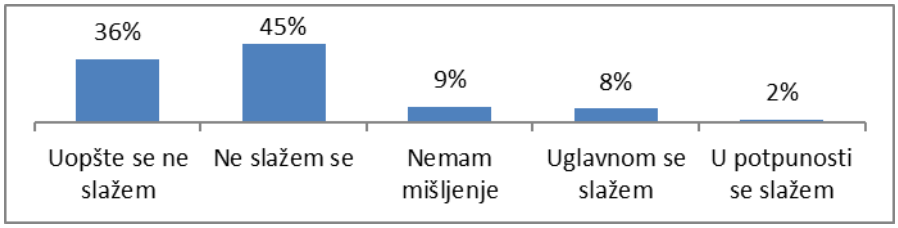
Slika 5. "Saobraćajne propise treba poštovati, jer samo na takav način možemo biti bezbjedni"

O stavu "Trebalo bi da postoji ozbiljna kazna za pješake koji prelaze na crveni pješački signal na semaforu", učenici su se izjasnili na sledeći način: uopšte se ne slažem (5%), ne slažem se (7%), nemam mišljenje (17%), uglavnom se slažem (31%) i u potpunosti se slažem (40%), (Slika 6.).



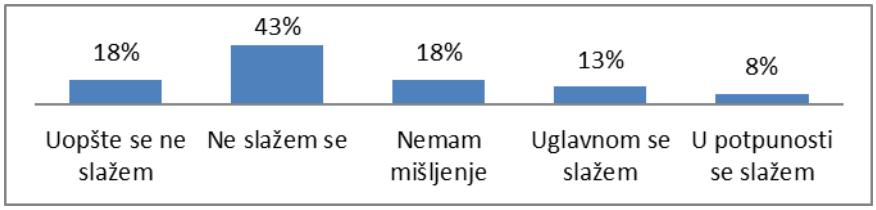
Slika 6. "Trebalo bi da postoji ozbiljna kazna za pješake koji prelaze na crvenom pješačkom signalu"

O Stavu "Ako većina učesnika u saobraćaju krši propise, smatram da i ja treba to da radim" negativno se izjasnilo približno 81% učenika, da nema mišljenje reklo je njih 9%, a potvrdno je odgovorilo 10% anketiranih učenika, (Slika 7.).



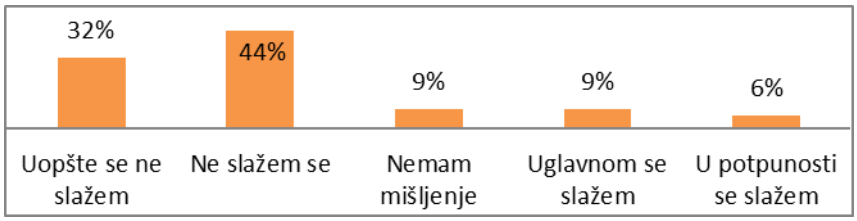
Slika 7. "Ako većina učesnika u saobraćaju krši propise, smatram da i ja treba to da radim"

Za stav "Prelazim kolovoz van pješačkog prelaza, jer smatram da to nije kršenje propisa" dobijeni su sledeći rezultati: uopšte se ne slažem (18%), ne slažem se (43%), nemam mišljenje (18 %), uglavnom se slažem (13%) i u potpunosti se slažem (8%), (Slika 8.).



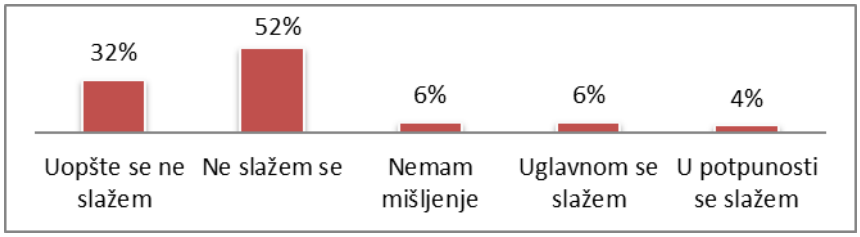
Slika 8. "Prelazim kolovoz van pješačkog prelaza, jer da to nije kršenje propisa"

Na stav sa slike 9. odgovori učenika su sledeći: uopšte se ne slažem (32%), ne slažem se (44%), nemam mišljenje (9%), uglavnom se slažem (9%) i u potpunosti se slažem (6%).



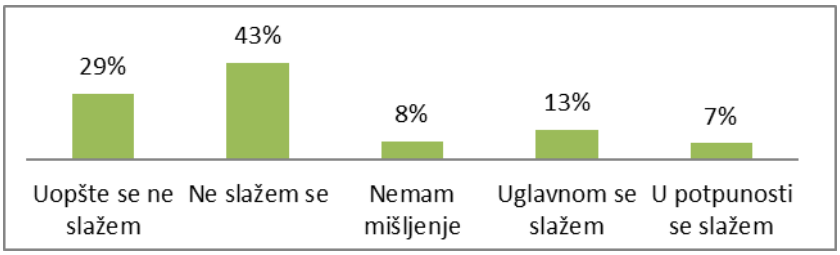
Slika 9. "Kada idem sa prijateljima u školu ne obraćam pažnju na saobraćaj u okolini, jer smatram da sam bezbjedan"

Anketiranjem u kojoj mjeri se učenici slažu sa stavom: „Prelazim put preko pješačkog prelaza, ne obraćajući pažnju ima li vozila u blizini, jer koristim mobilni telefon ili pričam sa prijateljem" dobijeno je da: 32% učenika se uopšte ne slažu, ne slaže se (52%), nema mišljenje (6%), uglavnom se slažu (6%) i u potpunosti se slažu (4%), (Slika 10.).



Slika 10. "Prelazim put preko pješačkog prelaza, ne obraćajući pažnju ima li vozila u blizini, jer koristim mobilni telefon ili pričam sa prijateljem"

Na stav "Ponekad pretrčim ulicu, a da se prethodno ne uvjerim da je bezbjedno, jer sam u žurbi" dobijena je sledeća procentualna raspodjela odgovora: uopšte se ne slažem (29%), ne slažem se (43%), nemam mišljenje (8%), uglavnom se slažem (13%) i u potpunosti se slažem (7%), (Slika 11.).



Slika 11. "Ponekad pretrčim ulicu, a da se prethodno ne uvjerim da je bezbjedno, jer sam u žurbi"

4. DISKUSIJA

4.1. *Opažanje*

Kada je u pitanju putanja prelaska kolovoza rizičnih pješaka na obilježenom pješačkom prelazu, dobijeno je da njih skoro polovina (46%) ne prelazi kolovoz najkraćim putem preko "zebre". Od ukupnog broja rizičnih pješaka samo 39% pogleda i lijevo i desno prilikom prelaska kolovoza. Ovi rezultati govore da najveći broj učenika koji započinju rizičan prelazak preko kolovoza (dok im se vozila približavaju) nastavljaju sa istim rizičnim ponašanjem, tj. ne

kreću se najkraćom putanjom kako bi što prije stigli na drugu bezbjednu stranu ulice, ne obraćaju pažnju na vozila jer smatraju da samim stupanjem na kolovoz, bez prethodnog uvjerenja da li je to bezbjedno ili ne imaju pravo prvenstva prelaska u odnosu na vozila. Međutim, oni zaboravljaju da se prije stupanja na kolovoz potrebno uvjeriti da li je bezbjedno, tj. ima li vozila i ako ima da li je vozač primjetio njihovu namjeru i počeo zaustavljati svoje vozilo. Ovi učenici se osjećaju toliko sigurno da i pored toga što s stupili na kolovoz dok se vozila još kreću prema njima, oni se kreću normalnim hodom (62%) kao da su sasvim bezbjedni.

Na semaforisanom pješačkom prelazu rizični pješaci (prelazak na crveno svjetlo za pješake) su ipak svjesni svog nedozvoljenog postupka (37,5% prelazi na crveno), tako da mnogo veći broj njih gleda da najkraćim mogućim putem stigne na drugu stranu ulice (72%). Iako znaju da ne postupaju u skladu za zakonom, tj. da nedozvoljeno prelaze kolovoz, jedva polovina od ukupnog broja prekršilaca se uvjeri da nema vozila koja bi mogla ugroziti njihovu bezbjednost. Pored toga što krše zakon, oko 90% ovih prekršilaca normalnim hodom prelazi na drugu stranu ulice. Veliki broj prekršilaca na ovom prelazu i ovakav način prelaska se može tumačiti kroz neadekvatan plan tempiranja semafora, predugo trajanje crvenog svjetla za pješake, mali intenzitet vozila, tako da se pješaci u velikom broju osjećaju sigurno i prilikom nedozvoljenog prelaska kolovoza.

4.2. Anketa

Rezultati dobijeni anketiranjem učenika daju pomalo drugačiju (povoljniju) sliku kada se posmatra bezbjedno ponašanje u saobraćaju, u odnosu na rezultate opažanja. U skladu sa tim oko 90% učenika smatra da bi saobraćajne propise trebalo poštovati bez obzira na to šta drugi učesnici u saobraćaju rade, kao i da samo na takav način mogu biti bezbjedni. Što se tiče stava o povećanju bezbjednosti djece u saobraćaju u zoni škole, odgovori su slični kao za prethodna dva stava (89% se izjasnilo potvrdno), a 71% učenika smatra da prekršioci (pješaci koji prelaze za vrijeme crvenog signala za pješake) treba da budu ozbiljno kažnjeni. Slični rezultati dobijeni su i za ostale stavove u anketnom upitniku, tako se 81% učenika ne slaže da ako većina učesnika u saobraćaju krši propise, da trebaju i oni da se ponašaju na isti način, 62% se ne slaže sa stavom "Prelazim kolovoz van pješačkog prelaza, jer to nije kršenje propisa", 76% se ne slaže sa stavom da kada idu sa prijateljima u školu ne obraćaju pažnju na saobraćaj u okolini, jer smatraju da su bezbjedni, a isti rezultati su dobijeni i za poslednja dva stava. U oba slučaja preko 70% učenika je odgovorilo pozitivno sa aspekta bezbjednosti saobraćaja.

Navedeni rezultati dobijeni putem ankete, zapravo govore da je velika većina učenika posmatranih srednjih škola (Mašinska i Elektrotehnička) upoznata sa rizičnim ponašnjem u saobraćaju. Učenici posjeduju određena znanja o pravilnom (bezbjednom) kretanju preko ulice i na putu od kuće do škole i obrnuto, tako da u skladu sa tim daju i odgovore na postavljena pitanja u anketnom upitniku. Bez obzira što je anketni upitnik anoniman, može se zaključiti da su učenici svjesni su šta je rizično ponašanje u saobraćaju i skladu sa tim daju društveno prihvatljive ispravne odgovore. U prilog ovome govore rezultati dobijeni opažanjem koji se znatno razlikuju od rezultata ankete.

4.3. Opažanje/anketa

Poređenjem rezultata dobijenih u prvom dijelu istraživanja (opažanje) sa rezultatima drugog dijela (anketa), evidentna je razlika između stvarnog i samoprijavljenog ponašanja učenika u saobraćaju. Za razliku od samoprijavljenog ponašanja, gdje su rezultati uglavnom pozitivni (ispravni stavovi, prosječno oko 80% učenika), stvarno ponašanje učenika nije u skladu sa samoprijavljenim.

Na obilježenom pješačkom prelazu skoro 50% učenika stupa na kolovoz dok se vozila kreću prema njima i pritom najveći broj ih ne prelazi kolovoz najkraćim, najbezbjednijim putem preko "zebre", ne gleda ni lijevo ni desno i kreću se normalnim hodom, iako obavljaju nebezbjedan prelazak preko kolovoza.

Učenici se slično ponašaju i na semaforisanom pješačkom prelazu, gdje skoro 40% nedozvoljeno prelazi kolovoz (za vrijeme crvenog signala za pješake), od toga njih polovina uopšte ne gleda da li im se vozila približavaju, a najveći broj prekršilaca se kreće preko kolovoza normalnim hodom i pored toga što su u "prekršaju".

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Širom svijeta, u okruženju, kao i na prostoru Republike Srpske (BIH) srednjoškolci predstavljaju jednu od najrizičnijih kategorija učesnika u saobraćaju, bez obzira da li su u ulozi, vozača, pješaka ili putnika u vozilu. Dobijeni rezultati u radu pokazali su da se i pored pozitivnog samoprijavljenog ponašanja, u stvarnosti veliki broj učenika srednjih škola ponaša veoma rizično prilikom prelaska ulice. Ovim je još jednom pokazano da rezultate dobijene anketnim putem za samoprijavljeno ponašanje treba uzeti sa "rezervom", u odnosu na rezultate dobijene opažanjem na terenu. Najjasnija slika o trenutnom stanju (stavovi, znanja i ponašanje učesnika u saobraćaju) dobiće se jedino ukoliko se oba metoda primjene za prikupljanje podataka. Analiza dobijenih rezultata, potvrdila je da je na području grada Prijedora potrebno raditi sa srednjoškolcima kada je u pitanju bezbjednost saobraćaja. Nažalost, većina đaka se prvi put sa nekim propisima, pravilima ponašanja, ispravnim stavovima vezanim za saobraćaj susretne prilikom polaganja vozačkog ispita. Da bi se djeca ponašala bezbjedno u saobraćaju, potrebno je utvrditi im ispravne stavove i naučiti ih bezbjednom ponašanju još u najranijem periodu života, kroz igru, ponašanje članova porodice, vaspitača, učitelja… Saobraćajna istraživanja u razvijenim zemljama pokazuju da se pored roditelja kao osnovnih nosilaca znanja o saobraćaju, djeci neophodna saznanja, iskustva i pozitivne navike prenose i putem školskih i predškolskih ustanova, pri čemu se posebna pažnja mora posvetiti adekvatnom i kvalitetnom nastavnom planu i programu (Marić i Milošević, 2011). Kroz nastavne planove i programe, određene predmete u osnovnim i srednjim školama potrebno je uvesti saobraćajno obrazovanje i vaspitanje u vidu posebnog predmeta ili nastavnih jedinica u okviru nekih predmeta, radionice, poligone i slično. Dakle, da bi se uticalo na ponašanje srednjoškolaca u saobraćaju, veoma važan je sveobuhvatan i sistemski pristup riješavanju ovog problema u bezbjednosti saobraćaja.

Kada se govori o bezbjednosti saobraćaja, potrebno je angažovanje svih subjekata koji su posredno i neposredno uključeni u ovu oblast. Nije dovoljno raditi samo sa pješacima, tj. prilagođavati ih saobraćajnoj infrastrukturu i misliti da će tako problem biti riješen, nego i obrnuto, saobraćajnu infrastrukturu prilagođavati pješacima (uraditi "bezbjedne puteve", kanalisati kretanje pješaka, izabrati optimalan pješački prelaz, optimizirati vremena trajanja

signala na semaforu…), (Marić i dr., 2016). U skladu sa tim veoma su bitna istraživanja ovog tipa, ali ih je potrebno proširiti na više razreda, škola, gradova…

Jedino na ovakav način se mogu dobiti važne informacije, koje mogu poslužiti kao smjernice za rad na poboljšanju bezbjednosti saobraćaja, tj. u ovom slučaju ranjivih učesnika kao što su srednjoškolci.

6. LITERATURA

Abdel-Aty, M., Chundi, S.S., Lee, C. (2007). Geo-spatial and log-linear analysis of pedestrian and bicyclist crashes involving school-aged children. Journal of Safety Research 38, pp.571-579.

Clifton, K.J., Kreamer-Fults, K. (2007). An examination of the environmental attributes associated with pedestrian-vehicular crashes near public schools. Accident Analysis and Prevention 39, pp. 708-715.

Granié, M.A. (2007). Gender differences in preschool children's declared and behavioral compliance with pedestrian rules. Transportation Research Part F 10, pp.371-382.

Jensen, S.U. (2008). How to obtain a healthy journey to school. Transportation Research Part A 42, pp.475-486.

Kattan, L., Tay, R., Acharjee, S. (2011). Managing speed at school and playground zones. Accident Analysis and Prevention 43, pp. 1887-1891.

Marić, B., Lipovac, K., Tešić, M. I Đerić, M. (2016). Bezbjednost saobraćaja (djece) u zoni škole. Bezbjednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, (str. 1-7), V Međunarodna konferencija, Banjaluka. ISBN 978-99976-618-7-6.

Marić, B. i G. Milošević., (2011). Bezbjednost djece i saobraćajno obrazovanje mladih pješaka, Novi Horizonti saobraćaja i komunikacija 2011, (str. 198-206), III međunarodninaučni simpozijum, Doboj. ISBN 978-99955-36-28-2.

Silverman, A. Billingsley, S. (2015). Safe to learn, safe jour neys to school are a childs right, FIA and UNICEF, 1-6.

Tay, R. (2009). Speed compliance in school and playground zones. ITE Journal 79, pp.36-38

Zegeer, C.V., Bushell, M. (2012). Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world. Accident Analysis and Prevention 44, pp.3-11.

World Health Organisation, (2015). Ten strategies for keeping children safe on the road.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

STAVOVI VOZAČA POČETNIKA O RADU AUTO ŠKOLA*

ATTITUDES OF A NOVICE DRIVERS ABOUT THE WORK OF DRIVING SCHOOL

Bojan Marić, Mladen Kulundžija, Nemanja Brdar
Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, Republika Srpska (BiH),
bojomaric@yahoo.com, kulundzija95@gmail.com, nemanjabrdar97@gmail.com

***Apstrakt**: Rad auto škola direktno utiče na oblikovanje stavova, sticanje znanja i vještine vožnje budućih vozača u saobraćaju. U skladu sa tim u ovom radu sprovedeno je istraživanje o kvalitetu ukupne obuke kandidata za polaganje vozačkog ispita u auto školama (teoretska nastava, praktična obuka, literatura, testovi…), prisustvu korupcije prilikom polaganja, a sve sa ciljem ocjene trenutnog stanja, tj. rada auto škola. Istraživanjem su obuhvaćeni mladi vozači, tj. lica čije je vozačko iskustvo manje od tri godine. Dobijeni rezultati, treba da ukažu na ne/postojanje određenih problema u radu auto škola, ali i da daju smjernice za riješavanje tih problema. U radu će biti date određene preporuke i prijedlog mjera koje bi doprinjele kvalitetnijoj obuci vozača i ujedno poboljšanju bezbjednosti saobraćaja na putevima u Republici Srpskoj.*

***Ključne riječi:** bezbjednost, auto škola, vozači početnici, kvalitet obuke.*

***Abstract**: The work of the driving school directly influences the formation of attitudes, acquiring knowledge and driving skills of future drivers in traffic. Accordingly, in this paper, a study was conducted on the quality of the overall training of candidates for taking a driving test in driving schools (theoretical lessons, practical training, literature, tests ...), the presence of corruption during laying, with the aim of assessing the current state, working driving school. The survey covered young drivers, persons whose driver experience is less than three years old. The results obtained should point to the non-existence of certain problems in the work of the driving school, as well as to provide guidelines for solving these problems. The paper will provide specific recommendations and proposals for measures that would contribute to better driver training and at the same time improve the safety of road traffic in the Republic of Srpska.*

***Key words**: traffic safety, driving school, beginner drivers, quality of training*

1. UVOD

Širom svijeta, a tako i na teritoriji Republike Srpske, veliki broj saobraćajnih nezgoda izazivaju početnici u saobraćaju, odnosno mladi vozači koji su u skorijem vremenskom periodu stekli pravo na vozačku dozvolu. Rizik učešća u saobraćajnim nezgodama kod vozača početnika je 3-4 puta veći nego kod ostalih (Lipovac, 2008). Smrtnost mladih vozača je obično dvostruko veća nego kod starijih vozača (OECD, 2006). Osnovne karakteristike mladih vozača kao što su neiskustvo, nedovoljna svijest o opasnostima u saobraćaju, loša procjena stepena rizika, propušteni sadržaji u osnovnoj obuci, sklonost brzoj vožnji, precjenjivanje svojih sposobnosti, nedostatak tolerancije i odgovornosti za svoje ponašanje, svrstavaju ih u posebno rizičnu kategoriju učesnika u saobraćaju (Milinić i dr., 2016).

* ***Stručni rad***

S obzirom da su prema zvaničnoj statistici Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srpske osnovni uzroci saobraćajnih nezgoda, alkohol i neprilagođena brzina, u ovom radu će se pokušati etiološkim pristupom doći do odgovora na pitanje koji su to faktori koji doprinose nastanku saobraćajnih nezgoda. Jedan od osnovnih faktora je svakako rad autoškola, gdje budući vozači treba da utvrde ispravne stavove iz bezbjednosti saobraćaja i steknu osnovna znanja koja će im omogućiti bezbjedno učestvovanje i ponašanje u saobraćaju.

Dakle, cilj obuke kandidata u autoškolama tokom polaganja vozačkog ispita jeste sticanje znanja, vještina, navika, iskustva i razvijanje sposobnosti za upravljanje motornim vozilom. Vozačka znanja predstavljaju sveukupnost usvojenih elemenata potrebnih za kvalitetno upravljanje motornim vozilom. U okviru toga pored opštih znanja neophodno je znati i pravila saobraćaja, osnove bezbjednosti saobraćaja na putevima, značaj, karakteristike, rad i opsluživanje motornog vozila i drugo. Vozačke vještine predstavljaju skup pravilnih, brzih, svrsishodnih i racionalno izvedenih aktivnosti kojima se reaguje na promjenljive uslove u saobraćaju. To su naučene praktične radnje koje vozač može izvoditi potpuno svjesno, ali i automatski, nesvjesno ili djelimično svjesno. Jednostavnije komponente vozačkih vještina pri čestom ponavljanju relativno se brzo automatizuju, pa one kao visokoautomatizovane vještine postaju navike, u dužem vremenskom periodu. Na zadovoljenje navedenog cilja obuke, tj. na kvalitet obuke pored usko stručnih, utiče i niz faktora, kao što su: političke prilike, ekonomski razvoj društva, organizacija društva, porodične prilike, mentalitet, prethodno obrazovanje, interes kandidata, radna sredina, nivo stručnog i pedagoškog rada, propisani nivo obučenosti i dr., (Milošević i dr., 2011).

Predmet istraživanja u ovom radu je kvalitet obuke (teoretske i praktične) kandidata u autoškolama, odnosno stavovi mladih vozača iz oblasti bezbjednost saobraćaja. Cilj istraživanja bio je da se kroz jedno pilot istraživanje, dobiju rezultati koji će ukazati na ne/postojanje problema u ovom segmentu bezbjednosti saobraćaja. Relativno mali uzorak anketiranih mladih vozača predstavlja ograničenje u radu.

2. METODE

Terensko istraživanje, koje je podrazumijevalo anonimno anketiranje, sprovedeno je na području grada Prijedora. Prikupljanje podataka putem prethodno pripremljenog anketnog upitnika provedeno je u mjesecu maju na ulicama grada Prijedora i obuhvatilo je samo vozače početnike, odnosno sve one koji imaju vozačku dozvolu u trajanju ne duže od tri godine. Ukupan uzorak anketiranih mladih vozači iznosio je 100, pritom daleko veći je bio ukupan broj onih koji su upitani da budu anketirani.

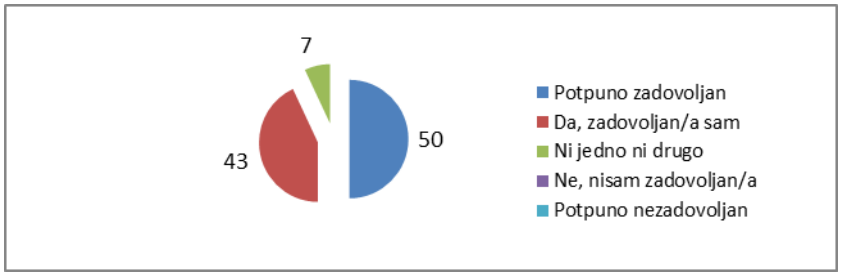
Anketni upitnik sadržao je 10 pitanja (9 zatvorenog i jedno pitanje otvorenog tipa u kome su ispitanici sami mogli da navedu određene uočene nedostatke tokom obuke), koncipiranih tako da dobijeni rezultati daju ocjenu oba dijela obuke (teoretski i praktični), provjeru utvrđenih stavova kandidata, a kandidatima je data i mogućnost da sami napišu svoja dobra/loša iskustva tokom ukupne obuke u auto školi. Sva pitanja su jasno i precizno definisana, kako bi se dobili jasni i nedvosmisleni odgovori.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Za potrebe ovog rada anketirano je ukupno 100 ispitanika, među kojima je njih 63 bilo muškog, a 37 ženskog pola. Kada je u pitanju aktivan vozački staž anketiranih ispitanika

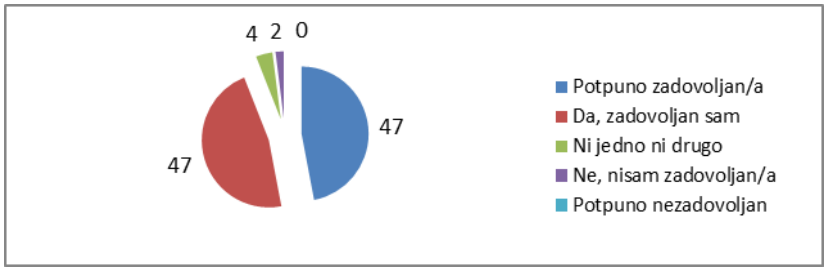
raspodjela je sledeća: do jedne godine vozačkog staža među anketiranim bio je 31 ispitanik, njih 53 imalo je dvije godine aktivnog vozačkog staža i 16 anketiranih ispitanika je bilo sa tri godine aktivnog vozačkog staža.

Na pitanje "*Da li ste zadovoljni pruženim teoretskim znanjem u auto školi?*", većina ispitanika (93) je odgovorilo potvrdno, a njih 7 je reklo da nisu ni za pozitivnu, a ni za negativnu ocjenu (Slika 1.).



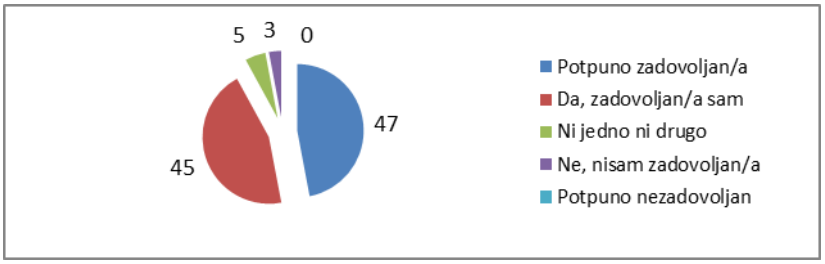
Slika 1. Da li ste zadovoljni pruženim teoretskim znanjem u auto školi?

Na drugo pitanje koje je glasilo "*Literatura je odgovarajuća, jasna i nedvosmislena?*", potvrdan odgovor dao je isti broj ispitanika (94), 4 anketirana rekla su da se ne mogu opredijeliti, dok su nasuprot njima 2 ispitanika izrazili nezadovoljstvo literaturom koja im je bila na raspolaganju tokom obuke (Slika 2.).



Slika 2. Literatura je odgovarajuća, jasna i nedvosmislena?

Na treće pitanje koje se odnosilo na teoretsku obuku u autoškolama, a koje glasi "*Da li su predavači teoretske nastave profesionalci sa odgovarajućim znanjem?*", potvrdno je odgovorilo 92 ispitanika, njih 5 nije imalo određen stav, dok ih je 3 dalo negativan odgovor (Slika 3.).

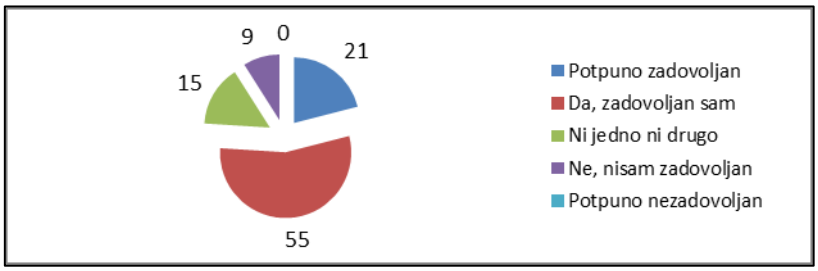


Slika 3. Da li su predavači teoretske nastave profesionalci sa odgovarajućim znanjem?

Dobijeni rezultati (preko 90%) za prva tri pitanja u anketnom upitniku, koja su se odnosila na teoretski dio obuke kandidata, jasno govore da se u autoškolama na području grada Prijedora izvodi kvalitetna nastava, od strane predavača koji raspolažu sa odgovarajućim

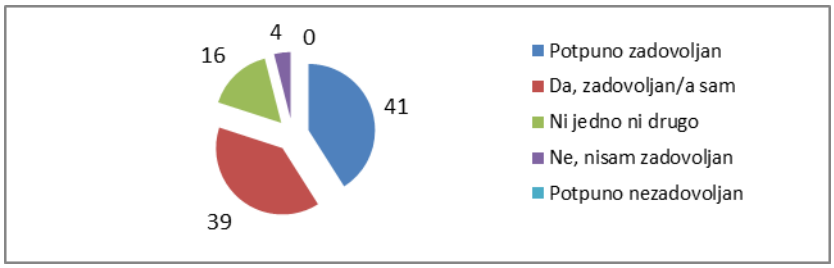
nivoom znanja i uz odgovarajuću raspoloživu literaturu, koja je sasvim dovoljna da se kandidati spreme za uspješno polaganje testa iz teoretskog dijela obuke.

Pitanje broj 4 u anketnom upitniku glasilo je "*Da li ste zadovoljni praktičnom obukom?*", a na ovo pitanje 76 anketiranih učesnika odgovorilo je potvrdno, njih 15 nije imalo određen stav, dok je 9 ispitanika izrazilo svoje nezadovoljstvo (Slika 4.).



Slika 4. Da li ste zadovoljni praktičnom obukom?

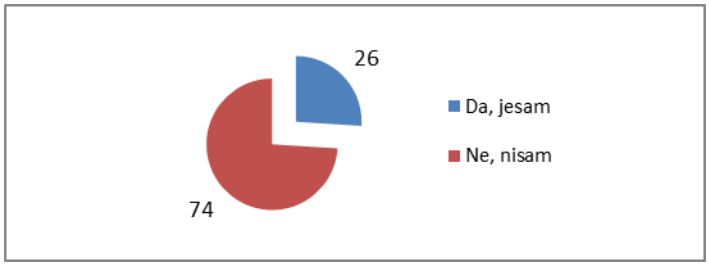
Na peto pitanje "*Da li su instruktori vožnje profesionalci sa odgovarajućim znanjem?*" 80 ispitanika je odgovorilo potvrdno, njih 16 se nije moglo izjasniti, a 4 ispitanika su rekli da su nezadovoljni (Slika 5.).



Slika 5. Da li su instruktori vožnje profesionalci sa odgovarajućim znanjem?

Kada se pogledaju rezultati koji se odnose na dio praktične obuke prilikom polaganja vozačkog ispita, evidentno je da većina ispitanika smatra da su instruktori vožnje kvalitetni profesionalci i da dobro obavljaju svoj posao (približno 80% anketiranih).

Šesto pitanje se odnosilo na prisustvo korupcije i mita tokom obuke i polaganja, a glasilo je "*Da li ste bili podvrgnuti bilo kom obliku korupcije prilikom polaganja ispita?*". Na ovo pitanje potvrdno je odgovorilo 26 ispitanika, od ukupno 100 anketiranih u ovom istraživanju (Slika 6.).

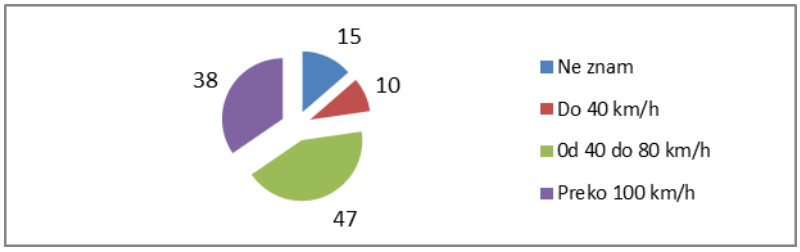


Slika 6. Da li ste bili podvrgnuti bilo kom obliku korupcije prilikom polaganja ispita

Dobijeni podatak da je približno svaki treći kandidat za polaganje vozačkog ispita bio izložen nekom obliku korupcije je itekako razlog za brigu. Ovom problemu je potrebno

posvetiti posebnu pažnju u svim segmentima našeg društva, a očigledno i u oblasti saobraćaja jer dobijeni rezultati govore da "bolest" modernog doba nije zaobišla ni ovu oblast.

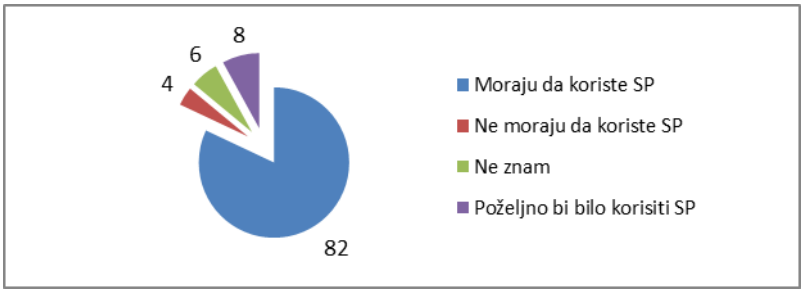
Sledeća tri pitanja odnosila su se na provjeru stečenog znanja iz bezbjednosti saobraćaja. U skladu sa tim na pitanje "*Pri kojim brzinama je upotreba sigurnosnog pojasa tokom vožnje najefikasnija?*", 15 ispitanika se uopšte nije izjasnilo, njih 10 smatra da je to do 40km/h, 47 je reklo da je to od 40 - 80 km/h, a 38 smatra da je to pri brzinama preko 100 km/h (Slika 7.). Dobijeni rezultati ukazuju da nažalost većina mladih vozača (38%) smatra da im sigurnosni pojas nije potreban prilikom vožnje "malim" brzinama (do 80 km/h), iako je sigurnosni pojas upravo najefikasniji pri ovim po njima "malim" brzinama, dok sa povećanjem brzine preko 80 km/h, njegova efikasnost opada.



Slika 7. Pri kojim brzinama je upotreba sigurnosnog pojasa tokom vožnje najefikasnija?

Dakle, kada se uzmu u obzir i oni ispitanici koji su rekli da ne znaju odgovor na ovo pitanje (njih 15), dobija se da preko 50% anketiranih nema odgovarajuće znanje iz bezbjednosti saobraćaja. Ovaj rezultat je u suprotnosti sa dobijenim visokim ocjenama koje se odnose na teoretsku i praktičnu obuku, tj. rad predavača teoretske nastave i instruktora vožnje, njihovu kompetenciju, znanje i stručnost.

Osmo pitanje glasilo je "Da li putnici na zadnjem sjedištu moraju da koriste sigurnosni pojas?", a na ovo pitanje anketirani učesnici odgovorili su na sledeći način: 82 ispitanika je odgovorilo potvrdno, 4 je reklo da u tom slučaju ne moraju koristiti, 6 ispitanika nisu dali odgovor, a 8 ispitanika smatra da bi bilo poželjno da koriste sigrnosni pojas kada se voze u svojstvu putnika pozadi (Slika 8.).

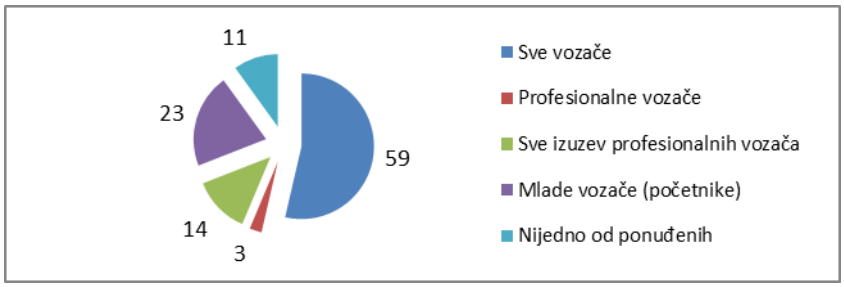


Slika 8. Da li putnici na zadnjem sjedištu moraju da koriste sigurnosni pojas?

Iz dobijenih rezultata vidi se da mladi vozači u ogromnoj većini (82%) znaju da je upotreba sigurnosnog pojasa tokom vožnje pozadi obavezna prema Zakonu o osnovama bezbjednosti saobraćaja u Republici Srpskoj (BIH). Međutim i pored toga prema zvaničnim podacima za Republiku Srpsku, u 2016. godini stepen upotrebe sigurnosnog pojasa tokom vožnje pozadi u putničkom automobilu koristilo je svega 8% (http://www.ams-rs.com/novosti/novosti/item/279-istrazivanje-ams-rs-stepen-upotrebe-bezbjednosnog-pojasa-u-2017-godini-u-srpskoj-kod-vozaca-i-suvozaca-povecan-za-13-odstoAMSRS, 30.08.2017.),

za razliku od zemalja zapadne Evrope koje odavno upravljaju bezbjednošću saobraćaja, gdje ovaj procenat dostiže 60-70% (IRTAD, 2014)

Dobijeni odgovori na pitanje "Dozvoljena koncentracija alkohola 0,3g/kg važi za?" pokazali su sledeće: 59 ispitanika smatra da ova granica važi za sve vozače, 3% ispitanika je navelo da važi samo za profesionalne vozače, 14 anketiranih je reklo da važi za sve izuzev profesionalnih vozača, 23 se izjasnilo za mlade vozače (do 21 god ili sa tri godine vozačkog staža), a samo 11 ispitanika je navelo tačan odgovor (nijedan od ponuđenih odgovora).



Slika 9. Dozvoljena koncentracija alkohola 0,3g/kg važi za?

Nažalost, iako je alkohol na putevima širom svijeta i kod nas prepoznat kao jedan od glavnih uzroka ili faktora koji doprinose nastanku saobraćajnih nezgoda, dozvoljena koncentracija nivoa alkohola u krvi kod vozača u toku vožnje je i dalje velika nepoznanica za mlade vozače. Prema članu 174. Zakona o osnovama bezbjednosti saobraćaja:

(1) Vozač ne smije upravljati vozilom u saobraćaju na putu, niti početi upravljati vozilom ako je pod djelovanjem alkohola.

(2) Smatraće se da je pod djelovanjem alkohola lice za koje se analizom krvi ili krvi i urina ili drugom metodom mjerenja količine alkohola u organizmu utvrdi da količina alkohola u krvi iznosi više od 0,3 g/kg, ili ako je prisustvo alkohola u organizmu utvrđeno odgovarajućim sredstvima ili aparatima za mjerenje alkoholisanosti, što odgovara količinama većim od 0,3 g/kg, ili kod koga se, bez obzira na količinu alkohola u krvi, stručnim pregledom utvrdi da pokazuje znakove poremećenosti izazvane djelovanjem alkohola.

(3) Smatraće se da su pod djelovanjem alkohola lica za koja se analizom krvi ili krvi i urina ili drugom metodom mjerenja količine alkohola u organizmu utvrdi da količina alkohola u krvi iznosi više od 0,0 g/kg, ili ako je prisustvo alkohola u organizmu utvrđeno odgovarajućim sredstvima ili aparatima za mjerenje alkoholisanosti, što odgovara količinama većim od 0,0 g/kg, ili kod kojih se, bez obzira na količinu alkohola u krvi, stručnim pregledom utvrdi da pokazuju znakove poremećenosti izazvane djelovanjem alkohola:

1) vozač motornog vozila kategorije C, CE, D i DE i vozači potkategorije C1, C1E i D1 i D1E - za vrijeme upravljanja vozilom te kategorije;

2) vozač vozila kojim se vrši javni prevoz - za vrijeme obavljanja javnog prevoza tim vozilom;

3) vozač vozila kome je upravljanje vozilom osnovno zanimanje - za vrijeme upravljanja vozilom obavljajući poslove tog zanimanja;

4) instruktor vožnje za vrijeme osposobljavanja kandidata za vozača u praktičnom upravljanju vozilom;

5) kandidat za vozača za vrijeme obuke u praktičnom upravljanju vozilom;

6) vozač koji ima manje od 21 godine starosti ili manje od tri godine vozačkog iskustva.

(4) Smatraće se da je vozač počeo upravljati vozilom ako je pokrenuo vozilo sa mjesta.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Obuka u auto-školi treba da predstavlja dobro sistematizovan i planiran postupak koji budućim vozačima omogućava sticanje znanja, utemeljivanje stavova i ponašanja neophodnih za bezbjedno učešće u saobraćaju. Princip koji se koristi u razvijenim zemljama zasniva se na stavu da ne treba dozvoliti da lice koje nema namjeru da se u saobraćaju ponaša bezbjedno postane, ali i ostane vozač. Sistem obuke je od velikog značaja za stanje bezbjednosti saobraćaja u jednom društvu. Njegovo dejstvo je izrazito preventivnog karaktera što predstavlja postavljanje temelja za buduću izgradnju bezbjednog sistema saobraćaja u jednom društvu. Osnovni cilj preventivnog sistema obuke je stvaranje vozača sa razvijenom sviješću o saobraćaju kao sistemu koji jedino pravilno može funkcionisati ukoliko se posmatra iz ugla bezbjednosti.

Cilj ovog rada bio je da se kroz jedan kratki pilot anketni upitnik ispita kvalitet rada autoškola na području grada Prijedora. Rezultati rada pokazali su da najveći broj ispitanika ima pozitivno mišljenje o radu predavača teoretske nastave, instruktora vožnje i raspoloživoj literaturi u autoškolama.

Međutim, da trenutni nivo kvaliteta rada autoškola nije na tako zavidnom nivou govore dobijeni rezultati provjere stečenog znanja mladih vozača iz bezbjednosti saobraćaja. Preko 50% anketiranih ispitanika ne zna pri kojim brzinama je upotreba sigurnosnog pojasa najefikasnija (Marić i Milošević, 2012), približno 20% ne zna da li je obavezna upotreba sigurnosnog pojasa tokom vožnje pozadi u putničkom automobilu, a približno 90% anketiranih mladih vozača ne zna za koje vozače važi dozvoljena granica nivoa alkohola u krvi od 0,3 g/kg. Pored toga, poražavajuća je činjenica da je skoro svaki treći mladi vozač tokom obuke za polaganje vozačkog ispita bio izložen nekom vidu mita i korupcije od strane odgovornih lica u autoškolama. Postojanje bilo kog oblika korupcije prilikom polaganja vozačkog ispita svakako doprinosi proizvodnji negativnih posljedica, jer na taj način dobijaju se vozači sa pogrešnim stavovima, slabim znanjem iz bezbjednosti saobraćaja, nedovoljnom obukom tokom vožnje, ali i sa uvjerenjem da je učestvovanje u saobraćaju u svojstvu vozača jednostavno, jer su na veoma lak način dobili vozačku dozvolu. Pritom, oni su nesvjesni potencijalnih opasnosti u saobraćaju i činjenice da su ovakvim načinom dobijanja dozvole zapravo potencijalna opasnost na putu za sve učesnike u saobraćaju.

U ovom radu je samo "zagrebano" po površini kada je u pitanju kvalitet rada autoškola na području Republike Srpske, ali dobijeni rezultati ukazuju na postojanje problema na kome je potrebno raditi sistemski i neprestano. U budućem periodu potrebno je istraživanja usmjeriti prema: predavačima, instruktorima, kandidatima, sadržaju obuke u autoškolama, nadležnim organima za kontrolu…

U rješavanje ovog problema potrebno je da se uključe svi od državnog nivoa do lokalne zajednice, organi za kontrolu, obrazovne institucije, stručne organizacije, nevladina udruženja itd.

U skladu sa prethodno navedenim potrebno je što češće organizovati seminare za usavršavanje ispitivača, predavača i instruktora u autoškolama, održavati stručne radionice gdje bi se istakli problemi sa kojima se suočavaju odgovorni u autoškolama, sprovoditi

nezavisna istraživanja o kvalitetu rada autoškola čiji bi se rezultati objavljivali u javnosti, primjeniti primjere dobre prakse iz zemalja koje su u vrhu po pitanju nivoa bezbjednosti saobraćaja itd.

5. LITERATURA

Lipovac, K. (2008). Bezbednost saobraćaja, udžbenik, Službeni list, Beograd.

Marić, B. i G. Milošević., (2012). 'Istraživanje stavova vozača početnika o brzini kretanja vozila', Zbornik radova, Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, (str. 241-246), VII međunarodna konferencija, Donji Milanovac. ISBN 978-86-7020-215-3.

Milinić, B., Alvirović, M., Milinković, B., Kukić, D. i Milošević, J. (2016). Prvi rezultati istraživanja uticaja dopunske obuke vozača sa probnom vozačkom dozvolom na bezbednost saobraćaja. Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Knjiga 1, (str. 1-7), XI Međunarodna konferencija, Vrnjačka Banja. ISBN 978-86-7020-345-7.

Milošević, G., Marić, B. i Z. Nunić., (2011). Poboljšanje obuke kandidata kroz uticaj na razloge nepolaganja vozačkog ispita, Novi Horizonti saobraćaja i komunikacija 2011, (str. 189-197), III međunarodni naučni simpozijum, Doboj. ISBN 978-99955-36-28-2

Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srpske

Organisation for economic co-operation and development/ECMT, (2004). Young drivers: The Road to Safety - Summary Document.

Organisation for economic co-operation and development, (2006). Policy Brief - Young Drivers: The Road to Safety.

The International Traffic Safety Data and Analysis Group (IRTAD), (2014). Road Safety Annual Report, 2014.

Zakon o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini („Službeni glasnik BiH", br.06/06, 75/06, 44/07, 84/09, 48/10, 18/13 i 8/17).

http://www.ams-rs.com/novosti/novosti/item/279-istrazivanje-ams-rs-stepen-upotrebe-bezbjednosnog-pojasa-u-2017-godini-u-srpskoj-kod-vozaca-i-suvozaca-povecan-za-13-odstoAMSRS, pristupljeno 30.08.2017.

http://www.mup.vladars.net/index.php?vijest=informisanje_javnosti&vrsta=statistike, pristupljeno 28.9.2017.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

OPTIMIZACIJA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA PUMPE VISOKOG PRITISKA POGONSKOG MOTORA VOZILA*

OPTIMIZATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF HIGH VOLUME PRESSURE PUMP VEHICLES

Ranko Božićković[a], Boris Antić[b], Vojislav Krstić[c], Dalibor Pešić[b], Božidar Krstić[d]

[a] *Saobraćajni fakultet u Doboju, BiH, bozickovicranko@gmail.com*

[b] *Saobraćajni fakultet u Beogradu, Srbija, b.antica@sf.bg.ac.rs, d.pešića@sf.bg.ac.rs*

[c] *Student doktorskih studija Saobraćajnog fakulteta u Beogradu, Srbija, mpeeric@gmail.com*

[d] *Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu , Srbija, bkrstic@kg.ac.rs*

***Apstrakt**: Osnovni cilj primene tehnologija preventivnih održavanja vozila je elimiisati ili smanjiti na najmanju moguću meru mogućnost pojave otkaza tokom njegovog korišćenja. Od pravovremenosti sprovođenja ovih postupaka, u velikoj meri zavisi pouzdanost, a samim tim i vek trajanja, gotovost, bezbednost korišćenja, ekonomičnost, kao i ukupna efektivnost vozila. To je osnovni razlog što se problematici određivanja trenutka sprovođenja postupaka preventivnih održavanja poklanja posebna pažnja. U radu je pažnja posvećena određivanju optimalnog vremena preventivnih zamena delova vozila uz obezbeđenje minimalnih troškova i maksimalno moguće pouzdanosti. Matematički model određivanja optimalnog vremena, posle koga je neophodno sprovesti preventivne zamene delove vozila, sa ciljem postizanja minimalnih troškova i maksimalno moguće pouzdanosti, a samim tim i bezbednosti korišćenja vozila, primnjen je na konkretnu grupu vozila, čije je ponašanje, sa aspekta pojave neispravnosti, praćeno u realnim uslovima eksploatacije.*

***Ključne riječi:** Optimizacija, preventivno održavanje, pumpa visokog pritiska*

***Abstract**: Basic target for application of preventive vehicle maintenance technology is to eliminate or reduce the defects at its lowest level during thr exploitation period. Procedures of the preventive vehicle maintenance technologies are carried out on the basis of maintenance plan including the presented moments of their performing. To a great extent the reliability and also life, readiness, economy as well as the whole vehicle efficiencu depend on these timely procedures performing. It is basic reason why the problems regarding determination of moments for carrying out the preventive maintenance are specially paid attention. Mathematical model for optimal time determination, after which performing of preventive vehicle parts replacement is necessary, with aim to reach minimal costs and maximally possible reliability, as well as safety of the vehicle use, has been applied on a concrete vehicle group, which behavior was studied in real exploitation condition from the aspect of defects appearing.*

***Key words:** Optimization, preventive maintenance, high pressure pump*

1. UVOD

Određivanje optimalne periodičnosti preventivnog održavanja nije svrsishodno vršiti bez uzimanja u obzir troškova neiskorišćenog resursa delova koji se zamenjuju.

* ***Stručni rad***

Ekonomski je opravdano izvoditi planirane periodične zamene jedino kada troškovi izvođenja periodične zamene nisu veći od troškova neplaniranih zamena, koje se izvode pošto deo otkaže. Ovo znači da sprovođenje planiranih zamena je opravdano samo ako gubici neikorišćenog resursa nisu veći od gubitaka nastalih stajanjem vozila zbog otkaza delova koje treba zameniti.

Povećanjem planiranog vremena između dva uzastopna postupka preventivnih zamena delova vozila, troškovi neiskorišćenog resursa delova, koji se zamenjuju, umanjuju se, ali se verovatnoća otkaza, a samim tim i verovatnoća gubitaka, zbog stajanja vozila smanjuju.

Da bi se odredila veličina gubitaka usled neiskorišćenja delova vozila neophodno je odrediti parametre pouzdanosti delova vozila koji se zamenjuju.

Samo jedno rešenje strategije održavanja, za dati tehnički sistem, i date uslove korišćenja, je optimalno. U tom slučaju se postižu najpovoljnije vrednosti gotovosti, pouzdanosti, minimalni troškovi korišćenja i održavanja, a samim tim i smanjenje ukupnih troškova životnog ciklusa. Zadatak optimizacije sistema održavanja analiziranog tehničkog sistema sastoji se u traženju tog optimuma. Ovaj rad upravo ima taj cilj.

Optimizaciju sistema održavanja analiziranog tehničkog sistema treba shvatiti kao traženje kompromisnog rešenja koje će biti najprihvatljivije pri njegovom održavanju. Optimizaciju sistema održavanja, primenom modela preventivnog održavanja, najčešće se svodi na traženje odgovora na pitanje da li je korisno primeniti preventivno održavanje, i ako jeste, odrediti posle koliko vremena rada treba primeniti postupke preventivnog održavanja.

Cilj rada je iznalaženje metodologije određivanja najprihvatljivijeg modela održavanja analiziranpog tehničkog sistema. Vrednosti vremena rada do pojave otkaza, pogonskog motora F4l413FR, koji se ugrađuje u vozilo posebne namene, a do kojih se došlo praćenjem u eksploataciji, date su u tabeli 1. Procenjene vrednosti pokazatelja pouzdanosti motora, do kojih se došlo na osnovu podataka iz eksploatacije (tabela 1), određene su primenom poznate metodologije i prikazane u tabeli 2. U radu su prikazani rezultati određivanja parametara pouzdanosti pogonskog motora F4l413FR. Do tih rezultata se došlo rešavanjem sledećih zadataka: procena pokazatelja pouzdanosti, određivanje teorijskog modela raspodele, testiranje dobijenog modela raspodele.

Optimalna vrednost vremena između uzastopnih planiranih zamena nalazi se iz uslova obezbenja minimalnih ukupnih troškova održavanja pumpe visokog pritiska pogonskog motora. Cilj ovog rada je upravo utvrđivanje optimalnog trenutka, kada je neophodno sprovesti zamenu pumpe visokog pritiska. Kao kriterijum uzimaju se troškovi održavanja i korišćenja, kao i njegova pouzdanost i pouzdanost pogonskog motora u celini.

Rešavanju ovog zadatka pristupilo se na osnovu dugotrajnog praćenja vozila, u realnim uslovima eksploatacije, sa aspekta pojave otkaza i troškova održavanja pogonskog motora.

2. METODE

Radi određivanja veličine gubitaka usled neiskorišćenja delova koji se zamenjuju na vozilu, neophodno je odrediti parametre njihove pouzdanosti.

Metodologija određivanja parametara pouzdanosti je dobro poznata, pa čak i standardizovana. Ona se zasniva na poznavanju parametara statističkog skupa i grafika

procenjenih vrednosti intenziteta otkaza na osnovu kojih se određuje model teorijske raspodele pouzdanosti.

Pošto je broj delova, koji ulaze u sastav vozila veliki, u ovom radu prikazaće se metodologija određivanja parametara pouzdanosti pumpe visokog pritiska.

Primenom metode analize stabla otkaza *(FTA)* i analize načina, posledica i kritičnosti otkaza *(FMECA)*. utvrđuju se mogući razlozi pojave otkaza pumpe visokog pritiska tokom eksploatacije vozila, kao i kritičnosti njegovih sastavnih delova, sa aspekta pouzdanosti.

Eksploataciona ispitivanja pogonskog motora F4l413FR pokazala su da je kritična komponenta, sa aspekta pouzdanosti u ovom sklopu pumpe visokog pritiska. To je razlog što se ovom delu analiziranog motora, u radu, posvećuje posebna pažnja.

Ispitivanja su izvršena na pumpi visokog pritiska koja se ugrađuje u pogonskog motora F4l413FR. U ovom periodu došlo je do 33 otkaza pumpe visokog pritiska. Na osnovu podataka o pojavi otkaza na analiziranom pogonskom motoru došlo se do zaključka da najveći broj njegovih otkaza nastaje usled otkaza pumpe visokog pritiska. Od ukupno 33 otkaza pogonskom motoru, 25 nastaje zbog otkaza njegove pumpe visokog pritiska.

Rezultati statističke obrade podataka o pojavi otkaza pumpe visokog pritiska su: srednja vrednost broja pređenih kilometara do pojave otkaza 176290 *km*, standardna devijacija 9164 *km* i medijana 169580 *km*.

U tabeli 1 prikazane su procenjene vrednosti pokazatelja pouzdanosti pumpe visokog pritiska za devet intervala (*i*), širine 100 *h* časova rada (*Ti*).

Na osnovu odstupanja vrednosti teorijske raspodele od procenjenih vrednosti na osnovu podataka iz eksploatacije došlo se do zaključka da je Vejbulova dvoparametarska raspodela sa parametrom oblika 1,842 i parametrom razmere 193220 km najprihvatljivija za analizirani uzorak.

Primenjujući poznatu metodologiju odredjivanja zakona raspodele pouzdanosti, a na osnovu odstupanja vrednosti teorijske raspodele od rezultata procenjenih vrednosti, na osnovu podataka iz eksploatacije došlo se do zaključka da je Vejbulova dvoparametarska raspodela pouzdanosti najprihvatljiviji model za analiziranu pumpu visokog pritiska.

Prihvatajući ovaj zakon raspodele pouzdanosti mogu se napisati izrazi za određivanje funkcije pouzdanosti (*R*), funkcije raspodele otkaza (*f*) i funkcije intenziteta otkaza (λ) u obliku:

$$R(L) = e^{-(\frac{L}{19322})^{1,842}} \tag{1}$$

$$f(L) = 2{,}346 \cdot 10^{-8} \cdot L^{0,842} \cdot e^{-(\frac{L}{19322})^{1,842}} \tag{2}$$

$$\lambda(L) = 2{,}346 \cdot 10^{-8} \cdot L^{0,842} \tag{3}$$

Tabela 1. Vrednosti vremena rada do pojave otkaza pumpe visokog pritiska

Redni broj otkaza *i*	Predjeni put do otkaza *(km)*	Vreme rada do otkaza *(h)*	Redni broj otkaza *i*	Predjeni put do otkaza *(km)*	Vreme rada do otkaza *(h)*	Redni broj otkaza *i*	Predjeni put do otkaza *(km)*	Vreme rada do otkaza *(h)*
1	55210	512	12	128560	1262	23	713670	7379
2	63980	800	13	178570	1262	24	815790	8386
3	69960	1000	14	179630	1265	25	916360	9388
4	72230	1070	15	179760	1266	26	1017770	1093
5	72960	1100	16	281960	2273	27	1018640	1195
6	83950	1470	17	282960	2277	28	1018760	1196
7	89760	1660	18	283520	2278	29	1019730	1199
8	997610	1920	19	384690	2282	30	1019970	1206
9	97630	1920	20	484720	2282	31	1021360	1225
10	98360	1950	21	487630	2292	32	1023510	1228
11	98760	1960	22	587930	2293	33	1023950	1273

Tabela 2. Procenjene vrednosti pokazatelja pouzdanosti pumpe visokog pritiska

Redni broj *(i)*	Vreme *Time* (t_i)	Broj otkaza $n(t_i)$	Frekfrencija pojave otkaza $f(t_i)$	Pouzdanost $R(t_i)$	Nepouzdanost $F(t_i)$	Intenzitet otkaza $\lambda_{(t_i)}$
1	500	6	0,00522	0,9478	0,0522	0,00522
2	600	22	0,01911	0,7565	0,2435	0,02022
3	700	25	0,02171	0,5391	0,4609	0,02871
4	800	19	0,01652	0,3739	0,6261	0,03072
5	900	15	0,01301	0,2435	0,7565	0,03491
6	1100	15	0,01301	0,1131	0,8869	0,05362
7	1200	7	0,00609	0,0522	0,9478	0,05381
8	1300	3	0.00261	0,0261	0,9739	0,05001
9	1400	3	0,00261	0,0173	0,9826	0,10001

Pitanje određivanja optimalne periodičnosti preventivnih zamena delova vozila je kompleksno i izuzetno važno sa aspekta ukupne efektivnosti korišćenja motornih vozila.

Odgovor na prethodno pitanje nemoguće je dati bez uzimanja u obzir troškova neiskorišćenog resursa delova koji se zamenjuju.

Potpuno iskorišćenje resursa dela moguće je samo kada se on koristi do otkaza. U tom slučaju, srednje vreme bezotkaznog rada, odnosno srednja vrednost broja pređenih kilometara do pojave otkaza, jednako je radnom veku ovog dela.

Troškovi periodične zamene dela, bez uzimanja u obzir troškova koji nastaju usled stajanja vozila zbog zamene, mogu se izraziti u obliku :

$$C_p = C_e + C_r + C_{nr} \tag{4}$$

Primena izraza (4) je moguća ako se zamena vrši u neradno vreme. Troškovi obavljanja zamene dela, kada se zamena vrši nakon pojave njegovog otkaza mogu se izraziti u obliku :

$$C_o = C_e + C_r + C_{se} \tag{5}$$

Ekonomski je opravdano izvoditi periodične planirane zamene jedino kada su troškovi periodične zamene (*Cp*) ne veći od troškova neplaniranih zamena (*Co*). Ova činjenica upućuje na zaključak da je planirana zamena opravdana jedino ako troškovi neiskorišćenog resursa (C_{NR}) nisu veći od troškova nastalih stajanjem dela zbog otkaza (*Cse*), što se može napisati u obliku : $C_{nr} \le C_{se}$

Troškovi usled stajanja vozila zbog otkaza analiziranog dela mogu se predstaviti u obliku :

$$C_{se} = c_{se} \cdot l \cdot (1 - R(L) \tag{6}$$

Povećanjem planiranog broja pređenih kilometara između dve uzastopne zamene dela (*Lp*), troškovi njegovog neiskorišćenog resursa umanjuju se ali se verovatnoća otkaza (a samim tim i verovatnoća gubitaka zbog stajanja vozila usled iznenadne pojave otkaza) uvećava.

Zadatak nalaženja optimalnog broja pređenih kilometara između dve uzastopne zamene svodi se na nalaženje minimalne vrednosti zbira dveju funkcija: rastuće *Cse(Lp)* i opadajuće *Cnr(Lp)*, (Slika 1), što se može predstaviti u sledećem obliku :

$$C_{nr}(L_p) + C_{se}(L_p) \to \min. \tag{7}$$

Ako do otkaza ne dođe tokom *(Lp)* pređenih kilometara propisanog resursa, onda nema gubitaka zbog stajanja. U intervalu *(o, Lp)* deo je radio i bio iskorišćen. Posle *Lp* pređenih kilometara deo je zamenjen, kada je mogao još da se koristi. Znači Ukupna površina ispod krive pouzdanosti *R(L)* može se predstaviti kao zbir površine zone iskorišćenog resursa (Z_{IR}) i površine zone neiskorišćenog resursa (Z_{NR}), a može se izraziti u obliku :

$$Z = Z_{ir} + Z_{nr} = \int_0^{\infty} R(L)dL = M(L) = L_o \tag{8}$$

U proizvoljnom momentu vremena cena neiskorišćenog resursa dela, koji se zamenjuje, određuje se iz jednakosti sledećih odnosa :

$$\frac{C_{nr}}{Z_{nr}} = \frac{C_e + C_r}{Z_{ir} + Z_{nr}} \tag{9}$$

Površina Z_{NR}, koja karakteriše neiskorišćeni resurs dela za $L = Lp$ može se izraziti u obliku :

$$Z_{nr} = Z - Z_{ir} = \int_0^{\infty} R(L)dL - \int_0^{L_p} R(L)dL = L_0 - \int_0^{L_p} R(L)dL \tag{10}$$

Korišćenjem jednačina (7) i (8) može se napisati izraz :

$$C_{nr}(L_p) = (C_e + C_r) \cdot \frac{L_0 - \int_0^{L_p} R(L)dL}{L_0} \tag{11}$$

interval *(Lp,oo)* je interval neiskorišćenog resursa.

Zamena izraza (11) u (7) i posle traženja ekstremne vrednosti tako dobijene funkcije cilja dobija se izraz u obliku :

$$\frac{R(L_p)}{f(L_p)} = \frac{c_{se} \cdot l \cdot L_0}{C_e + C_r} \tag{12}$$

Vrednost *Lp*,dobijena korišćenjem izraza (12), predstavlja optimalan broj pređenih kilometara između dve uzastopne planirane preventivne zamene. Ovako određeni period (*Lp*) obezbeđuje minimalne ukupne troškove održavanja analiziranog dela.

Ukoliko je L_p=L_o, preventivne zamene ne donose pozitivne efekte. Ovo je slučaj kada je veličina cene dela koji se zamenjuje visoka, a pogodnost njegove zamene je takodje velika.

Ne treba izgubiti iz vida da u slučaju eksponencijalne raspodele otkaza nije moguće odrediti minimum kriterijumske funkcije (7), što znači da je necelishodno obavljati preventivne zamene delova čija se pouzdanost pokorava eksponencijalnom zakonu raspodele.

Periodičnost preventivne zamene pumpe visokog pritiska, na osnovu prethodno izložene metodologije, određuje se iz uslova nalaženja minimalne vrednosti zbira funkcije cene neiskorišćenog resursa i cene stajanja vozila zbog otkaza pumpe visokog pritiska. Iz tog uslova, i uz korišćenje podataka o troškovima i zavisnostima kojima su izraženi parametri pouzdanosti (izraz 1,2,3), dobijenim na osnovu podataka iz eksploatacije, dobija se izraz:

$$\frac{1-[1-e^{-(\frac{L}{19322})^{1,842}}}{2{,}346 \cdot 10^{-8} \cdot L^{0,842} \cdot e^{-(\frac{L}{19322})^{1,842}}} = 171610 \tag{13}$$

U prethodnom delu rada korišćene su sledeće oznake: L - broj pređenih kilometara, Lo - srednji broj pređenih kilometara do pojave otkaza, Lp - planiran broj pređenih kilometara između dve uzastopne zamene dela vozila, l - broj pređenih kilometar koji bi vozilo prešlo da nije došlo do njegovog stajanja, R – pouzdanost, f - frekvencija pojave otkaza, λ - intenzitet otkaza, Cp- troškovi periodične zamene dela, Ce - cena dela, Cr - troškovi izgradnje starog i ugradnje novog dela, C_{NR} - cena neiskorišćenih resursa dela, Cse - troškovi stajanja vozila kada se zamena vrši nakon pojave otkaza dela koji je izazvao stajanje vozila, Z_{IR} - zona iskorišćenog resursa, Z_{NR} - zona neiskorišćenog resursa

3. REZULTATI

Na osnovu izraza (1,2,3) može se odrediti optimalna vrednost broja pređenih kilometara vozilom (*L*), posle kojih treba obavljati periodično preventivne preglede, preventivne zamene ili generalnu reviziju, kao i optimalno obezbeđenje zaliha rezervnih delova pumpe visokog pritiska.

Srednji broj pređenih kilometara bezotkaznog rada pumpe visokog pritiska ima vrednost 176290 *km*.

Korišćenjem izraza navedenih u prethodnom delu rada (od 1 do 13) dolazi se do optimalne vrednosti broja pređenih kilometara između dve uzastopne preventivne zamene pumpe visokog pritiska, pri čemu se ostvaruju minimalni ukupni troškovi održavanja, u iznosu Lp = 169500 km.

Kako je izračunata vrednost broja pređenih kilometara do prvog otkaza (Lo = 176290 km), do koga se došlo na osnovu podataka iz eksploatacije konkretnog pogonskog motora – pumpe visokog pritiska, veća od vrednosti broj pređenih kilometara bezotkaznog rada pumpe visokog pritiska (176290 *km),* može se zaključiti da je opravdano sprovođenje periodičnih zamena delova pumpe visokog pritiska.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu opsežnih istraživanja pouzdanosti vozila, u realnim uslovima eksploatacije, sa aspekta pojave neispravnosti njegovog pogonskog motora, utvrđeno je da najveći broj otkaza ovog sklopa nastaje zbog otkaza pumpe visokog pritiska. Iz tog razloga ovom delu treba posvetiti posebnu pažnju, sa aspekta konstrukcije, proizvodnje i održavanja.

Sa aspekta održavanja utvrđeno je da posle svakih 169500 km pređenog puta treba sprovoditi periodične preventivne zamene delova pumpe visokog pritiska, ukoliko se žele postići minimalni troškovi održavanja.

5. LITERATURA

British Standard 5760, Part 2 (1981), Guide to the assessment of reliability, Reliability of systems equipments and components, BSI, London

Krstić B. (1997): Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac

Krstić B.(2009):Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac

Platonov G.N. (1971) :K voprosu opredelenija nephodimosti i optimalnoj periodičnosti profi-laktičestkih remontiv, nadležnost i kontrol kačestva, 2, 1971, str 35-40.

Vukadinović S. (1981): Elemeni teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

UPOREDNA ANALIZA TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA STANICA ZA SNABDIJEVANJE GORIVOM NA PROSTORU OPŠTINE TESLIĆ*

COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF FILLING STATIONS IN THE MUNICIPALITY OF TESLIC

Dejan Simić[a], Marko Subotić[a], Edis Softić[b], Veljko Radičević[c]

[a] *Saobraćajni fakultet, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, BiH, simicdejantdk@gmail.com, msubota@gmail.com*

[b] *Tehnički fakultet, Dr. Irfana Ljubijankića, 77000 Bihać, BiH, edis.softic@bih.net.ba*

[c] *Gradska uprava Niš, 7. juli 2, 18000 Niš, Srbija, ve|jkoradi@gma i|. com*

***Apstrakt**: Stanice za snabdijevanje gorivom (SSG), ili popularno nazvane benzinske stanice, su namjenski izgrađeni saobraćajni terminali, čiji je osnovni cilj pružanje usluga učesnicima u saobraćaju. Rad obuhvata istraživanje SSG-a na prostoru opštine Teslić, koje su skoncentrisane u gradu Tesliću. Osnovni cilj jeste definisati tehničke karakteristike SSG-a, te na osnovu toga prikupiti podatke vezane za te karakteristike i izvršiti njihovo upoređivanje. Istraživanje obuhvata vremenski period od 22.10.2015. godine do 09.02.2016. godine. Primijenjene metode su metoda ankete i metoda komparacije. Tehničke karakteristike predstavljaju funkcionalne osobine, koje direktno utiču na način rada jednog sistema. Sve te osobine trebaju biti prilagođene propisima, što ima za cilj realizovati bezbjedan rad SSG-a i bezbjedno kretanje motornih vozila i ljudi na saobraćajnoj površini SSG-a. Prikupljeni podaci i njihova analiza pokazuju značajna odstupanja određenih parametara od njihovih definisanih vrijednosti. Kao rezultat toga javlja se mogućnost nastanka negativnih pojava u saobraćaju. Primjena kontra mjera nije moguća u svim slučajevima. Važan aspekat u ovom istraživanju jeste posmatrati SSG kao sastavni i neodvojivi dio saobraćajnog sistema.*

***Ključne riječi:** benzinska pumpa, tehnologija, kapacitet stanice*

***Abstract**: The filling station (FS), or popularly called petrol stations, are purpose-built traffic terminals, whose main goal is the provision of traffic participants. The work includes research of FS in the municipality of Teslić, which are concentrated in the town of Teslic. The main goal is to define the technical characteristics of the FS and on this basis to collect data related to these characteristics and make their comparison. The study covers the period from 22.10.2015. until 09.02.2016. Applied methods are methods of survey and method of comparisons. Technical characteristics represent functional properties, which directly affect the operating mode of a system. All these features are to be adapted to the regulations, which aims to implement safe work of FS and safe movement of vehicles and people on a road surface of FS. The collected data and their analysis showed significant deviation of certain parameters from their nominal defined values. As a result, we have the possibility of negative phenomena in traffic. Applying a countermeasure is not possible in all cases. An important aspect of this research is to take FS as an integral and inseparable part of the traffic system.*

***Key words:** gas station, technology, station capacity*

* ***Originalni naučni rad***

1. UVOD

Stanica za snabdjevanje gorivom (SSG) je prateći objekat, koji se nalazi pored saobraćajnice, čija je osnovna djelatnost snabdjevanje motornih vozila pogonskim gorivom. U osnovi je potrebno napraviti razliku između benzinske pumpe i stanice za snabdjevanje gorivom (benzinske stanice).

Kada se govori o benzinskoj pumpi, podrazumeva se da se na njoj obavlja samo jedna glavna djelatnost - točenje goriva. Uz to su benzinske pumpe u poređenju s benzinskim stanicama manje. Benzinska stanica korisnicima (vozačima) pruža više usluga od samog točenja goriva. U okviru SSG nalaze se elementi osnovne i prateće djelatnosti. Prateće djelatnosti su djelatnosti koje SSG nudi korisnicima uz svoju osnovnu djelatnost. Najčešće su to prodavnice s proširenim asortimanom, servisi za pranje automobila, bife i sl.

Na teritoriji opštine lociran je magistralni put (M-4). Kroz ruralno područje (od Pribinića do Teslića) na kvalitet putne mreže i kapacitet puta utiču brojni faktori, a pre svega kontrola pristupa i pristupnih tačaka. U datoj zoni puta prisutna su česta ukrštanja u čvorovima sa lokalnim putevima kao i sa pojedinim domaćinstvima. Pored ovog magistralnog putnog pravca u opštini su locirana i dva regionalna puta R-473 (Dragalovci-Teslić) i R-476a (Klupe-Ukrina). Sjeveroistično od teritorije opštine prolaze još dva regionalna puta R-474 (Gornja Vijaka-Dragalovci i dijelom na teritoriji Opštine regionalni put R-474a (Dragalovci – Stanari). Na teritoriji Opštine, zastupljena je relativno loša razvijenost mreže lokalnih puteva, jer je mali obim (broj i dužina) formiranih puteva lokalne mreže u odnosu na veličinu teritorije i razmještaju naselja na njoj.

Prije 1991. godine na prostoru opštine Teslić, postojale su dve stanice za snabdjevanjem gorivom, koje su bile u vlasništvu Energopetrola (sada Nestro). Nakon 1996. godine dolazi do povećanja broja registrovanih vozila, a samim tim i povećava se PGDS, te se javlja potreba za novim stanicama. Novoizgrađene stanice su u privatnom vlasništvu, što je za poslijeratno vrijeme u BiH bio novitet.

Danas na prostoru opštine Teslić postoji šest stanica za snabdjevanjem gorivom, koje su skoncentrisane ili u centralnim ili perifernim djelovima Teslića. S obzirom na trenutnu ekonomsku stagnaciju u zemlji i usljed nedostatka finansijske sigurnosti građanja, ne javljaju se potrebe za novim stanicama. Postoje planovi da se u budućnosti regionalni put R-473, transformiše u magistralni put i tako se stvori putna veza između Teslića i Zenice, te bi se tako javila potreba za novim stanicama za snabdjevanje gorivom na području oštine Teslić.

Osnovni cilj ovog rada predstavlja komparativno poređenje tehničko-eksploatacionih karakteristika SSG na području Teslića, čime bi se dobili adekvatni pokazatelji na osnovu kojih bi se utvrdili minimalni standardi potrebne opreme u lokalnim uslovima. Analizom ovih karakteristika, moguće je dobiti adekvatne pokazatelje neophodne za normalno funkcionisanje SSG.

2. METODE

Potrebne površine za obavljanje pojedinačne djelatnosti SSG-a u načelu se dimenzionišu s obzirom na (Subotić, M., i dr., 2017.):

- očekivani prosečni godišnji dnevni saobraćaj (PGDS) na kraju planskog perioda,
- udaljenost od sledeće stanice,

- vrste i turističke atraktivnosti pratećeg objekta na kojem se nalazi stanica (ako je stanica samostalni objekat, ovaj kriterijum se ne uzima u obzir).

Projektovanje SSG-a podleže zakonskim propisima i opštim pravilima saobraćajne tehnike. Organizacija saobraćaja na stanici zasniva se na proveri sa dva stanovišta:

- *sa stanovišta javne saobraćajnice* – važno je da lokacija stanice ispuni uslove koji se odnose na preglednost, vidljivost i protočnost, uslove koji se odnose na dimenzionisanje saobraćajnih površina za priključivanje i odvajanje,
- *sa stanovišta pružanja kvalitetne usluge* - na stanici je važno da se postigne što je moguće veća protočnost, to jest minimalno zadržavanje u zoni za snabdjevanje.

Predmet istraživanja ovog rada odnosi se na referentno dobijene podatke, koji će na pravi način predstaviti rad i funkcionisanje jedne stanice za snabdjevanje gorivom (SSG). Cilj istraživanja je definisati tehničke karakteristike, a zatim izvršiti njihovu uporednu analizu na bazi komparacije. Komparacija se odnosi na uporedni pregled lokacije, uređaja za točenje goriva i njihovih karakteristika, kapaciteta, tehnologije rada i sl.

3. REZULTATI

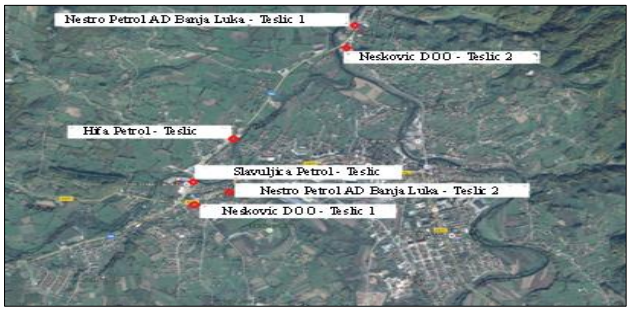
Ocjena **lokacije stanice** može biti povoljna, zadovoljavajuća i nepovoljna. Ona je definisana na osnovu četiri uticajna faktora subjektivnim posmatranjem (Subotić, M., i dr., 2017.):

- Uticaj glavne saobraćajnice,
- Uticaj priključnih puteva,
- Uticaj urbane sredine ili naselja,
- Uticaj najbliže (najbližih) SSG.

Tabela 1. Ocjena lokacije SSG

Naziv SSG	Ocjena lokacije
Nestro 1	POVOLjNA
Nestro 2	NEPOVOLjNA
Nešković 1	ZADOVOLjAVAJUĆA
Nešković 2	NEPOVOLjAN
Hifa	ZADOVOLjAVAJUĆA
Slavuljica	ZADOVOLjAVAJUĆA

Lokacije SSG su uglavnom u zoni magistralnog puta, sa ciljem privlačenja većeg broja korisnika stanica.



Slika 1. Dispozicija SSG na teritoriji Teslića

Sa aspekta **pristupa**, sve stanice imaju paralelni pristup, osim stanice Nešković 2 koja ima obostrani pristup. Širina saobraćajnih traka kreće se od 2,5 - 4,5 metara. (www.neskovicosiguranje.com, 11.03.2017)

Tabela 2. Broj saobraćajnih traka i dozvoljena visina motornih vozila

Naziv SSG	Saobraćajne trake Broj traka	Dozvoljena visina
Nestro 1	2	4,5 m
Nestro 2	2	4,5 m
Nešković 1	2	4,2 m
Nešković 2	4	4,5 m
Hifa	2	4,5 m
Slavuljica	2	4,5 m

U narednoj tabeli napravljen je uporedni prikaz količine, marke i tipa uređaja za snabdjevanje gorivom.

Tabela 3. Proizvođači uređaja za točenje goriva i njihov količinski broj (http://www.scheidt-bachmann-tubs.hr, 11.03.2017, https://wayne.com, 19.03.2017)

Naziv SSG	Uređaj za točenje goriva proizvođač	tip	kol.
Nestro 1	Scheidt Bachmann Tubs	MZ 6104-H	2
Nestro 2	Scheidt Bachmann Tubs	MZ 6104-H	2
Nešković 1	Wayne Dresser	587/8-H	4
Nešković 2	Wayne Dresser	587/8-H	4
Hifa	Wayne Dresser	587	2
Slavuljica	Shwelm		4

Obzirom da su dva najzastupljenija uređaja za snabdjevanje gorivom proizvođača Scheidt Bachmann i Wayne Dresser (http://www.scheidt-bachmann-tubs.hr, 11.03.2017, https://wayne.com, 19.03.2017), jako je važno navesti njihove tehničko-eksploatacione karakteristike.

Tabela 4. Osnovne karakteristike uređaja za točenje goriva (http://www.scheidt-bachmann-tubs.hr, 11.03.2017, https://wayne.com, 19.03.2017)

Osnovne karakteristike	Proizvođači Scheidt Bachmann MZ 6104-H	Wayne Dresser 587/8-H	587
Kapacitet *Q*max (L/min)	75	50	
Kapacitet *Q*min (L/min)	2	5	
Najmanja dozvoljena zapremina mjerenja Vmin (L)	2	2	
Tip volumetra	KM O	2PM6	
Referentni uslovi za temperaturu okoline	+ 20°C	+ 20°C	
Referentni uslovi za temperaturu tečnih goriva	+ 15°C	+ 20°C	
Radni uslovi za temperaturu okoline	- 40°C do + 60°C	- 20°C do + 40°C	
Radni uslovi za temperaturu tečnih goriva	- 20°C do + 50°C	-20°C do + 50°C	

Tehničko-eksploatacione karakteristike datih uređaja su prilagođene klimatskim i tehničkim uslovima eksploatacije SSG u našim standardnim uslovima eksploatacije. U narednoj tabeli navedene su tehničke karakteristike volumetra za oba proizvođača.

Tabela 5. Karakteristike volumetara (protočno mjerilo zapremine tečnosti)

Tip volumetra	Priključak *DN* (mm)	Jed. zapre. *V*c (L)	*Q*min (L/min)	*Q*max (L/min)	*p*max (bar)	*V*min (L)
KM 0	30	0,50	2	75	4	2
2PM6	25	0,47	5	50	2,5	2

Podaci vezani za prosečan broj korisnika smatraju se samo kao ***orijentacione vrijednosti***, a ne kao relevantni podaci, jer je njihovo precizno utvrđivanje komplikovano (povjerljivi podaci preduzeća, birokratske procedure i nepostojanje softvera za brojanje korisnika). Stanica sa najvećim **kapacitetom** (prema nezvaničnim podacima), odnosno sa najvećim prosječnim brojem korisnika je stanica Nestro 2. Ovećanje kapaciteta opravdano je pozicijom u saobraćajnoj mreži, sistemom povoljnosti i navika korisnika. S aspekta **tehnologije rada**, sve stanice rade u kombinovanom sistemu, koji je i pored svojih nedostataka optimalan u okruženju gdje se stanice nalaze. Radno vrijeme kod svih stanica je isto, što znači da sve stanice rade 24 sata/dan. Broj zaposlenih kreće se od po 6 na stanicama Nestro 1, Nestro 2 i Nešković 2, stanica Nešković 1 i Hifa po 7 zaposlenih i Slavuljica sa 10 zaposlenih. (http://www.nestropetrol.com, 11.03.2017, www.neskovicosiguranje.com, 11.03.2017, www.hifapetrol.ba, 11.03.2017) U Tesliću, samo na dvije stanice postoje uređena **parking mjesta** a to su: Nešković 2 koji posjeduje 6 parking mjesta za putničke automobile i Hifa, koji posjeduje 5 parking mjesta za putničke automobile. U naredne dvije tabele daje se prikaz vrste goriva i vrste prateće djelatnosti koje su zastupljene po SSG-u.

Tabela 6. Vrste goriva na stanicama

Naziv SSG	Goriva BMB 95	BMB 98	DIZEL4	DIZEL 5	AP	LOŽ ULjE
Nestro 1	DA	DA	DA	DA	NE	NE
Nestro 2	DA	DA	DA	DA	NE	NE
Nešković 1	DA	DA	DA	DA	DA	NE
Nešković 2	DA	DA	DA	DA	NE	DA
Hifa	DA	NE	DA	DA	NE	DA
Slavuljica	DA	NE	DA	DA	DA	DA

Tabela 7. Prateće djelatnosti na stanicama

Prateće djelatnosti	SSG Nes 1	Nes 2	Neš1	Neš 2	Hifa	Slav
Trgovina	DA	DA	DA	DA	DA	DA
Prodaja plina za domaćinstva	DA	NE	NE	NE	NE	NE
Toalet	DA	DA	DA	DA	DA	DA
Kafe-bar	NE	NE	DA	DA	NE	NE
Automat za kafu	DA	DA	NE	DA	DA	NE
Automat za čaj	NE	NE	NE	NE	DA	NE
Wi-Fi internet	NE	NE	DA	DA	NE	NE
Auto - pranje	NE	NE	NE	NE	DA	NE
Auto - usisivač	NE	NE	NE	NE	DA	NE
Pumpa za pneumatike	DA	DA	DA	NE	DA	NE
AdBlue (kanister)	DA	DA	NE	NE	DA	NE

4. DISKUSIJA

Stanice Nestro 2 i Nešković 2 imaju nepovoljne lokacije. Kod prve, ulaz u stanicu u smjeru ka centru grada, ujedno je i ulaz u preduzeće „Nova Borja“. Ovakav prostorni raspored može da izazove stvaranje konfliktne situacije što treba izbjeći. Jedan od načina da se ovaj problem rješi je da, dotično preduzeće promjeni lokaciju ulaza. Stanica Nešković 2 ima dva bitna problema vezana za lokaciju, a to su: kao prvo, izgrađena je u raskrsnici što treba izbjegavati, kao drugo, udaljena je samo 280 metara od stanice Nestro 1, što za rezultat može da ima slabu konkurentnost na tržištu. U ovom slučaju nije moguće primjeniti kontra mjere. (http://www.nestropetrol.com, 11.03.2017, www.neskovicosiguranje.com, 11.03.2017, www.hifapetrol.ba, 11.03.2017). U narednoj tabeli navode se najbolje ocjenjene karakteristike SSG prema kriterijumima.

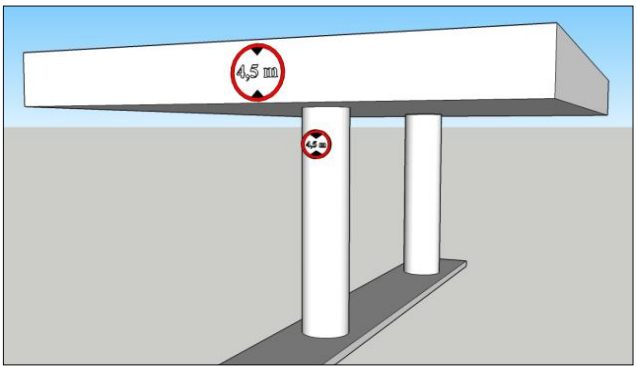
Tabela 8. Ocjena najboljih tehničkih karakteristika SSG

Tehničke karakteristike		SSG
Lokacija		Nestro 1
Saobraćajne trake		Nešković 2
Uređaj za točenje goriva	teh. karakt. količinski broj	Nestro Nešković i Slavuljica
PBK		Nestro 2
Tehnologija rada		Nestro i Nešković 2
Parking		Nešković 2 i Hifa
Djelatnosti		Hifa
Dizajn		Nestro i Hifa

Na osnovu analize rezultata istraživanja, evidentno je da je lokacija benzinskih pumpi Nestro 2 i Nešković 2 ocjenjena kao nepovoljna. Takođe, pristup pumpi Nešković 2 jedini ima 4 saobraćajne trake, dok kod ostalih pumpi unutrašnji saobraćaj je organizovan sa po 2 trake. Na navedenim stanicama preovladavaju uređaji za točenje goriva Scheidt Bachmann Tubs i Wayne Dresser, dok pojedine stanice na teritoriji urbanističkog gradskog jezgra sa istih ne mogu izdavati AP i lož ulje. Sa aspekta korisnika usluga na datim terminalima, stanice Hifa i Slavuljica nemaju derivat BMB 98, a primećeno je da prateće delatnosti na datim stanicama egzistiraju u zavisnosti od ispoljavanja zahteva korisnika.

Ako se analizira horizontalna i vertikalna signalizacija, postoje dva bitna nedostatka, a to su:

- Kretanje vozila na svim stanicama je dvosmjerno (suprotno pravilu gdje je PGDS > 5000 voz/dan). Kao rezultat toga obeležavanje horizontalne signalizacije je nejasno. Zbog ovakve horizontalne signalizacije javljaju se dvije konfliktne tačke što može izazvati nastanak saobraćajne nezgode. Jedno od rješenja koje bi uklonilo ovaj nedostatak bilo bi, uvođenje jednosmjernog kretanja vozila na stanicama.
- Saobraćajni znak za dozvoljenu visinu vozila ima nedostatak sa mjestom na kome je postavljen i sa svojom veličinom. On je postavljen na noseći stub, tako da je njegova stvarna veličina prilagođena geometrijskom obliku stuba, što loše utiče na njegovo uočavanje od strane vozača. (Subotić, M., i dr., 2017.)



Slika 2. Znak postavljen na nosećem stubu i nadstrešnici

Da bi bio bolje uočljiv znak mora biti postavljen na bočnu staranu nadsteršnice i njegova veličina mora biti veća od postojeće, a usaglašena sa zakonskom osnovom kategorije puta na kojoj se znak nalazi.

Uređen parking je dostupan samo na stanicama Nešković 2 i Hifa, što predstavlja jedinstven nedostatak za ostale SSG. Postojanje parkinga u okviru stanice uveliko doprinosi produženju vremena korišćenja usluga stanice od strane korisnika. Na ovaj način stanica povećava svoje prihode, a korisnici imaju dovoljno vremena za korišćenje usluga stanice.

5. ZAKLJUČAK

Najveći izazov za svaku SSG jeste da, izbor lokacija zadovoljava kriterijume bezbjednog kretanja ljudi i vozila na njenoj saobraćajnoj površini, a da pritom stanica kao sastavni dio saobraćajnog sistema svojim postojanjem ne remeti funkcionisanje saobraćajnog toka. Jedan od problema u pogledu lokacije jeste, nedovoljna komunikacija projektanata SSG i urbanista koji su zaduženi za prostorno planiranje. Živi se u vremenu kada svaka urbana sredina ima tendenciju rasta, gdje je taj stepen razvoja u zavisnosti od određenih faktora (prosperitet, privredna ulaganja, razvoj industrije itd.), kod nekih urbanih sredina zastupljen manje, a kod nekih više. Pri tome se u većini slučajeva zanemaruje procjena. Koliki će biti godišnji stepen širenja urbane sredine i kako će taj stepen u vremenskom periodu od 20 do 30 godina uticati na lokaciju SSG je osnovno načelo razvoja urbane sredine. Ukoliko je prilikom projektovanja SSG lokacija stanice ocjenjena kao povoljna, to ne znači da će ona vremenom biti održiva kao povoljna, već da će biti izložena uticaju širenja urbane sredine, a vremenom neće moći zadovoljiti postavljene normative.

Dvosmjerno kretanje vozila nezadovoljava kriterijume bezbjednog saobraćaja. Pre svega, SSG kao i svi drugi saobraćajni objekti izložena je uticaju negativnih pojava u saobraćaju. Trenutno uređenje kretanja vozila, kao rezultat ima nastanak dvije konfliktne tačke. Neophodno je uvođenje režima jednosmjernog kretanja vozila na stanicama ili pronaći neko adekvatno rješenje, pod uslovom da ono zadovolji normative bezbjednosti saobraćaja.

Što se tiče uređaja za točenje goriva, analizirane stanice prate trend razvoja novih i efikasnijih tehnologija, čime svoju opremu za pretakanje goriva prilagođavaju uslovima eksploatacije.

Prosječan broj korisnika predstavlja rezultat rada jedne SSG. Broj korisnika diktira količinu ostvarenog profita, a veoma je bitno da stanica pruži što veći broj usluga. Kod

pojedinih stanica (kao što je Nestro 2), postoji mogućnost za proširenje kapaciteta, gdje se misli na povećanje broja saobraćajnih traka i ostrva sa uređajima za točenje goriva.

U istraživanju je navedeno da samo na dvije stanice postoje uređena parking mjesta za putničke automobile, što je veoma loše za korisnike stanica. Potrebno je pronaći optimalno rješenje da bi se njihov broj povećao, gdje bi to bilo veoma značajno za stanice koje su locirane uz magistralni put M-4.

Ponuda osnovnih i pratećih djelatnosti može da zadovolji potrebe korisnika.

Uslovi tržišta na kome su zastupljene SSG, najviše utiču na definisanje dizajna. Mnoga preduzeća su na osnovu dizajna odredila svoj identitet. Veoma je važno, da kroz radove koje oduzimaju malo vremena i stvaraju niske troškovi uređenja, poboljšati izgled objekta radi optičke privlačnosti za korisnike.

6. LITERATURA

Subotić, M., Softić, E., Marić, B. (2017). Saobraćajni terminali, Saobraćajni fakultet Doboj.

http://www.nestropetrol.com

http://www.neskovicosiguranje.com

http://www.hifapetrol.ba

http://www.scheidt-bachmann-tubs.hr

https://wayne.com

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

MOGUĆNOST PRIMENE SAVREMENIH SISTEMA AKTIVNE BEZBEDNOSTI NA VOZILIMA ZA PREVOZ OPASNIH MATERIJA*

POSSIBILITY OF USE MODERN ACTIVE SAFETY SYSTEMS ON VEHICLES FOR THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS

Saša Vasiljević[a], Bojana Bošković[b], Milan Mladenović[b], Nadica Stojanović[b]
[a]*High Technical School of Proffesional Studies, Kosovska 8, 34000 Kragujevac, Serbia, vasiljevic.sasa036@gmail.com*
[b]*University of Kragujevac, Faculty of Engineering, SestreJanjic 6, 34000 Kragujevac, Serbia, bokaev92@gmail.com, m.mladenovic141@gmail.com, nadica.stojanovic@kg.ac.rs*

Rezime: *Bezbednost saobraćaja je naučna disciplina koja izučava zavisnost saobraćaja i drugih procesa u društvu. Danas, potreba za opasnim materijama raste, kao i transport istih. Tako da je jako bitno da vozila koja transportuju opasne materije budu bezbedna. Istraživanja koja su sprovedena u ovoj oblasti su uglavnom statistički podaci, koji su dalje korišćeni za analizu i predviđanje budućih događaja. U ovom radu korišćena su dosadašnja istraživanja i dat je predlog koji bi se to sistemi aktivne bezbednosti mogli primenjivati na vozilu za transport opasnih materija. Rezultat ovog rada se ogleda u značaju primene sistema aktivne bezbednosti na ovim vozilima. Razlog je to što ova vozila u slučaju saobraćajne nezgode mogu biti daleko opasnija po ljude i životnu okolinu. Primena sistema aktivne bezbednosti bi se ogledala u smanjenju pojava saobraćajnih nezgoda.*

Ključne reči: *Bezbednost saobraćaja, transport, statistički podaci, saobraćajne nezgode*

Abstract: *Traffic safety is a scientific discipline that studies the dependence of traffic and other processes in society. Today, the need for dangerous goods is growing, as well as their transport. So it is very important that vehicles for transporting dangerous goods are safe. Researches carried out in this area are mainly statistical data, which is further used for analysis and prediction of future events. In this paper, previous research was used and a proposal was given, which systems of active safety can be applied to vehicles for the transport of dangerous goods. The results of this paper are reflected in the importance of applying the active safety systems on these vehicles. The reason for this is because these vehicles in case of traffic accident can be far more dangerous for people and the environment. The application of the active safety systems would be reflected in reducing the occurrence of traffic accidents.*

Key words: *Traffic safety, transport, statistical data, traffic accident*

1. UVOD

Saobraćaj je privredna grana koja se bavi prevozom robe i putnika. Nastao je i dalje se razvija u zavisnosti od potrebe privrede i društva, ali takođe ima i velikog udela u daljem razvoju ostalih privrednih grana, kao i društva. Pored svih svojih prednosti saobraćaj ima i negativnog uticaja na životnu sredinu, a to se dalje odražava i na čoveka. Ukoliko bi u saobraćajnoj nezgodi učestvovalo vozilo koje prevozi opasne materije posledice bi mogle biti katastrofalne i dugoročne.

* ***Pregledni rad***

Saobraćajna nezgoda može nastati zbog nepažnje vozača, kao i ostalih učesnika u saobraćaju ili zbog greške u sistemu vozač-vozilo-okruženje. Kako bi se uklonio ovaj nedostatak razvijeni su razni mehatronički sistemi i dalje se razvijaju, odnosno poboljšavaju. Cilj njihove primene jeste isključivanje mogućnosti pojave saobraćajne nezgode. Ovakvi sistemi prate različite parametre, kao i navike vozača.

U radu biće predstavljeni neki od sistema aktivne bezbednosti, koji bi se trebali naći kao standardna oprema na vozilima za prevoz opasnih materija. Kako je sistem protiv blokiranja točkova (ABS) već standardna oprema na vozilima o njemu neće biti reči. Za transport opasnih materija najčešće se primenjuju teška teretna vozila. Teška teretna vozila fabrički se izrađuju kao šasija. Po pitanju opasnih materija jedina razlika, između vozila koja prevoze opasne materije od onih koje prevoze neki drugi teret, ogleda se samo u njihovoj nadgradnji. Samim tim, sistemi aktivne bezbednosti koji se primenjuju su isti za sva vozila, bilo da se radi o teretnom ili putničkom vozilu, tako da im je i funkcija bez obzira na vrstu potpuno ista.

Sistemi aktivne bezbednosti su odabrani na osnovu situacija koje su se dešavale u praksi, kao i uzroka nastajanja saobraćajnih nezgoda. Pored svakog odabranog sistema naveden je i razlog zašto bi se jedan takav sistem trebao naći na vozilu za prevoz opasne materije. Cilj rada jeste povećanje bezbednosti i smanjenje broja saobraćajnih nezgoda. Istraživanje u radu je izvršeno pregledom literature koja se odnosi na bezbednost saobraćaja pri transportu opasnih materija u drumskom saobraćaju.

Proučavanje rizika koji sa sobom nosi transport opasnih materija sprovedeno je od strane više autora (Fabiano i dr., 2002; 2005, Yang i dr., 2010, Oggero i dr., 2005, Raemdonck, 2013). Incidentne situacije prilikom transporta opasne robe najčešće se događaju u drumskom saobraćaju. U Evropskoj Uniji (EU-27) od svih incidentnih situacija koje su se dogodile, čak 63% dogodile su se upravo u drumskom saobraćaju.

Primena sistema aktivne bezbednosti je jako bitna. Najčešće primenjivani sistemi aktivne bezbednosti na teretnim vozilima su:

- Sistem elektronske kontrole bočne stabilnost (Electronic Stability Program),
- Sistem za pomoć pri kočenju (Brake Assist),
- Sistem upozorenja o napuštanju trake (Lane Departure Warning System),
- Sistem za detekciju umora kod vozača (Driver Drowsiness Detection) i
- Sistem adaptivne kontrole vožnje (Adaptive Cruise Control).

Vozilo pri izvršenju svoje namene treba u najmanjoj mogućoj meri da negativno utiče na učesnike u saobraćaju, kao i na okolinu. Takođe, vozilo treba biti napravljeno tako da se mogućnost pojave saobraćajne nezgode svede na minimum.

1.1. Najčešći uzroci saobraćajnih nezgoda

Uzroci saobraćajnih nezgoda u Republici Srbiji još uvek se evidentiraju po nomenklaturi Ministarstva unutrašnjih poslova koji podrazumeva podelu na takozvane „uzroke i greške“. Definisano je 115 „uzroka i grešaka“ koje se mogu podeliti u 13 kategorija:

- Nepropisne radnje vozilom u saobraćaju,
- Brzina (nepropisna, neprilagođena),
- Neustupanje prvenstva prolaza,
- Preticanje i obilaženje,

- Nepropisno ili nepravilno mimoilaženje,
- Nepropisno zaustavljanje i parkiranje,
- Ostala nepropisna ili nepravilna kretanja vozila,
- Psihofizičko stanje vozača (pre svega uticaj alkohola),
- Osposobljenost za upravljanje vozilom,
- Nepropisna postupanja ostalih učesnika – greške pešaka,
- Stanje tehničke ispravnosti vozila,
- Nepropisno stanje puta, opreme i saobraćajnih znakova i
- Ostali uzroci i okolnosti.

U Republici Srbiji za period od 2010. do 2014. godine bilo je 2.949 saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima, od ukupno 3.418 uzroka odnosno grešaka koje su dovele do saobraćajne nezgode (Kukić i dr., 2015).

Slika 1. Najčešći uzroci i greške koje dovode do smrtnih posledica, Republika Srbija, 2010-2014 (Kukić i dr., 2015)

Za period od 2010. do 2014. godine najveći broj saobraćajnih nezgoda pripada kategoriji neprilagođena ili nepropisna brzina (slika 1), što čini 53.2% od ukupnog broja poginulih lica u saobraćajnim nezgodama. Zatim uključivanje ili nepropisne radnje (14.3%), psihofizičko stanje vozača (8.8%) i neustupanja prvenstva prolaza (6.4%).Teretna vozila čine 2.9% od ukupnog broja saobraćajnih nezgoda na teritorije Republike Srbije.

Saobraćajne nezgode u drumskom saobraćaju u SAD-u dostižu čak 88% (PHMSA) od ukupnog broja saobraćajnih nezgoda. Prema podacima PHMSA, u periodu od 2005-2014. godine na teritoriji SAD-a se dogodilo ukupno 3.179 saobraćajnih nezgoda u kojima su učestvovala vozila koja transportuju opasne materije. U tim nezgodama je poginulo 90 lica, a 178 lica zadobilo je teške i lakše telesne povrede. Ukupna procenjena šteta tih saobraćajnih nezgoda iznosi 467.797.873 dolara.Prema podacima FACTS, uzroci saobraćajnih nezgoda gde su učestvovala vozila za transport opasnih materija uglavnom su tehničke i ljudske prirode, ali postoje i one koje su nepoznate prirode. Prema podacima iz 2014. godine, saobraćajne nezgode koje su se dogodile su posledica ljudske prirode.

1.2. Problematika transporta opasnih materija

Prevoz opasnih materija zauzima sve značajnije mesto u ukupnom transportu. Razorna moć nekih opasnih materija (kao što su eksplozivi, otrovi, radioaktivne materije) može da

dovede do katastrofalnih posledica, naročito ako do njihovog aktiviranja dođe u gusto naseljenom području. Pojava akcidentnih situacija je velika, jer uvek postoji mogućnost pojave saobraćajne nezgode (Krstić i Mlađan, 2007).

Saobraćajne nezgode u kojima učestvuju vozila za prevoz opasnih materija mogu da dovedu do katastrofalnih posledica za šire okruženje. Ekološki rizik transporta opasnih materija predstavlja verovatnoću nastanka određenih negativnih posledica na zdravlje ljudi i životnu okolinu, usled delovanja materijalnog i energetskog potencijala koji se oslobađa pri akcidentnim događajima. Ekološki rizik transporta opasnih materija pripada grupi udesnih rizika (Krstić i Mlađan, 2007). Oslobađanje energije i emitovanje opasne materije, u obliku tečnosti, gasova ili čvrstom stanju, dovodi do zagađenja u ekosistemima u okolini mesta udesa. To dovodi do izmena karakteristika ekosistema, često i u širokim razmerama. Poznavanje karakteristika svih vrsta opasnih materija, prevoznih sredstava kojima se one prevoze, uzroka koji mogu da dovedu do akcidentnih situacija pri transportu, kao i posledice koje mogu da nastanu usled pojave akcidentnih situacija, predstavlja osnovu za prepoznavanje i procenu opasnosti pri transportu opasnih materija.

Veliki broj vozila za transport opasnih materija stigne na svoje odredište bez ikakvih problema. Ipak ne treba zaboraviti da se u toku transporta opasnih materija događaju akcidentne situacije.

2. GRUPA ELEKTRONSKIH SISTEMA U FUNKCIJI POBOLJŠANJA EKSPLOATACIONIH PARAMETARA KRETAČA VOZILA – TOČKOVA

2.1. Tyre Pressure Monitoring System – TMP

Pritisak u pneumaticima ima veliki uticaj na potrošnju goriva, buku, habanje, kao i na prianjanje, što se direktno odražava na zaustavni put. Niži pritisci u pneumaticima, od onih koje je propisao proizvođač, mogu izazvati uvijanje pneumatika što za posledicu ima niže vrednosti koeficijenta prianjanja. Ukoliko bi pritisak u pneumaticima bio viši od propisanog, negativno bi se odrazilo na udobnost, kao i na stabilnost vozila. Praćenje pritiska u pneumaticima može se vršiti preko instrument table (slika 2) ili preko aplikacije na mobilnom telefonu.

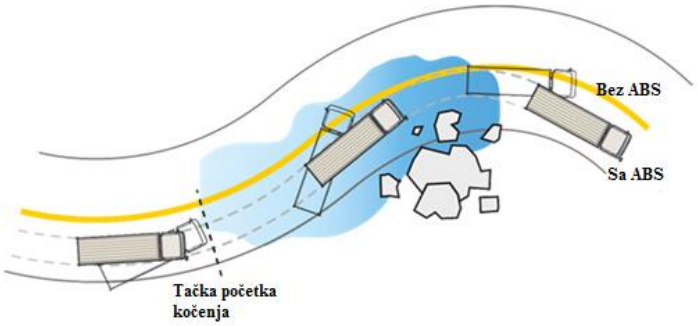
Slika 2. Prikaz upozorenja na instrument tabli usled neadekvatnog pritiska u pneumatiku (http://www.dexel.co.uk/services/tyre-pressure-monitoring, 28.07.2017.)

Istraživanje (Ibrahim i Fuad, 2014) koje je sprovedeno „Koliki uticaj ima pritisak pneumatika na pojavu saobraćajne nezgode“ pokazalo je da su u 20%, od ukupnih saobraćajnih nezgoda koje su se dogodile, učestvovala teška teretna vozila. Saobraćajna nezgoda gde je ishod bila teška telesna povreda, čak i u nekim situacijama ishod je bio i sa tragičnim

posledicama, procenjuje se da ta vrednost dostiže 7.5-10%. Primenom TMP bi trebao da se smanji broj pojava saobraćajnih nezgoda, gde je uzrok neprilagođena brzina vozila, koja su pri tom bila sa lošim ili starim pneumaticima. Korist primene ovakvih sistema ne bi se ogledala samo u smanjenju broja saobraćajnih nezgoda već i smanjenju troškova. Pravilnim održavanjem pritiska u pneumaticima smanjio bi se broj saobraćajnih nezgoda između 4-20%. Šira primena ovakvog sistema umanjila bi socijalne troškove za oko 11-58 miliona evra na godišnjem nivou.

2.2. Electronic Brakeforce Distribution – EBD

Opterećenje osovina na vozilu u toku transporta nije podjednako za svaku od osovina, tako da pri kočenju nije potrebna ista kočna sila za svaku od njih (Seungdae i dr., 2001). Iz tog razloga nastao je sistem koji može tako nešto obezbediti. Jako je bitno da pri kočenju vozila ne dođe do gubitka stabilnosti. Kako se za prevoz opasnih materija koriste teška teretna vozila, neophodno je bezbedno zaustavljanje istih. Idealna raspodela kočnih sila obezbeđuje potpuno iskorišćenje sile prianjanja na prednjim i na zadnjim točkovima. Pravilna raspodela kočnih sila poboljšava stabilnost prilikom kočenja i smanjuje zaustavni put. Kako bi ovaj sistem bio efikasan neophodno je da na vozilu bude ugrađen i ABS, slika 3.



Slika 3. Sistem ABS sa EBD (http://www.elbarbary.sd/engineering/hd65.html, 28.07.2017.)

2.3. Brake Assist System – BAS

Prilikom kočenja u kritičnim situacijama, došlo se do zaključka, da vozači ne pritiskaju pedalu kočnice dovoljno snažno. Iz tog razloga, dizajnirana je pomoć vozačima pri kočenju. Na osnovu brzine pritiska papuče za kočenje ovaj sistem uočava potrebu za kočenjem u kritičnim situacijama, slika 4. U takvim situacijama put kočenja bi se umanjio i do 45% (https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/ersosynthesis2016-adas15_en.pdf, 25.07.2017.). Efikasnost kočenja teških teretnih vozila bez BAS je 40%, dok sa BAS sistemom iznosi čak 100% (http://blobs.continental-tires.com/www8/servlet/blob/1398036/5bb785fcd0017493d27735c4b40afcde/2016-3-23-pdf-data.pdf, 25.07.2017.).

Slika 4. BrakeAssistSystem (https://www.truck.man.eu/pt/en/man-world/man-in-portugal/press-and-media/The-new-generation-of-safety-systems-at-MAN-218048.html, 28.07.2017.)

3. GRUPA ELEKTRONSKIH SISTEMA U FUNKCIJI PRAĆENJE RADA VOZAČA

3.1. Driver Drowsiness Detection – DDD

Čest uzrok saobraćajnih nezgoda je psihofizičko stanje vozača, odnosno pospanost vozača. Sistemi za detekciju pospanosti vozača ima za cilj da ustanove prve znake umora. Većina stručnjaka iz ove oblasti tvrdi da stanje vozača najbolje pratiti pomoću njegovog pogleda, tako da pravac gledanja vozača najbolje pokazuje njegovu pažnju i orijentisanost na vožnju. Kamera prati pogled vozača i upozorava ukoliko vozač ne prati put. Takođe, prati se i otvorenost očnih kapaka, kao i vreme zatvaranja očiju (slika 5). Ukoliko sistem utvrdi pospanost ili smanjenu pažnju kod vozača upozoriće ga zvučnim ili bleštavim signalima.

Slika 5. Praćenje pospanosti vozača (http://www.exeros-technologies.com/products/driver-fatigue-management, 28.07.2017.

Sprovedena su različita istraživanja gde je pospanost vozača jedan od glavnih uzročnika saobraćajnih nezgoda. Vozači kamiona izazivaju veće posledice za razliku od vozača automobila, ali ako pri tom prevoze opasne materije ishod može biti katastrofalan. Otkrivanjem pospanosti vozača može se pravovremeno izbeći saobraćajna nezgoda. Eksperimentalno je utvrđeno da se razlikuje upravljanje vozilom kad je vozač odmoran i kada je pospan (Azim i Ali, 2007).

3.2. Lane Departure Warning System – LDWS

Sistem koji služi kao upozorenje da je vozilo prešlo u drugu traku, takođe je jedan od sistema koji sprečava pojavu saobraćajne nezgode. Ovaj sistem „prepoznaje“ oznake horizontalne signalizacije na putu, snimajući kamerom i procesirajući oblike oznaka horizontalne signalizacije, slika 6. Sistem procenjuje širinu saobraćajne trake, a samim tim i sredinu saobraćajne trake kojom vozilo treba da se kreće. Međutim, kod ovakvih sistema postoje i nedostaci. Ukoliko su trake izbledele ili svetlost tako pada da sistem ima problem pri detekciji može doći do pojave greške. Kako bi se sve to izbeglo neophodan je takav algoritam po kome će ovaj sistem raditi i da prevaziđe pomenute nedostatke (Pradnya i Usha, 2015).

Slika 6. Prikaz rada LDWS (https://www.truck.man.eu/de/en/man-world/technology-and-competence/safety-and-assistance-systems/lane-guard-system/Lane-guard-system.html, 28.07.2017.)

4. GRUPA ELEKTRONSKIH SISTEMA U FUNKCIJI SPREČAVANJA SUDARA SA DRUGIM VOZILIMA

4.1. Collision Avoidance System – CAS

Svrha primene sistema za izbegavanje saobraćajnih nezgoda jeste smanjenje radnog opterećenja vozača. Cilj primene ovog sistema je to da se što je više moguće pomogne vozaču i spreči sudar zbog postojanja mrtvih uglova na vozilu, kao i nemarnosti samih učesnika u saobraćaju. Takođe, može da pomogne vozaču i u lošijim uslovima, odnosno kada je vidljivost jako loša. Ovo važi kada je u pitanju prednji ili bočni sudar, što se tiče zadnjeg sudara i tu može sprečiti pojavu saobraćajne nezgode. Ukoliko se neko vozilo približava velikom brzinom sa zadnje strane i ako nema prepreka sa prednje strane vozila na kome je ugrađen, ovakav sistem će ubrzati, slika 7 (Chandrakant i dr. 2009).

Slika 7. Prikaz rada CAS (http://www.truckinginfo.com/news/photos/257028/ntsb-calls-for-action-on-collision-avoidance-systems-for-vehicles/24454.aspx, 28.07.2017.)

4.2. Lane Changing Assistant – LCA

Čest problem kod promene saobraćajne trake predstavlja opasnost od nastanka saobraćajne nezgode. Smatra se da jedan ovakav manevar predstavlja najteži zadatak pri vožnji i koji pri tom zahteva ogromnu pažnju vozača. Saobraćajne nezgode koje su nastale pri promeni trake čine skoro 8% od ukupnog broja saobraćajnih nezgoda (Fitch i Hankey, 2012).

U slučaju velike gustine protoka saobraćaja, sistem za izbegavanje saobraćajnih nezgoda kada vozač želi da promeni saobraćajnu traku, odnosno da pretekne vozilo ispred, koje se kreće manjom brzinom, je u većem broju slučajeva neophodan. Sistem sadrži dva digitalna fotoaparata koji su ugrađeni u retrovizore i prate saobraćaj sa leve i desne strane vozila i to prikazuju na displejima koji se nalaze u kabini vozača. Kod nekih vozila se mogu naći i u zadnjem delu branika sa leve i desne strane (Arne i dr., 2012), dok se kod kamiona mogu naći u predelu mrtvih uglova i iza prikolice, slika 8.

Slika 8. Displejevi koji prikazuju situaciju iza prikolice i u mrtvim tačkama vozila (http://www.ccjdigital.com/volvos-supertruck-is-part-evolution-part-revolution/, 28.07.2017.)

5. GRUPA ELEKTRONSKIH SISTEMA U FUNKCIJI POBOLJŠANJA STABILNOSTI I UPRAVLJIVOSTI VOZILA

5.1. Electronic Stability Program – ESP

Čest problem kod vozača jeste i loša procena brzine kretanja vozila, pa samim tim može biti ugrožena stabilnost vozila prilikom naglog skretanja, usled iznenadne opasnosti na putu ili pak kretanja kroz krivinu ili splet krivina. Opasnost je veća ukoliko se prevozi veća količina tereta, jer vozilo tada ima veću masu, pa bočne sile koje teže da naruše stabilnost vozila su znatno veće. Sistem ESP je osmišljen tako da spreči prevrtanje vozila u kritičnim situacijama, jer je upravo prevratnje vozila bilo uzrok nastanka čak 1/3 nezgoda od ukupnog broja saobraćajnih nezgoda. Ugradnjom ESP se postiže izuzetna sigurnost i time je omogućeno vozaču da prevaziđe kritične situacije (Liebemann i dr., 2004).

6. ZAKLJUČAK

Transport opasnih materija predstavlja takav transportni proces koji sa sobom nosi niz opasnosti. Istraživanje koje je sprovedeno na bazi dosadašnjeg dešavanja u praksi, primenom predloženih sistemima aktivne bezbednosti postiglo bi se sledeće:

- Dobro prianjanje između točkova vozila i tla – omogućujedobro prenošenje obimne-pogonske sile, održava željeni pravac;
- Poboljšanje kočnih karakteristika – kraći put zaustavljanja;
- Poboljšanje upravljivosti vozilom pri kočenju;
- Blagovremeno otkrivanje pospanosti vozača i izbegavanje katastrofalnih posledica;
- Obezbeđivanje sigurnije vožnje i
- Izbegavanje sudara sa drugim vozilom ili udara o barijeru.

Jako je bitna primena navedenih sistema aktivne bezbednosti na vozilima za transport opasnih materija, jer ona, za razliku od putničkih vozila, u slučaju saobraćajne nezgode mogu izazvati daleko veće posledice kako po čoveka, tako i po životnu okolinu. Takođe, još jedan od faktora koji utiče na bezbednost saobraćaja jeste starost vozila. Takva vozila ne poseduju sisteme aktivne bezbednosti, kao ni sisteme za nadzor vozila, tako da korisnik ne zna šta se dešava sa vozilom sve dok ne dođe do otkaza. Dalja istraživanja bazirala bi se na putnim testovima, koja bi obuhvatala potencijalne akcidentne situacije, kao i uočavanje nedostataka predloženih sistema i davanje predloga za njihovo poboljšanje ili zamenu nekim drugim sistemom.

7. LITERATURA

Arne, B., Marc-Michael, M., Simon, S. (2012). Lane change assistance. *Handbook of Intelligent Vehicles*. *2*. 729-757.

Azim, E., & Ali, M. (2007). Evaluation of a smart algorithm for commercial vehicle driver drowsiness detection. *2007 IEEEIntelligent Vehicles Symposium*. 553-559.

Chandrakant, A., Anish, G., Nekman, V., Kinjal, B. (2009). Collision avoidance system in cars. *Electronic Design Lab II Project Report*. (6). 1-7

Fabiano, B., Currò, F., Palazzi, E., Pastorino, R. (2002). A framework for risk assessment and decision-making strategies in dangerous good transportation. *Journal of Hazardous Materials, 93*(1), 1–15.

Fabiano, B., Currò, F., Reverberi, A.P., Pastorino, R. (2002). Dangerous good transportation by road: from risk analysis to emergency planning. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 18*(4-6), 403-413.

Fitch, G.M. & Hankey, J.M. (2012). Investigating improper lane changes: driver performance contributing to lane change near-crashes. *In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 2012*. 56(1). 2231- 2235.

Ibrahim, M., Fuad, K. (2014). Introduction and application of tire pressure monitoring system. *The Conference "MAINTENANCE 2014"*. *3*(1). 193-200.

Krstić, B., Mlađan, D. (2007).Bezbednost korišćenja vozila za prevoz opasnih materija u drumskom saobraćaju. Mašinski fakultet u Kragujevcu. ISBN 978-86-86663-10-8. 247-249.

Kukić, D., Pešić, A., Milošević, J., Rosić, M., Luković, B. (2015). Statističkiizveštaj o stanju bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji u 2014. godini. *Agencija za bezbednost saobraćaja.* 13-16.

Liebemann, E.K., Meder, K., Schuh, J., Nenninger, G. (2004). Safety and performance enhancement: the bosch electronic stability control (ESP). *SAE CONFERENCE*. 421-428.

Oggero, A., Darbra, R.M., Muñoz, M., Planas, E., Casal, J. (2005). A survey of accidents occurring during the transport of hazardous substances by road and rail. *Journal of Hazardous Materials*. *133*(1-3), 1-7.

Pradnya, J., &Usha, J. (2015). Lane departure warning system. *IJCA Proceedings on National Conference on Emerging Trends in Advanced Communication Technologies NCETACT 2015*. (3). 1-3.

Raemdonck, K.V., Macharis, C., Mairesse, O. (2013). Risk analysis system for the transport of hazardous materials. *Journal of Safety Research*. *45*, 55-63.

Seungdae, K., Hunmo, K., Yoon-Gyeoung S. (2001). Electronic control of braking force distribution for vehicles using a Direct adaptive fuzzy controller. *KSME International Journal*. *15*(1). 66-80.

Yang, J., Li, F., Zhou, J., Zhang, L., Huang, L., Bi, J. (2010). A survey on hazardous materials accidents during road transport in China from 2000 to 2008. *Journal of Hazardous Materials*. *184*(1–3), 647–653.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

BEZBJEDNOST SAOBRAĆAJA U REPUBLICI SRPSKOJ*

TRAFFIC SAFETY ON THE ROADS OF REPUBLIKA SRPSKA

Tihomir Đurić[a], Dušan Janković[b]

[a]*Saobraćajni Fakultet Doboj, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Vojvode Mišića br.52, Doboj, 74000, Republika Srpska, drtihodj@gmail.com*

[b]*Grad Prijedor, Trg oslobođenja 1, Prijedor, 79102, Republika Srpska, djankovicpd@gmail.com*

***Apstrakt**: Praćenje i analiza nivoa bezbjednosti saobraćaja predstavlja značajan segment procesa u oblasti upravljanja bezbjednošću saobraćaja. U relativno dužem vremenskom periodu, na bazi analiza u realnom vremenu, mogu se uočiti promjene parametara bezbjednosti saobraćaja čime se može ocijeniti uspješnost dosadašnjih aktivnosti i izvršiti procjena budućeg stanja. Na bazi najnovijih iskustava i najbolje prakse rada poželjno je što veći broj pojava analizirati, kako bi se bolje razumjele i ispravnije tumačile tendencije u bezbjednosti saobraćaja. Navedeno zahtijeva konstantno praćenje pojava, sagledavanje opštih tendencija i njihovu analizu. U radu su analizirani pokazatelji bezbjednosti saobraćaja (broj saobraćajnih nezgoda sa nastradalim, broj povrijeđenih i poginulih) od 2011 – 2016. godine na putevima Republike Srpske. Posebna pažnja, pored saobraćajnih nezgoda, posvećena je pravnoj regulativi, troškovima saobraćajnih nezgoda i reviziji učinka.*

***Ključne riječi:** saobraćajne nezgode, uzroci, pojavni oblici, pravna regulativa, troškovi.*

***Abstract:** Following and analysis of traffic safety levels is an important segment of the process in the area of trafic safety control. During a relativey long time period, based on the analyses in real time, we can see changes of the parameters of trafic safety which enables us to see the success of the activities done so far and make the evaluation of the future conditions. Based on the latest experiences and best practice it is best to analyse as many cases as we can, in order to understand better and interpret the tendencies of traffic safety correctly. This requires the constant monitoring of the cases, examination of general tendencies and their analysis. This paper analyses the indicators of traffic safety (the number of accidents with casualties, the number of injured and killed people) from 2011 to 2016 on the roads on Republika Srpska. Special attention, beside traffic accidents, is given to regulations, the expences of traffic accidents and revision of effect.*

***Keywords:** traffic accidents, causes, cases, regulations, expences.*

1. UVOD

Svake godine u svijetu, a posebno u nerazvijenim zemljama i zemljama u razvoju, u saobraćajnim nezgodama pogine 1,3 miliona lica, a preko 50 miliona lica zadobije lakše ili teže povrede. Shodno tome, pogibije na putevima predstavljaju vodeći uzrok prijevremene smrtnosti u svijetu (WHO, 2011).

Istraživanja EuroRAP-a su puteve u Bosni i Hercegovini ocijenili kao najmanje bezbjedne u Evropi, sa preko polovine dionica koje su označene kao visokorizične, na kojima je mogućnost pogibije dva do tri puta veća nego na putevima u Evropi (EuroRAP, 2011). U

* ***Pregledni rad***

vremenu od 2011 – 2016. godine, u Bosni i Hercegovini (BiH) dogodilo se 223.997 saobraćajnih nezgoda u kojima je poginulo 1.952 lica, a 61.119 lica je povrijeđeno (BIHAMK, 2017).

Mediji u Republici Srpskoj (RS) skoro svakodnevno izvještavaju o saobraćajnim nezgodama, njihovim uzrocima i poslijedicama, kao i o lokacijama na kojima su saobraćajne nezgode naročito učestale. Takođe, pored broja nastradalih lica, sve više je u fokusu javnosti i materijalna šteta kao poslijedica saobraćajnih nezgoda.

Saobraćajne nezgode su prepoznate širom svijeta kao globalni, zdravstveni, društveni i ekonomski problem. Ujedinjene nacije (UN), Svjetska zdravstvena organizacija, Globalno partnerstvo za bezbjednost saobraćaja, Svjetska banka i druge važne institucije pripremile su niz dokumenata (rezolucija, direktiva, planova, strategija i preporuka) čiji je cilj smanjivanje stradanja na putevima širom svijeta, a posebno u zemljama u razvoju.

Republika Srpska je, zajedno sa ostalim zemljama članicama UN, prihvatila niz rezolucija Skupštine UN o bezbjednosti saobraćaja, među kojima je posebno aktuelna Rezolucija 64/255, od 10. maja 2010. godine. Ova rezolucija utvrđuje dokument UN – Deceniju akcije za bezbjednost saobraćaja na putevima 2011 – 2020.

Narodna skupština Republike Srpske je 19. marta 2013. godine usvojila Strategiju bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske 2013 – 2022. Strategija i prateći akcioni plan osmišljeni su tako da budu u skladu sa novim preporukama Generalne skupštine UN, sa preporukama Svjetske zdravstvene organizacije za zemlje u razvoju i sa najboljom međunarodnom praksom.

Oba dokumenta teže ka multisektoralnim naporima (unutar relevantnih privatnih i javnih sektora u Republici Srpskoj) u cilju smanjenja poginulih i povrijeđenih na putevima Republike Srpske. Aktivnosti su koncentrisane na najznačajnije faktore rizika: alkohol; upravljanje brzinama; poštovanje propisa o upotrebi sigurnosnog pojasa; stvaranje bezbjednog okruženja za pješake; saobraćajno obrazovanje i vaspitanje u školama; podizanje javne svijesti o rizicima; poboljšanje vozila i okoline; kao i zbrinjavanje nakon nezgode.

Strategijom su definisani vizija, misija, ključni i operativni ciljevi u narednih deset godina. Definisani su ključni pravci djelovanja, kao i aktivnosti koje je neophodno sprovesti. Vizija strategije je saobraćaj koji omogućava kvalitetan život sa što manje stresa i zastoja. Konačn cilj strategije je da se konačan broj poginulih lica na putevima u Republici Srpskoj smanji za 50%.

Ukoliko se dosljedno sprovedu strategijom definisane aktivnosti, može se spasiti 586 života, spriječiti teško povređivanje oko 7.033 lica, lako povređivanje 41.082 lica i smanjiti ekonomski troškovi u iznosu od 582 miliona KM (Strategija BS RS, 2013).

2. SAOBRAĆAJNE NEZGODE NA PUTEVIMA REPUBLIKE SRPSKE

Posmatranjem saobraćajnih nezgoda u dužem vremenskom periodu može se utvrditi dinamika njihovog nastanka, odnosno broj saobraćajnih nezgoda kroz vrijeme, na posmatranom području ili prostoru. Na osnovu takvih pokazatelja može se izvršiti njihova procjena za naredni period.

Prema izvještajima MUP-a RS, u vremenu od 2011 – 2016. godine, u Republici Srpskoj dogodilo se 54.066 saobraćajnih nezgoda u kojima je poginulo 867 lica, teško povrijeđeno

4.042 i lakše povrijeđeno 15.032 lica (tabela 1). Ekonomija Republike Srpske je izgubila preko milijardu i 44 miliona KM (preko 535 milion evra). Ni jedna ekonomija ne može da podnese tako velike gubitke koji se ponavljaju iz godine u godinu (Ekonomski institut Banja Luka, 2012).

Kada je u pitanju broj saobraćajnih nezgoda u Republici Srpskoj, može se reći da još uvijek nije uspostavljen opadajući trend, već da je prisutan oscilirajući trend ukupnog broja saobraćajnih nezgoda. Ovo je karakteristično za zemlje koje nemaju stabilne i snažne zaštitne sisteme u bezbjednosti saobraćaja. Zato je neophodno strateški unapređivati kapacitet i integritet pojedinaca i institucija koji realizuju mjere i aktivnosti u cilju smanjivanja stradanja u saobraćaju.

Tabela 1. Saobraćajne nezgode i nastradala lica na putevima RS (2011-2016)

STRUKTURA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA I NASTRADALA LICA	GODINE						Σ
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
BROJ SAOBRAĆAJNIH NEZGODA	9.378	8.441	8.588	8.581	9.295	9.783	54.066
• sa poginulim licima	150	130	146	123	135	121	805
• sa teško povrijeđenim licima	577	538	495	534	604	575	3.323
• sa lakše povrijeđenim licima	1.526	1.314	1.472	1.505	1.660	1723	9.200
• sa materijalnom štetom	7.125	6.459	6.475	6.419	6.896	7364	40.738
NASTRADALA LICA	3.382	2.960	3.089	3.155	3.644	3.711	19.941
• poginulo lica	163	140	153	131	150	130	867
• teško povrijeđeno lica	702	651	602	632	752	703	4.042
• lakše povrijeđeno lica	2.517	2.169	2.334	2.392	2.742	2.878	15.052

Da bi se postigao pozitivan trend u smanjenju broja i težine saobraćajnih nezgoda potrebno je stalno praćenje stanja bezbjednosti na određenom području i pravovremeno reagovanje na promjene koje se događaju u saobraćaju.

Kvalitativna analiza saobraćajnih nezgoda ima za cilj da pokaže uzročne faktore i da utvrdi stepen uticaja svakog od njih na saobraćajnu nezgodu. Pri ovom istraživanju na prvom mjestu se obično ističu karakteristike uzroka i faktora po elementima. Nauka koja izučava uzroke saobraćajnih nezgoda naziva se etiologija.

Nepropisna brzina, bilo u odnosu na uslove koji vladaju u saobraćaju na putu, bilo u odnosu na postavljeno ograničenje brzine, bez sumnje je jedna od osnovnih grešaka – pojavnih oblika saobraćajnih nezgoda u RS (oko 30,78%). Slijede nezgode koje su rezultat radnji vozilom u saobraćaju, nepoštovanje prvenstva prolaza, nedržanje odstojanja, te ostali pojavni oblici saobraćajnih nezgoda koji se u izvještajima Ministarstva unutrašnjih poslova RS navode kao uzroci saobraćajnih nezgoda (tabela 2).

U praksi i literaturi često se ne razlikuju uzroci od grešaka, odnosno pojavnih oblika saobraćajnih nezgoda (etiologija od fenomenologije). U stvari, uzrok nezgode je ono što je neposredno uticalo na unutrašnje izvore ponašanja vozača da napravi grešku kao što je nepropisno preticanje, brzina i slično. U izvještajima o saobraćajnim nezgodama Ministarstva unutrašnjih poslova navodi se da je uzrok neke nezgode nepropisna brzina ili preticanje ili neustupanje prvenstva prolaza i slično. Ovako mješanje pojavnih oblika (grešaka) i uzroka ometa utvrđivanje pravih uzroka saobraćajnih nezgoda i stvara pogrešnu predstavu, jer se

pojavni oblici navode kao uzroci, te se mjere društvene intervencije usmjeravaju na sprečavanje pojavnih oblika umjesto na suzbijanje pravih uzroka saobraćajnih nezgoda. Zbog toga je potrebno nastojati da se izvrši potpunije razgraničavanje pojavnih oblika i uzroka saobraćajnih nezgoda u okviru statističkog praćanja i da ljudi koji se angažuju u bilo kojoj formi statističkog postupka (evidentiraju, analiziraju ili zaključuju) shvate razliku između pojavnih oblika i uzroka saobraćajnih nezgoda. Na taj način, uz eventualno otklanjanje i drugih nedostataka u načinu prikupljanja (neujednačenost kriterijuma, procena i definisanje), dobili bi korisniju i upotrebljiviju statistiku koja bi davala realniju sliku stvarnog stanja od postojeće.

Tabela 2. Uzroci saobraćajnih nezgoda koji se navode u izvještajima MUP-a RS (2011-2016)

RED BROJ	UZROK	BROJ SAOBRAĆAJNIH NEZGODA						Σ	%
		2011	2012	2013	2014	2015	2016		
1.	Radnje vozilom u saobraćaju	2.773	2.486	2.339	2.015	2.613	2.479	**14.705**	**27,24**
2.	Neprilagođena brzina	2.675	2.747	2.761	2.735	2.789	2.935	**16.642**	**30,78**
3.	Nepoštovanje prvenstva prolaza	1.132	1.004	1.087	1.032	1.156	1.293	**6.704**	**12,39**
4.	Nedržanje odstojanja	1.041	9.22	1.016	998	1.056	1.343	**6.376**	**11,79**
5.	Strana kretanja				768	206	451	**1.425**	**2,63**
6.	Nepropisno mimoilaženje	522	364	358	259	307	267	**2.077**	**3,84**
7.	Nepropisno preticanje	285	219	215	212	246	259	**1.436**	**2,65**
8.	Greške pješaka	53	52	48	47	53	47	**300**	**0,55**
9.	Nepropisno obilaženje	52	35	41	52	57	63	**300**	**0,55**
10.	Faktor put	26	24	24	24	26	22	**146**	**0,28**
11.	Tehnička neispravnost vozila	16	14	15	15	16	22	**98**	**0,18**
12.	Greške motocikliste		13	6	5	5	5	**34**	**0,06**
13.	Greške bicikliste	16	10	14	9	14	13	**76**	**0,14**
14.	Greške vozača mopeda		13	5	5	7	1	**31**	**0,06**
15.	Ostalo	787	538	659	405	744	583	**3.716**	**6,86**
Σ		**9.378**	**8.441**	**8.588**	**8.581**	**9.295**	**9.783**	**54.066**	**100**

Za uspješno sprečavanje saobraćajnih nezgoda potrebno je prvo utvrditi uzroke zbog kojih nastaju, pa na osnovu toga projektovati djelotvorno reagovanje društva. Vrlo rijetko saobraćajne nezgode nastaju samo zbog jednog uzroka. Najčešće su rezultat složenog, isprepletenog, istovremenog dejstva većeg broja različitih objektivnih i subjektivnih: uzroka, uslova, povoda, stanja, okolnosti, elemenata, navika, shvatanja, stavova, socijalnih i bioloških motiva i brojnih faktora. Ovi faktori nisu ograničeni samo na ljudsku radnju, ponašanje, nego se radi i o brojnim objektivnim faktorima. U okviru objektivnih faktora najčešće istovremeno i međusobno isprepleteno djeluju razni društveni, tehnički i prirodni faktori. Ipak, na osnovu dosadašnjih istraživanja sa sigurnošću se može tvrditi da je uloga ljudskog faktora najznačajnija (Inić, 1991). Subjektivnom faktoru (čovjeku) se pripisuje 80 – 95% svih saobraćajnih nezgoda, a preostalih 5 – 20% objektivnom faktoru (vozilu i putu).

Prema podacima u tabeli 2, u strukturi uzroka saobraćajnih nezgoda na putevima Republike Srpske, subjektivnom faktoru (čovjeku) se pripisuje 99,54% saobraćajnih nezgoda. Međutim, ne znači uvijek da je ljudska greška jedini uzrok nezgode. Iako su propusti subjektivne prirode dominantni, čovjeku se često pripisuje veliki procenat nezgoda i zbog toga što društvo dio svoje krivice prebacuje na pojedinca tako što od njega zahtjeva da prilagodi svoje ponašanje i uslovima koji nisu optimalni, kao i da povećanom pažnjom kompenzira

nedostatke. Osim toga, subjektivna greška često nastaje kao poslijedica objektivnih okolnosti (puta i vozila) kao npr. brža pojava umora zbog lošeg puta ili neudobnog vozila i sl.

Tehnički faktori (put i vozilo) u strukturi uzroka u saobraćajnim nezgodama, na putevima Republike Srpske, učestvuju sa 0,46% (tabela 2). Ovako mali procenat objektivnih (tehničkih) faktora u statistikama poslijedica je praksa Organa unutrašnjih poslova (OUP) da u statističkom izvještaju navode jedan uzrok (faktor), a zanemaruju brojne druge faktore koji posmatrano zajedno imaju veliki značaj. Osim toga, OUP u statistički obrazac nerado unose objektivne faktore, jer se onda ne pokreće sudski postupak (nema subjektivne odgovornosti) u kome se izvođenjem raznih dokaza mnogo bolje može utvrditi istina, kao i zbog rizika da mogu biti optuženi za subjektivnost. Glavni razlog zašto se veoma mali procenat pripisuje objektivnim faktorima (putu i vozilu) je taj što je na licu mjesta teško utvrditi strukturu, interakciju, uzročne veze i zakonitost djelovanja brojnih faktora.

Prema statističkim podacima MUP-a RS uticaj tehničkih faktora – puta i vozila na nastajanje saobraćajnih nezgoda je zapostavljen. U periodu od 2011 – 2016. godine putu se kao glavnom uzroku saobraćajnih nezgoda pripisalo 0,28% nezgoda (tabela 2). S obzirom na kompletno stanje putne mreže, put je bio uzrok saobraćajnih nezgoda mnogo češće nego što je to registrovano.

Takođe, vozilu se kao uzroku saobraćajnih nezgoda pripisalo samo 0,18% nezgoda (tabela 2), što je neprihvatljivo jer se zna da je starosna struktura vozila bila nepovoljna. Sa druge strane, na tehničku ispravnost vozila uticali su i drugi faktori kao što su problemi sa rezervnim djelovima i pogonskim gorivom i sl. Ako se još uzme u obzir da ubrzanoj degradaciji tehničke ispravnosti vozila doprinose i loši putevi, jasno je da je uticaj vozila zanemaren kao uzrok saobraćajnih nezgoda na putevima Republike Srpske.

Saobraćajne nezgode su složen fenomen i ne može se sve uprošćeno svoditi na jednostavne formule i mehanizme kao što su: čovjek, put i vozilo. One su rezultat obimnih i međusobno isprepletenih kombinacija raznih faktora. Neki odlučujući – neposredni faktori ostali bi bez konkretne realizacije da nije bilo drugih uslova, okolnosti i elemenata. Bez egzaktne metodologije i potpunijeg izučavanja stvarnih uzroka i mehanizama nastanka nije moguće tačno utvrditi koji faktor koliko doprinosi nastajanju saobraćajnih nezgoda.

3. PRAVNA REGULATIVA I NIVOI NADLEŽNOSTI U SISTEMU

Oblast bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske regulisana je Zakonom o osnovama bezbjednosti saobraćaja Bosne i Hercegovine (ZOOBS-a) i Zakonom o bezbjednosti saobraćaja Republike Srpske (ZOBS-a), ali za ovu oblast od značaja su i drugi zakoni, strateški dokumenti, kao i podzakonski akti u vidu odluka, pravilnika, programa, uputstava, smjernica i sl.

Bezbjednost saobraćaja na putevima RS predstavlja kompleksan sistem, sa mnogobrojnim komponentama, nadležnostima i odgovornostima. Prema ZOBS-a RS, republički organi uprave i institucije nadležne i odgovorne za stanje bezbjednosti saobraćaja su Ministarstvo saobraćaja i veza, Ministarstvo unutrašnjih poslova, Ministarstvo prosvjete i kulture, Ministarstvo zdravlja i socijalne zaštite, agencija, Republička uprava za inspekcijske poslove, AMS, javna preduzeća kojima je povjereno upravljanje putnom mrežom i jedinice lokalne samouprave.

Nadležnosti i obaveze institucija u skladu sa ZOBS-a RS i drugim relevantnim propisima su slijedeće:

- Vlada RS direktno ili putem Savjeta za bezbjednost saobraćaja i resornih ministarstava vrši nadzor nad republičkim institucijama u sistemu bezbjednosti saobraćaja, razmatra pitanja i predlaže mjere za unapređenje bezbjednosti saobraćaja, te inicira donošenja i učestvuje u izradi zakonskih i drugih akata.
- Saobraćajna policija, odnosno ovlašćena lica, vrše neposredni nadzor nad odvijanjem saobraćaja na putevima, kontrolu lica i vozila u saobraćaju u pogledu poštovanja zakona i propisa donesenih na osnovu zakona; vrše preventivnu i represivnu kontrolu saobraćaja i u sklopu nje edukuju i upozoravaju vozače; primjenjuju zaštitne mjere i izdaju prekršajne naloge; registruju, istražuju i sankcionišu nepropisna ponašanja u saobraćaju itd.
- Upravljači puteva dužni su i odgovorni da obezbjede da javni putevi namjenjeni za saobraćaj budu izgrađeni u skladu sa zahtjevima bezbjednosti saobraćaja; da se javni putevi održavaju tako da odgovaraju zahtjevima bezbjednosti saobraćaja; da projektovanje novih podvrgnu sistemu revizije, a postojeće puteve sistemu provjere bezbjednosti; da organizuju trajno kontrolisanje stanja i održavanja javnih puteva, objekata, saobraćajne signalizacije i opreme na putevima radi bezbjednog i nesmetanog odvijanja saobraćaja; da prati stanje bezbjednosti saobraćaja na putu, te vrši analize opasnih mjesta na putu i preduzima mjere za njihovo otklanjanje itd.
- Organi lokalne samouprave na svom području nadležni su za kontrolu stanja i održavanja puteva kojima upravljaju, objekata, saobraćajne signalizacije i opreme puta na način da se osigura bezbjedno i nesmetano odvijanje saobraćaja, da otklanjaju sve nedostatke usljed kojih na nekim mjestima dolazi do saobraćajnih nezgoda i druge poslove propisane zakonom, kao i da osnuju lokalne savjete za bezbjednost saobraćaja, izrade strategije i programe bezbjednosti saobraćaja.

4. TROŠKOVI SAOBRAĆAJNIH NEZGODA U REPUBLICI SRPSKOJ

Bezbjednost drumskog saobraćaja predstavlja problem širom svijeta i veliki broj zemalja nastoji da smanji broj poginulih i povrijeđenih lica na svojim putevima. Kada se krene djelovati u tom pravcu, prvi korak predstavlja ispitivanje stvarnih i potencijalnih gubitaka nastalih kao poslijedica saobraćajnih nezgoda.

Socijalno-ekonomski gubici koji nastaju kao poslijedica saobraćajnih nezgoda u Republici Srpskoj, izračunati su primjenom bruto autput metode (metode ljudskog kapitala – "***Ex post***" pristup) – metodološkog pristupa koji se koristi u velikom broju zemalja (Ekonomski institut Banja Luka, 2012). Primjenom ove metode izračunavaju se sledeći troškovi: troškovi administracije, zdravstvenog zbrinjavanja žrtava, šteta na imovini, izgubljene produktivnosti poginulih i povrijeđenih, kao i nadoknada za pretrpljenu fizičku bol, duševnu bol i patnju. Najvažniji rezultati ovog istraživanja prikazani su u nastavku.

Pojedinačne komponente troškova u svakoj kategoriji nezgode i nastradalih prikazani su u tabeli 3. Ako se u izračunavanje uključe grube procjene o fizičkoj boli, duševnoj boli i patnji, ljudski troškovi iznose 520.950 KM za svako lice poginulo u saobraćajnim nezgodama, 20.776 KM za nastradalog sa teškim povredama i 693 KM za nastradalog sa lakšim povredama. Čak i u slučajevima gdje su isključene fizička bol, duševna bol i patnja, trošak kod svakog lica poginulog u saobraćajnoj nezgodi će biti 372.000 KM.

Tabela 3. Gubici za svaku žrtvu saobraćajne nezgode prema stepenu ozbiljnosti u RS

POSLIJEDICE	TROŠKOVI	
	KM	EUR
Poginuli	520.950	266.358
Teško povrijeđeni	20.776	10.621
Lakše povrijeđeni	693	354

U većini saobraćajnih nezgoda uključeno je više nastradalih lica zbog čega se, prilikom računanja troškova na bazi jedne nezgode, mora ustanoviti broj žrtava po nezgodi prema njenim poslijedicama. U tabeli 4 prikazan je prosječan broj (stopa) nastradalih za svaku klasu nezgode na osnovu procijenjenog broja nastradalih i procijenjenog broja saobraćajnih nezgoda. S obzirom da u saobraćajnoj nezgodi koja je rezultovala povredama ima nekoliko nastradalih, prosječan trošak je 620.618 KM po nezgodi sa poginulim licima, 66.683 KM po nezgodi sa teško povrijeđenim licima, 6.221 KM po nezgodi sa lakše povrijeđenim licima, dok po nezgodi u kojoj je samo šteta na imovini prosječan trošak iznosi 3.258 KM.

Tabela 4. Gubici po svakoj saobraćajnoj nezgodi prema stepenu ozbiljnosti u RS

OZBILJNOST SAOBRAĆAJNE NEZGODE	TROŠKOVI	
	KM	EUR
Nezgode sa poginulim licima	620.618	317.317
Nezgode sa teško povrijeđenim licima	66.683	34.094
Nezgode sa lakše povrijeđenim licima	6.221	3.181
Nezgode samo sa štetom na imovini	3.258	1.666

Treba napomenuti da su prikazane vrijednosti ekonomskih gubitaka minimalne. Da je u istraživačkom procesu korišćen pristup „spremnosti da se plati" (***„Ex ante"*** pristup), vrijednosti bi bile dva ili tri puta veće. Međutim, pomenuti pristup zahtjeva obimna ispitivanja mišljenja, a njegovo sprovođenje je veoma skupo, dugotrajno i komplikovano. Zbog toga mnoge zemlje koriste pristup „ljudskog kapitala" (kao što je učinjeno i za Republiku Srpsku), znajući da je to apsolutno minimalna vrijednost i da, ako se za ove nalaze mogu opravdati intervencije, onda bi one bile još više opravdane koristeći bilo koju drugu metodu obračuna troškova.

5. REVIZIJA UČINKA

Glavna služba za reviziju javnog sektora Republike Srpske je 2013. godine provela reviziju učinka pod nazivom „Bezbjednost saobraćaja na putevima u RS". Cilj ove revizije je bio da ispita i procijeni da li nadležne institucije efikasno i efektivno djeluju na sprečavanju saobraćajnih nezgoda i smanjenju broja poginulih i povrijeđenih lica i da li se postižu očekivani rezultati.

Na osnovu provedene studije revizija je došla do slijedećih nalaza:

- Kontrole saobraćajne policije u posmatranom periodu nisu rezultirale smanjenjem vodećih uzroka teških saobraćajnih nezgoda.
- Postojeći način provođenja kontrola brzine i vožnje pod uticajem alkohola nije efikasan i ne ostvaruje očekivane efekte.

- Planiranje kontrola saobraćajne policije se vrši bez objektivnih kriterija i cjelovitog praćenja indikatora na osnovu kojih bi se utvrdili prioriteti i očekivani rezultati kontrola.
- Saobraćajna policija u posmatranom periodu nije modernizovala kontrole, a postojeći resursi nisu bili jednako raspoređeni između stanica za bezbjednost saobraćaja.
- Nije uspostavljen funkcionalan sistem razmjene podataka i informacija između institucija u sistemu bezbjednosti saobraćaja, niti su baze podataka o svim značajnim pokazateljima bezbjednosti saobraćaja uspostavljene u punom obimu.
- Upravljači puteva u Republici Srpskoj u posmatranom periodu nisu identifikovali, obilježavali niti otklanjali opasna mjesta na putevima.
- Nije uspostavljen jasno definisan način provjere, analize adekvatnosti i usklađivanja postojećih ograničenja brzine na putevima.
- Veliki broj dionica puteva u Republici Srpskoj ne posjeduje projekte saobraćajne signalizacije niti elaborate o projektovanim brzinama.
- Upravljači puteva su veoma rijetko koristili mjere za smirivanje saobraćaja, a još rjeđe su te mjere primjenjivane na osnovu pokazatelja o saobraćajnim nezgodama.

Konstatovani nalazi revizije ukazuju na postojanje značajnog prostora za unapređenje bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske, a samim tim i za smanjenje broja poginulih i teško povrijeđenih u saobraćajnim nezgodama, kao i smanjenju društvenih troškova poslijedica saobraćajnih nezgoda.

6. DISKUSIJA/ZAKLJUČAK

U poređenju sa drugim zemljama u regionu, a naročito sa razvijenim zemljama, Republika Srpska ima relativno neefikasnu i nedovoljno bezbjednu saobraćajnu mrežu. Kada su u pitanju međunarodni standardi, stopa nezgoda, naročito ona koja za poslijedicu ima poginula lica, neprihvatljivo je visoka.

Rastući problem saobraćajnih nezgoda i ljudskih žrtava učinio je da Republika Srpska prepozna bezbjednost saobraćaja kao jedan od ključnih državnih problema i da ga uvrsti kao komponentu projekata za puteve u Republici Srpskoj, koji je finansiran putem kredita Svjetske banke. Republika Srpska je još uvijek u ranoj fazi razvoja bezbjednosti saobraćaja na putevima, a osnovne mogućnosti, aktivnosti i sredstva još uvijek nisu dostupni ključnim subjektima niti postojećem sistemu u Republici Srpskoj. Prije nego što se ključni sistem i znanje postave na svoje mjesto biće potrebno uložiti znatne napore u jačanje kapaciteta, prakse i aktivnosti za uspostavljanje efikasnog rada u oblasti bezbjednosti saobraćaja.

U proteklih šest godina u Republici Srpskoj napravljeni su značajni koraci na izgradnji sistema upravljanja bezbjednošću saobraćaja. Donesen je Zakon o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske, realizovan je projekat Svjetske banke „Jačanje stanja i sistema bezbjednosti saobraćaja u Republici Srpskoj“, formiran novi Savjet za bezbjednost saobraćaja, osnovana Agencija za bezbjednost saobraćaja. U okviru projekta „Jačanje stanja i sistema bezbjednosti saobraćaja u Republici Srpskoj“, uz učešće predstavnika svih subjekata bezbjednosti saobraćaja i uz tehničku podršku konsultantskog tima, analizirani su svi sektori bezbjednosti saobraćaja i na osnovu tog sačinjeni su Strategija i Program bezbjednosti saobraćaja za Republiku Srpsku. U sklopu ovog projekta Ekonomski institut iz Banjaluke je sproveo istraživanje o gubicima koje ekonomija Republike Srpske trpi zbog saobraćajnih

nezgoda. Iz izvještaja o troškovima saobraćajnih nezgoda u Republici Srpskoj se vidi da su troškovi saobraćajnih nezgoda u Republici Srpskoj visoki, čak i kada se koristi veoma konzervativan metod procjene. Dobijeni iznosi bi bili dva ili tri puta veći da je pri njihovom obračunu korišćen metod „spremnosti da se plati“.

S obzirom na ove veoma visoke godišnje gubitke koji se ponavljaju, nadležne vlasti bi trebalo da ulože više u istraživanje bezbjednosti saobraćaja na putevima, kako bi se bolje sagledali uzroci nastanka saobraćajnih nezgoda. Izdvajanja za potrebe bezbjednosti na putevima treba smatrati „investicijom“, a ne „troškom“. Da bi sve ove aktivnosti dale rezultat i dovele do smanjenja broja nastradalih na putevima u Republici Srpskoj neophodna je najšira podrška provođenju Programa bezbjednosti saobraćaja, kako politička, tako i finansijska i stručna, kao i spremnost svih subjekata bezbjednosti saobraćaja na zajedničko djelovanje na sprovođenju mjera bezbjednosti saobraćaja.

Iskustva visokorazvijenih zemalja, a posebno iskustva evropskih zemalja ukazuju na to da se broj saobraćajnih nezgoda i poginulih lica u njima može smanjiti kroz strateški osmišljene, sistematske napore unutar ključnih sektora, odnosno sa dovoljnom političkom i finansijskom podrškom. Ovo može biti iskorišteno u realizaciji strategije i programa bezbjednosti saobraćaja. Budući da se radi o globalnom problemu s kojim su se mnoge zemlje već suočile i naučile veoma skupe lekcije, Republika Srpska bi trebalo da maksimalno koristi njihova iskustva. Naime, postoje bogata iskustva i dokazana rješenja koja se mogu primjeniti za unapređenje bezbjednosti saobraćaja na putevima. Efikasna rješenja su poznata i dostupna za rješavanje ovog globalnog problema. Potrebna su samo sredstva i spremnost da se ona i primjene, kao i da se razjasne odgovornosti za efikasnije aktivnosti u cilju postizanja uspjeha.

7. LITERATURA

Akcioni plan bezbjednosti saobraćaja na putevima u RS (2013-2022).

BIHAMK (2017). Izvještaj o broju saobraćajnih nesreća od 2011-2016. godine, Sarajevo.

Ekonomski institut Banja Luka (2012). Troškovi saobraćajnih nezgoda u RS.

EuroRAP (2011). European Road Safety Atlas, European Road Assessment Programme, 2011.

Final Report on Improvement of Road Safety Management and Conditions in the Republic of Srpska (SweRoad, jun 2012.).

Glavna služba za reviziju javnog sektora Republike Srpske (2013). Izvještaj revizije učinka “Bezbjednost saobraćaja na putevima u RS” broj: RU004-12, Banja Luka.

Inić, M. (1991). Bezbednost drumskog saobraćaja, fakultet Tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi Sad.

MUP RS (2017). Informacija o stanju bezbjednosti saobraćaja u RS od 2011-2016. godine.

Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, dio 1 (2005). „Projektovanje puteva”, poglavlje 5: „Saobraćajna signalizacija i oprema”, Sarajevo/Banja Luka.

Strategija bezbjednosti saobraćaja na putevima u RS (2013-2022).

WHO (World Health Organisation) (2011). Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2020 Geneva, Switzerland.

ZOOBS BiH (2006). Zakon o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini – Sl. glasnik BiH br. 6/06 – 417; 75/06-6580; 44/07-5270; 84/09-014; 48/10-10; i 8/17.

ZOBS RS (2011). Zakon o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske – Sl. glasnik RS br. 63/11-1.

ZOJP RS (2013). Zakon o javnim putevima Republike Srpske. – Sl. glasnik Republike Srpske br. 89/13.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

ARHITEKTURA BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE ZA MERENJE BUKE OD DRUMSKOG SAOBRAĆAJA*

ARCHITECTURE OF WIRELESS SENSOR NETWORK FOR ROAD TRAFFIC NOISE MEASUREMENT

Stefan Zdravković, Dušan Mladenović, Slađana Janković, Ana Uzelac
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd 11000, Srbija,
s.zdravkovic@sf.bg.ac.rs, d.mladenovic@sf.bg.ac.rs,
s.jankovic@sf.bg.ac.rs, ana.uzelac@sf.bg.ac.rs

***Apstrakt**: Buka od saobraćaja ima za posledicu degradaciju životne sredine. Buka svojim dejstvom negativno utiče na organe za prijem zvuka, nervni sistem čoveka, srce i krvne sudove što može biti uzrok brzog zamora i sporije reakcije vozača. Buka od drumskog saobraćaja dominirajući je oblik buke u savremenoj urbanoj sredini. Cilj ovog rada je predstavljanje nove arhitekture sistema bežične senzorske mreže za merenje buke od saobraćaja zasnovane na IoT. Dosadašnja istraživanja ukazuju na probleme koji se tiču skladištenja velike količine prikupljenih podataka i njihove obrade u realnom vremenu. U radu će biti razmatrana upotreba raznih senzorskih uređaja na platformama Arduino i Raspberry Pi. Predložena arhitektura sistema je jeftina i skalabilna u pogledu tipova senzora, što je čini pogodnom za široku primenu u praćenju parametara životne sredine. Komunikacija senzorskih uređaja može biti ostvarena putem bežičnih tehnologija Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth, LoRa, GPRS/3G/4G, RFID/NFC. Primenom ovih tehnologija zajedno sa računarstvom u oblaku smanjuju se troškovi prenosa podataka, obezbeđuje pouzdano skladištenje i njihova obrada u realnom vremenu. Pristup koji predlažemo može biti osnova za buduća empirijska istraživanja i razvoj naprednih modela za utvrđivanje karakteristike buke u saobraćajnom toku kao i vrednovanje njenog uticaja.*

***Ključne reči:** senzori, kvalitet životne sredine, IoT*

***Abstract**: Traffic noise has the effect of degrading the environment. Noise negatively affects organs for sound reception, the human nervous system, the heart and blood vessels, which can be the cause of rapid fatigue and slower reaction of the driver. Road traffic noise is dominating form of the noise in the modern urban environment. The aim of this paper is to present the new architecture of the wireless sensory network for traffic noise measurement based on IoT. Previous research points to problems concerning the storage of large amounts of data collected and their processing in real time. This paper will discuss the use of various sensor devices on platforms such as Arduino and Raspberry Pi. The proposed system architecture is inexpensive and scalable in terms of sensor types, which makes it suitable for widespread use of environmental parameter monitoring. Sensor device communication can be accomplished through wireless technologies Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth, LoRa, GPRS/3G/4G, RFID/NFC. Using these technologies together with cloud computing reduces the cost of data transfer, provides reliable storage in real time processing. The approach we propose can be the basis for future empirical research and development of advanced models for determining noise characteristics in the traffic flow as well as evaluating its impact.*

***Key words:** sensors, environmental quality, IoT*

* ***Pregledni rad***

1. UVOD

Buka od drumskog saobraćaja, pored zagađenja vazduha, predstavlja jedan od glavnih problema urbanih sredina usled povećanog broja motornih vozila na putevima (Fenger, 2009; Huang i dr., 2015; Chen i dr., 2016). Sistemi za upravljanje saobraćajem i saobraćajni kontrolni centri imaju značajnu ulogu u smanjenju saobraćajne buke, direktnim uticajem na smanjenje ograničenja brzine na putevima, smanjenje obima saobraćaja i učešće određenih kategorija vozila u saobraćaju (Ruiz-Padillo i dr., 2014). Dnevna buka saobraćaja iznad 65 dBA postaje neprihvatljiva u mnogim gradovima, mada se mnoga stambena područja nalaze u akustičnim oblastima sa bukom opsega od 55 do 65 dBA (Zannin i dr., 2013). Merenje buke od saobraćaja je veoma važno za kreiranje lokalnih mapa buke koje se koriste za urbano planiranje i razvoj gradova (Bastian-Noraca i dr., 2016). Međutim, usled nedostatka novčanih sredstava i infrastrukturne ograničenosti merenja buke od saobraćaja na širim područjima, gradske vlasti teže ka sprovođenju pilot istraživanja u manjim gradovima. Merenje nivoa buke predstavlja veoma težak zadatak, jer buka tokom dana može značajno da varira. Kontinualno merenje u dužem vremenskom intervalu za posledicu ima veće troškove i angažovanje dodatnih resursa, ali i značajno relevantnije rezultate merenja. Dosadašnja istraživanja ukazuju na probleme postavljanja merne opreme, odnosno infrastrukturne ograničenosti, skladištenja velike količine prikupljenih podataka i njihove obrade u realnom vremenu. Iz ove činjenice proizilazi potreba za razvojem jeftinog sistema, poput bežičnih senzorskih mreža, za generisanje mape saobraćajne buke, uz mogućnost prukupljanja ostalih parametara saobraćaja. Cilj ovog rada je predstavljanje nove arhitekture sistema bežične senzorske mreže (engl. Wireless Sensor Network, WSN) za merenje buke od saobraćaja zasnovane na internetu inteligentnih uređaja (engl. Internet of Things, IoT). WSN su zastupljene u mnogim oblastima, dok poseban doprinos imaju u oblasti saobraćaja. Ove mreže sastavljene su od malih, jeftinih platformi koje imaju sposobnost samostalnog formiranja ad-hoc bežičnih mreža omogućavajući međusobnu komunikaciju i pružanje prikupljenih podataka korisnicima mreže (Marković i Dukić, 2011). Različiti senzori poput akcelometra, senzora za merenje buke, temperature, pritiska, vlažnosti vazduha i emisije izduvnih gasova, omogućavaju merenje raznih parametara koji služe kao osnova za upravljanje pametnim saobraćajnim sistemima i utiču na zaštitu životne sredine (Dehury i Sahoo, 2016). WSN zajedno sa IoT uređajima predstavlja globalnu infrastrukturu koja omogućava razvoj okruženja u kojem se podaci prikupljeni putem bežičnih uređaja prenose putem Internet mreže. Međutim, usled povećanja broja IoT uređaja povećava se kompleksnost upravljanja ovim uređajima. U zavisnosti od specifične primene i samog merenja buke od saobraćaja, ogromna količina podataka koja se generiše svake sekunde prouzrokuje i eksponencijalan rast protoka podataka među uređajima i/ili senzorima. Dosadašnja vizija IoT orijentisana ka jedinstvenim IP adresama svakog povezanog uređaja na Internet mrežu je veoma komplikovana i neefikasna usled velikog porasta njihovog broja. Postojeći internet protokoli možda neće biti u mogućnosti da podrže sve veći broj IoT uređaja. Ograničenje softvera i hardvera se pored protokola usmeravanja, ogleda i u pokrivenosti, kontroli pristupa medijima i mogućnosti upravljanja uređajima (Jamil i dr., 2015). Usled problema jedinstvenog identifikovanja prikupljenih podataka sa nekoliko uređaja, buduća vizija teži praćenju svih uređaja specijalizovanom RFID tehnologijom (engl. Radio Frequency Identification, RFID) (Dehury i Sahoo, 2016; Barbon i dr., 2016). Povećanje pouzdanosti rada WSN uz smanjenje troškova moguće je ostvariti primenom računarstva u oblaku, koje može virtuelnom infrasturkturom da omogući integrisano upravljanje uređajima, uređajima za skladištenje, analitičke alate, platforme vizuelizacije (Gubbi i dr., 2013; Flammini i Sisinni 2014). Merenje buke od drumskog saobraćaja moguće je vršiti upotrebom

različitih senzorskih uređaja na platformama poput Arduino, Raspberry Pi, Waspmote, Intel Galileo, itd. Pored niske cene i mogućnosti primene velikog broja senzora, dodatna prednost ovih platformi je ostvarivanje bežične komunikacije putem tehnologija: Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth, LoRa, Sigfox, GSM/GPRS/3G/4G, RFID/NFC. Specifičnom primenom, ove tehnologije se kombinuju u zavisnosti od potrebne brzine protoka podataka, pokrivenosti, energetske efikasnosti i mogućnosti interoperabilnosti različitih uređaja. U narednim sekcijama rada biće prikazana dosadašnja dostignuća merenja buke od drumskog saobraćaja, predlog arhitekture WSN, principi rada i osnovne karakteristike.

2. PREGLED LITERATURE I DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Usled brojnih žalbi stanovnika, koji su izrazili zabrinutost i tražili efektivnija i efikasnija rešenja problema buke od drumskog saobraćaja, proistekla su mnoga istraživanja. Sprovedene studije istraživale su metode koje utiču na smanjenje saobraćajne buke i uglavnom su usmerene na model saobraćajne buke (Kumar i dr., 2014), model mapiranja buke (Cai i dr., 2015; Zuo i dr., 2014) i procene buke od saobraćaja (Buratti i dr., 2014; Lee i dr., 2014). Modeli koji su do sada razvijani uključivali su emprijski formulisanu saobraćajnu buku (Garg i Maji, 2014). Sprovođenje istraživanja treba obaviti u periodu normalnog odvijanja saobraćaja na koji ne utiču nepogodne vremenske prilike, godišnji odmori, radovi na određenim delovima infrastrukture, itd. Houzu (2009) je predložio metod za detekciju izvora buke vozila u saobraćajnim gužvama na osnovu hibridnog metoda kombinovanog zajedno sa tehnikama formiranja vazduha i mapiranja intenziteta tako da istraživač može da prepozna i lokalizuje izvor buke sa udaljene lokacije. Sistem se sastoji od niza mikrofona, raspoređenih po određenom šablonu, u formi jednakostraničnih trouglova i tetraedara, koji se postavljaju iznad saobraćajne trake. U stvarnom testu na terenu, niz mikrofona visio je četiri metra iznad test staze. Vozila koja su prolazila ispod mikrofona na test stazi, detektovana su sa dobrom preciznošću, s obzirom na simulaciju realnih uslova saobraćaja. Međutim, test sistema u realnim uslovima poput autoputa sa više saobraćajnih traka, gde smetnje iz susednih traka mogu biti značajne do sada nije zabeležen. Nedostatak ovakvog sistema ogleda se u nemogućnosti postavljanja mikrofona i druge merne opreme na ulicama u gradovima, odnosno u realnim uslovima gradskog saobraćaja. U sledećem istraživanju Houzu (2011) predstavlja nastavak svog rada, u vidu integrisanog sistema koji kontinuirano prati nivo buke vozila u potrazi za njenom velikom emisijom, obaveštavajući vozače posmatranih vozila putem elektronskog displeja na putu. Sistem takođe sadrži kamere za slikanje vozila kako bi se izvršila identifikacija tipa vozila. Testiranje je sprovedeno na test stazi, a potom i na obližnjem javnom putu sa dve saobraćajne trake. Primećena je velika tačnost u slučajevima kada u nekoj od traka prolazi vozilo brzinom do 50km/h. Međutim, performanse sistema u slučajevima kada paraleno u obe trake prolaze vozila pri velikoj brzini nisu prikazane. Na Tehničkom fakultetu u Singapuru 2014. godine razvijen je još jedan sistem i sprovedeno istraživanje u saradnji sa Nacionalnom agencijom sa zaštitu životne sredine. Dizajniran je i napravljen sistem visokih performansi za automatsko praćenje buke jedne saobraćajne trake. Sistem daljinskim putem procenjuje nivo zvučnog pritiska svakog vozila koje prolazi u posmatranoj traci, a pomoću video kamera koje snimaju vrši se prepoznavanje tablica posmatranog vozila. Isto tako, sistem je kalibrisan na testu sa simulacijom zvuka vozila i testiran u realnom saobraćaju postavljanjem senzora na mostu koji se nalazi iznad autoputa (Aprov i Woon-Seng, 2014). U istraživanju je bila neophodna infrastruktura – u ovom slučaju most, za postavljanje odgovarajućih senzora. Prethodno spomenuta istraživanja bila su fokusirana na izvore emitovanja zvuka i saobraćajne buke pri kretanju vozila. Međutim, buku u saobraćaju vozila

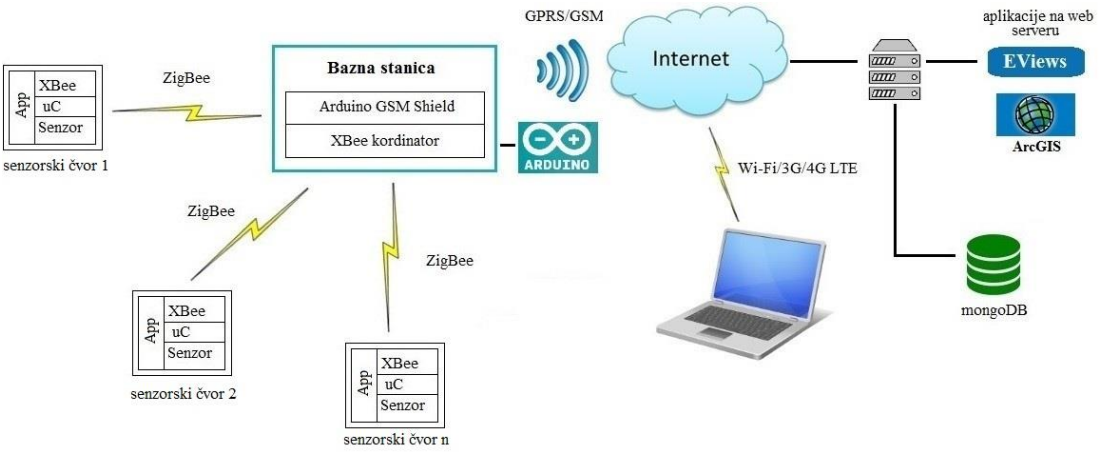
prouzrokuju radom motora, kočenjem, prelaženjem točkova preko loše površine puta, kao i zvučnim efektima prostiranja vazduha pri velikim brzinama. Da bi se dobili relevantniji rezultati merenja buke, neophodno je uzeti sve prethodno pomenuto u razmatranje. U ovako složenim uslovima saobraćaja, postavljanje i umrežavanje većeg broja senzora zvuka, video kamera i drugih mernih uređaja je neophodno. Projektovanjem odgovarajuće WSN, praveći male ad-hoc bežične mreže, obezbedila bi se pogodna infrastrukutra koja se može primeniti u realnim uslovima saobraćaja, merenjima na autoputevima, kružnim tokovima, raskrsnicama, itd.

3. PRINCIP RADA I PREDLOŽENA ARHITEKTURA WSN MREŽE

Glavni izazov prilikom pravljenja sistema za praćenje buke od drumskog saobraćaja odnosi se na izbor odgovarajuće platforme za postavljanje senzora, kao i bežičnih tehnologija za komunikaciju uređaja i senzora. U zavisnosti od istraživanja, merenje paremetara moguće je sprovesti na raskrsnicama, kružnim tokovima ili putevima sa jednom ili više saobraćajnih traka, pri čemu je neophodno voditi računa na mogućnost uticaja drugih faktora izazivanja buke. Hardverska infrastruktura treba da bude obezbeđena konstantnim izvorom napajanja i izolovana od spoljnih uticaja. Ovo se uglavnom postiže postavljanjem opreme u plastične kutije. Merni uređaji postavljaju se neposredno pored puta na montažne stubove, udaljenosti do jednog metra od ivice saobraćajne trake. Na istim stubovima moguće je ugraditi i solarne panele koji će obezbediti primarni izvor napajanja senzorskih uređaja.

Bežične senzorske mreže nude veoma dobru alternativu induktivne petlje za praćenje saobraćaja na autoputevima, kružnim tokovima i raskrsnicama u pogledu troškova, lakoće raspoređivanja, održavanja i poboljšane mogućnosti merenja. Senzorski čvorovi (engl. Sensor Node, SN) WSN predstavljaju jednostavne uređaje, koje odlikuju mala procesorska snaga, mali kapacitet memorije i količina potrebne električne energije za napajanje. Kako bi se očuvala energija napajanja postoji mogućnost prelaska čvora u neaktivno stanje. Senzorski čvorovi sadrže senzore, mikroprocesor, radio i bateriju. Mreža bežičnih senzora nudi mnogo veću fleksibilnost i jeftiniju i lakšu instalaciju i održavanje nego induktivne petlje, video i radar sistemi. Izgradnja senzorske bežične mreže zahteva razvoj i integraciju mnogih hardverskih i softverskih komponenti (Ferdoush i Li, 2014).

Na Slici 1. prikazan je predlog arhitekture sistema i osnovni prinicp rada bežične mreže za merenje buke od saobraćaja, korišćenjem Arduino platforme. Međusobnom komunikacijom između SN prenose se prikupljene informacije o okruženju, ka jednom ili većem broju pristupnih uređaja. U ovakvoj realizaciji WSN karakteristična je primena velikog broja SN u okviru senzorskog polja, sa velikim gustinama SN po jedinici površine, npr. 10-20 SN po m^2, dok su dimenzije WSN veoma male, svega desetak metara (Akylidiz i dr, 2002). Senzorsko polje se formira postavljanjem odgovarajućeg broja SN, raspoređenih na malim rastojanjima (do 10m). Pokrivenost posmatrane oblasti u smislu mogućnosti prikupljanja informacija o nivou buke zavisi od rasporeda i gustine SN u prostoru i karakteristika korišćenih senzora. Glavnu karakteristiku SN čini dvosmerna komunikacija, koja se sastoji od prijema podataka prikupljenih od SN i zadavanja upita ili prenosa upravljačkih i drugih podataka ka njima (Marković i Dukić, 2011).



Slika 1. Arhitektura WSN

Karakteristika ovako projektovane mreže je visoka konektivnost mreže, veliki broj i gustina čvorova, dok je rastojanje između čvorova višestruko manje. Konektivnost mreže može se definisati kao mogućnost ostvarivanja komunikacije između svaka dva elementa mreže. Visoka konektivnost SN obezbeđuje se velikom gustinom SN u senzorskom polju. Prelasci između aktivnog i neaktivnog stanja SN i otkaz SN izazivaju promenu topologije mreže i promenu osobina konektivnosti u WSN. Možemo zaključiti da konektivnost mreže u velikoj meri utiče na zahteve pri realizaciji komunikacionih protokola i procesa agregacije podataka u mreži. U zavisnosti od oblasti primene WSN se može koristiti za prikupljanje i nadgledanje poverljivih informacija. U ovakvim primenama WSN postoji opasnost od potencijalnog ometanja komunikacije u mreži, procesa prikupljanja i obrade podataka i ugrožavanja integriteta prenošenih podataka. Pri razvoju sigurnosnih mehanizama i protokola, mora se imati u vidu da elemente WSN karakterišu mnoga hardverska i softverska ograničenja (Marković i Dukić, 2011). U okviru WSN postoji nekoliko tipova procesorskih uređaja koji se ugrađuju u bazne stanice, a služe za procesuiranje podataka prikupljenih od senzora. Izbor nekog od tih uređaja određuje se prema projektu i tipu istraživanja za koje će se koristi, uzimajući u obzir prednosti i nedostatke svakog od njih. Neki od najčešće korišćenih uređaja su Arduino, Raspberry Pi, Waspmote Libelium. Arduino predstavlja programski mikrokontroler, sa jedinom funkcijom izvršavanja u zavisnosti od prethodnog programiranja korisnika. Prvenstveno je namenjen za čitanje podataka sa senzora, izračunavanje podataka, i slanje podataka udaljenom serveru. Kontrolisanjem releja i kontrolnih motora mogu se kontrolisati visoko efikasne komponente. Karakteriše ga veoma lako upravljanje analognim senzorima, motorima i drugim elektronskim komponentama uz pomoć samo par linija koda, dok Raspbbery Pi zahteva komlikovanije instaliranje raznih biblioteka i softverskih alata za upravljanje senzorima. Arduino uređaji ne koriste operativni sistem tako da se mogu uključiti ili isključiti u svakom trenutku bez rizika od oštećenja. S druge strane Raspberry Pi koristi operativni sistem koji se mora isključiti na odgovarajući način, u suprotnom operativni sistem i aplikacije koje su pokrenute na njemu mogu biti oštećene. Raspberry Pi predstavlja veoma moćan hardver, kao takav zahteva stalno napajanje strujom koje je teško postići baterijama, za razliku od Arduino uređaja kojima je potrebno mnogo manje električne energije. Arduino uređaje je lakše napajati eksternim baterijama i zbog toga se više primenjuju u istraživanjima. Raspberry Pi platforma se koristi u projektima koji su više softverski bazirani nego hardverski, s obzirom da im je rad zasnovan na Linux operativnom sistemu.

3.1. Hardverske komponente

Hardverske komponente i platforma senzorske mreže su uglavnom male energetske potrošnje, a čine ih mikrokontroleri, ugrađeni senzori i ulazno-izlazni portovi za povezivanje sa senzorima i drugim uređajima. Međutim, platforme senzorskih mreža odlikuje ograničena energija, mala procesorska snaga i ograničeni memorijski kapacitet. Ovakav sistem podrazumeva baznu stanicu i bežično rasprostranjene senzorske čvorove. Svaki čvor senzora predstavljen je kombinacijom mikrokontrolera (uC), ZigBee radio primopredajnika, tj. XBee modula i odgovarajućeg broja senzora, praveći senzorsko polje. Bežična tehnologija ZigBee, koja se koristi, pogodna je za povremeni prenos podataka senzora ili drugih ulaznih uređaja. Pored veoma niske energetske potrošnje, protok podataka ove tehnologije dostiže 250 kb/s uz mogućnost njihovog prenosa do 1600 metara. Mogućnost da uređaji rade u okviru meš mreže obezbeđuje prenos podataka na veće udaljenosti. U okviru XBee meš mreže, koordinatni čvor može da komunicira sa senzorskim čvorovima putem višestrukog ili jedinstvenog komunikacionog moda. Arduino GSM Shild omogućava povezivanje Arduino uređaja na Internet mrežu posredstvom GPRS/GSM bežične mreže. Na Slici 2. prikazani su respektivno: Arduino UNO3 R3, XBEE primopredajnik i senzor zvuka.

a) b) c)

Slika 2. a) Arduino UNO R3; b) XBEE Pro S2B; c) Senzor zvuka;

3.2. Softverske komponente

Platforma Arduino poseduje sopstveni korisnički program otvorenog koda ARDUINO IDE, koji će koristiti svaki senzorski čvor za prikupljanje podatka. U okviru ovog softvera unapred će biti definisan način komunikacije sa baznom stanicom posredstvom ZigBee tehnologije. Isto tako, neophodno je definisati interval prikupljanja podataka, format i mesto skladištenja prikupljenih podataka. U tekstualnim i csv datotekama vršiće se čuvanje strukturiranih podatka uz mogućnost njihovog kasnijeg izvoza. Za statističku obradu prikupljenih podataka može se koristiti softverski paket EViews. Ovaj paket omogućava prikazivanje deskriptivne statistike, praćenje i analizu vremenskih serija, koja je veoma važna za tumačenje saobraćajnih parametara. Na ovaj način omogućiće se predviđanje kada i u kojim situacijama se ostvaruju ekstremne vrednosti buke od drumskog saobraćaja. ArcGis softverski paket se može koristiti za grafički prikaz, odnosno vizuelizaciju i mapiranje značajnih pokazatelja buke.

3.3. Skladištenje podataka

Važna odluka u projektovanju bežične senzorske mreže predstavlja skladištenje prikupljenih podataka. Da bi se dobila kvalitetnija informacija, neophodno je da se na podatke koji se prikupljaju od strane više SN, primene metode za agregaciju podataka. Na ovaj način se smanjuje broj paketa koji se prenose ka pristupnom uređaju i štede energija i komunikacioni resursi mreže. Rajagopalan i Varshney (2006) dali su detaljan pregled metoda agregacije podataka. Prilikom odabira i projektovanja modela podataka, treba uzeti u obzir strukturu

prikupljenih podataka. Senzorski podaci su u tom smislu dosta specifični, traže modele u kojima će priroda tih podataka biti predstavljena na najbolji mogući način, posebno u kontekstu potrebe njihove integracije sa ostalim podacima. Na Slici 1. može se videti koncept skladištenja prikupljenih podataka u nerelacione MongoDB baze podataka. Opredeljenost za nerelacione baze podataka proistekla je iz značajno veće brzine obrade velike količine podataka, u odnosu na relacione baze podataka. Značajni troškovi koji nastaju u određenim domenima implementacije predstavljaju dodatnu prednost NoSQL baza podataka koje teže smanjivanju troškova održavanja, skalabilnosti i pružaju jednostavna rešenja za distribuciju podataka (Janković, 2015). U poređenju sa relacionim bazama podataka, NoSQL baze podataka su skalabilnije i nude bolje performanse. Pored toga, računarstvo u oblaku (cloud computing) se znatno lakše primenjuje, a pružanje virtuelnog, gotovo neogračenog kapaciteta na zahtev, postaje jedan od glavnih razloga za njihovu primenu u ovakvom sistemu.

4. ZAKLJUČAK

Dosadašnja istraživanja i merenja nivoa buke od sobraćaja ukazuju na probleme koji se tiču prikupljanja podataka, njihovog skladištenja i obrade u realnom vremenu, prouzrokovane infrastrukturnom ograničenošću. U ovom radu predstavljena je arhitektura sistema bežične senzorske mreže za merenje buke od drumskog saobraćaja, projektovana uz pomoć Arduino i Xbee uređaja. Sistem, pored velikog broja mogućih funkcija, karakteriše skalabilnost, interoperabilnost, jednostavnost korišćenja i održavanja, uz nisku cenu implementacije. Prednost ovakve arhitekture ogleda se u odvojenosti web aplikacije i skladištenja podataka u nerelacionim MongoDB bazama od senzorske infrastrukture za prikupljanje podataka. Korišćenjem ZigBee tehnologije omogućava se kreiranje meš mreže, koja značajno smanjuje kompleksnost razvoja sistema bežične senzorske mreže. Eksperimentalna merenja ovakvog sistema do sada nisu sprovedena. Pravci daljeg rada autora biće usmereni ka implementaciji ovakvog sistema u urbanoj sredini, kako bi se testirale mogućnosti njegovog daljeg razvoja i prilagođavanja merenju ostalih parametara saobraćaja.

ZAHVALNICA

Ovaj rad delimično je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta pod brojem 036012.

5. LITERATURA

Akylidiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). A Survey on Sensor Networks, *IEEE Communications Magazine, 40*(8). doi:10.1109/MCOM.2002.1024422

Apoorv, A., & Woon-Seng, G. (2014). Noisy Vehicle Surveillance Camera (NoivelCam) System: An innovative solution to urban traffic noise problem. Dostupno na: ftp://ftp.ni.com/pub/branches/asean/2014_nieia_academic_winner_03.pdf (pristupljeno 28 avgusta 2016).

Barbon, G., Margolis, M., Palumbo, F., Raimondi, F., & Weldin, N. (2016). Taking Arduino to the Internet of Things: The ASIP programming model. *Computer Communications, 89-90,* 128-140. doi:10.1016/j.comcom.2016.03.016

Bastián-Noraca, N. A., Suarez, E., & Arenas, J.P. (2016). Assessment of methods for simplified traffic noise mapping of small cities: Casework of the city of Valdivia, Chile. *Science of The Total Environment, 550*, 439-448. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.01.139

Buratti, C., Belloni, E., & Moretti, E. (2014). Façade noise abatement prediction: new spectrum adaptation terms measured in field in different road and railway traffic conditions. *Applied Acoustics, 76*, 238–248.

Cai, M., Zou, J., Xie, J., & Ma, X. (2015). Road traffic noise mapping in Guangzhou using GIS and GPS. *Applied Acoustics, 87*, 94–102. doi:10.1016/j.apacoust.2014.06.005

Chen, S., Bekhor, S., Yuval, & Broday, M. D. (2016). Aggregated GPS tracking of vehicles and its use as a proxy of traffic-related air pollution emissions. *Atmospheric Environment, 142*, 351-359. doi:10.1016/j.atmosenv.2016.08.015

Dehury, C. K., & Sahoo, P. K. (2016). Design and implementation of a novel service management framework for IoT devices in cloud. *Journal of Systems and Software, 119*. 149-161. doi:10.1016/j.jss.2016.06.059

Fenger, J. (2009). Air pollution in the last 50 years - from local to global. *Atmospheric Environment, 43*(1), 13-22. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.09.061

Ferdoush, S., & Li, X. (2014). Wireless Sensor Network System Design Using Raspberry Pi and Arduino for Environmental Monitoring Applications. *Procedia Computer Science, 34*, 103-110. doi:10.1016/j.procs.2014.07.059

Flammini, A., & Sisinni, E. (2014). Wireless Sensor Networking in the Internet of Things and Cloud Computing Era. *Procedia Engineering, 87*, 672-679. doi:10.1016/j.proeng.2014.11.577

Garg, N., & Maji, S. (2014). A critical review of principal traffic noise models: strategies and implications. *Environmental Impact Assessment Review, 46*, 68–81. doi:10.1016/j.eiar.2014.02.001

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Planiswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems, 29*(7), 1645-1660. doi:10.1016/j.future.2013.01.010

Houzu, H., Sakamoto, I., Tanaka, T., Murakami, T., Ishihama, M., & Sawatari, K. (2011) Development of sound source localization system to detect noisy vehicles from traffic flow. 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2011 Inter-Noise 2011, Osaka, Japan, 2011. 1332-1339.

Houzu, H., Tanaka, T., Sakamoto, I., Murakami, T., Ishihama, M., & Sawatari, K. (2009). Hybrid source localization method to detect noisy vehicles traveling on the road. 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2009 Inter-Noise 2009, Ottawa, Canada. 2224-2230.

Huang, B., Pan, Z., & Wang, G. (2015). A methodology to control urban traffic noise under the constraint of environmental capacity: A case study of a double-decision optimization model. *Transportation Research Part D, 41*, 257–270. doi:10.1016/j.trd.2015.09.026

Jamil, M. S., Jamil, M. A., Mazhar, A., Ikram, A., Ahmed, A., & Munawar, U. (2015). Smart Environment Monitoring System by Employing Wireless Sensor Networks on Vehicles for Pollution Free Smart Cities. *Procedia Engineering, 107*, 480-484. doi:10.1016/j.proeng.2015.06.106

Janković, O. (2015). NoSQL dokument baza podataka: prikaz skladištenja podataka sa osvrtom na podatke sa senzora. XV međunarodni naučno-stručni Simpozijum Infoteh-Jahorina 2015, Jahorina, 561-566.

Kumar, P., Nigam, S.P., & Kumar, N. (2014). Vehicular traffic noise modeling using artificial neural network approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 40*, 111–122. doi:10.1016/j.trc.2014.01.006

Lee, E.Y., Jerrett, M., Ross, Z., Coogan, P.F., & Seto, E.Y.W. (2014). Assessment of traffic-related noise in three cities in the United States. *Environmental Research, 132*, 182–189. doi:10.1016/j.envres.2014.03.005

Marković, G. & Dukić, M. (2011). Bežične senzorske mreže, I deo: Osnovna arhitektura, karakteristike i primene, *Telekomunikacije*, (3), 1-9

Rajagopalan, R., & Varshney, P. K. (2006). Data-Aggregation Techniques in Sensor Networks: *A Survey, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 8*(4), 48-63. doi:10.1109/COMST.2006.283821

Ruiz-Padillo, A., Torija, A.J., Ramos-Ridao, Á., & Ruiz, D.P. (2014). A methodology for classification by priority for action: selecting road stretches for network noise action plans. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 29*, 66–78. doi:10.1016/j.trd.2014.04.002

Zannin, P.H.T., Engel, M.S., Fiedler, P.E.K., & Bunn, F. (2013). Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil. *Cities, 31*, 317-327. doi:10.1016/j.cities.2012.09.008

Zuo, F., Li, Y., Johnson, S., Johnson, J., Varughese, S., Copes, R., Liu, F., Wu, H.J., Hou, R., & Chen, H., (2014). Temporal and spatial variability of traffic-related noise in the City of Toronto, Canada. *Science of the Total Environment, 472*, 1100–1107. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.11.138

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

UTICAJ STABILNOSTI DRUMSKIH VOZILA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA*

INFLUENCE TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES ON ROAD SAFETY

Vojislav Krstić[a], Nebojša Arsić[b], Srdjan Jović[b], Božidar Krstić[c]

[a] *Student doktorskih studija Saobraćajnog fakulteta u Beogradu, mpeeric@gmail.com*

[b] *Fakultet tehničkih nauka u K.Mitrovici, Srbija, nebojsa.arsic@pr.ac.rs, srdjan.jovic@pr.ac.rs*

[c] *Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu, Srbija, bkrstic@kg.ac.rs*

***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, kao i kod vozila cisterni. U radu je pažnja posvrćena prvenstveno tim vozilima.*

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

***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*

1. UVOD

Stabilnost vozila predstavlja njegovu sposobnost da se kreće u različitim uslovima eksploatacije po zadatoj trajektoriji bez klizanja jednog ili više točkova i bez prevrtanja. U ovom radu razmotriće se 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, stabilnost vozila u najopštijem slučaju obuhvata i stabilnost upravljanja.

* ***Stručni rad***

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 najviše 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 strukturi 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. PREVRTANJE VOZILA OKO ZADNJE OSOVINE

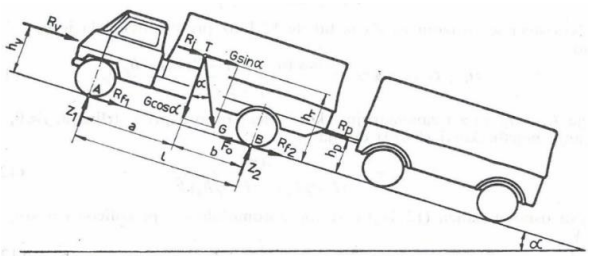
Prevrtanje vozila oko zadnje osovine (slika 1) nastaje u momentu kada normalna reakcija tla na prednjoj osovini postigne vrednost:

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

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 osnovu izraza (2) zaključuje se da je za stabilno kretanje vozila bez prevrtanja oko zadnje ose neophodno obezbediti 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 nje može 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. 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:

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

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 će pre doci do proklizavanja, nego do prevratanja, ukoliko je ispunjen uslov:

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

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:

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

Za vozila 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:

$$\varphi < \frac{b + h_T \cdot f}{h_T}$$, a za $f \approx 0$: $\varphi < \frac{b}{h_T}$ (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:

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

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:

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

Do prevrtanja, kada je pogon na prednjim točkovima, ne može da dođe jer se normalna reakcija tla smanjuje sa povećanjem uspona, pa se veličina vučne sile vrlo brzo ograničava na proizvod $Z_1 \cdot \varphi$ što znači 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:

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

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, pri kojoj nastaje prevrtanje, se smanjuje sa povećanjem koeficijenta otpora vazduha (*K*), odnosno sa lošijim aerodinamickim oblikom vozila, kao i sa povećanjem visine napadne tačke rezultujućeg otporavazduha R_v. Povećanje ukupne težine vozila *G*, i koordinate težišta *b*, povećava se brzina prevrtanja (v_p), a samim tim i nestabilnost vozila.

3. 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:

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

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

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

S druge strane, za uslov klizanja pri kočenju imamo:

$$G \cdot a \cdot \cos\alpha_p \leq k \cdot h_T \;\; K_1 + K_2 = K \geq \left(Z_1 + Z_2\right) \cdot \varphi \;\; K \geq G \cdot \varphi \cdot \cos\alpha_s \tag{20}$$

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

$$\cos\alpha_s > \cos\alpha_p \quad \frac{K}{G\cdot\varphi} > \frac{K\cdot h_T}{G\cdot a} \quad \varphi < \frac{a}{h_T} \tag{21}$$

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 (21).

4. POPREČNA STABILNOST VOZILA

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

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

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

- Uticaj sistema 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 točkovima vozila, što se, takođe, odražava na raspodelu bočnih reakcija prednjih i zadnjih točkova.

Pri zaokretanju vozila sa prednjim pogonskim točkovima, tangencijalne reakcije (vučne sile) zaklapaju određeni ugao u odnosu na podužnu osu što prouzrokuje pojavu bočnih sila. Na osnovu izraza (22) može se zaključiti da se bočne reakcije tla $(Y_1,\ Y_2)$ smanjuje se sa povećanjem tangencijalnih reakcija $(X_1,\ X_2)$ usled vuče ili kočenja. Time se, za iste uslove prianjanja, smanjuje poprečna stabilnost vozila. 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 tangencijalne reakcije 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.

5. 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

uslova ravnoteže u odnosu na podužnu osu koja prolazi kroz oslonu tačku točkova 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.

6. 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 na ovu 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 ugao poprečnog 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 da se 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 $\varphi \geq 0{,}8$. 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 vrednosti brzina v_s i v_p su vrlo 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 ($\varphi \leq 0{,}4$) gotovo uvek dolazi do klizanja pre prevrtanja.

U prethodnom delu rada korišćeni su sledeće oznaske i indeksi: G - težina vozila; R_t, R_v, R_p – otpori, vazduha i prikolice; Z, Y, X – ukupna, normalna i tangencijalna rekcija 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 trenja; indeksi: 1,2 – prednja i zadnja osovina.

7. 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 putu i analiza klizanja 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 na 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 eksploataciono tehničkim 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 može da dovede 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 nastaje zbog nedovoljne stabilnosti i upravljivosti, ali i zbog nedovoljne veštine upravljanja ovakvim vozilima.

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 bezbednosti saobraćaja. Činjenica da veliki broj udesnih događaja nastaje zbog neprilagođene brzine kretanja vozila uslovima saobraćaja, jasno govori o njenom značaju. Treba imati 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.

8. LITERATURA

Dedović V., Mladenović D., Sekulić D. (2017): Dinamika vozila, Saobraćajni fakultet, Beograd

Lenasi. J., Žeželj S.., Danon G. (1995), Motorna vozila, Saobraćajni fakultet, Beograd

Krstić B. (2009): Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac

Krstić B. (1991-1995): Primena teorije stabilnosti na optimizaciju upravljanja privrednih vozila „Zastava-Kamioni" , projekat finansiran od Saveznog ministarstva za nauku i tehnologiju SR Jugoslavije- fond za nauku, Evidencioni broj projekta ТСИ179, rukovodilac projekta B. Krstić sa Mašinskog fakulteta u Kragujevcu

Simić D. (1988): Motorna vozila, Naučna knjiga, Beograd

UN ECE propisi (UN ECE 111, UN ECE 79,…)

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

PRERADA VOZILA SA BENZINSKIM POGONSKIM MOTOROM U VOZILA NA ELEKTRO POGON*

CONVERSION THE VEHICLES WITH THE GASOLINE MOTOR IN ELECTRIC POWER VEHICLES

Aleksandar Stjepanović, Miroslav Kostadinović, Goran Kuzmić
Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj, Bosna i Hercegovina, aco_stjepanovic@yahoo.com, kostadinovicm@gmail.com, goran.kuzmic1973@gmail.com

***Apstrakt**: U radu je analiziran i u kratkim crtama opisan postupak prerade vozila sa klasičnim benzinskim pogonskim agregatom u vozilo na elektro pogon na bazi istosmjernog motora sa serijskom pobudom. Za izradu prototipa odabrano je vozilo male mase namijenjeno za prevoz putnika i robe na malim udaljenostima. U nastavku rada su detaljnije analizirane sve komponente korištene u procesu prerade vozila.*

***Ključne riječi:** električna vozila, baterije, elektro motor*

***Abstract**: The paper analyzes and briefly describes the process of processing vehicles with a conventional gasoline generator in the electric-driven electric vehicle on the basis of the dc motor with a series drive. A small vehicle intended for the carriage of passengers and goods in small distances was selected for the design of the prototype. In the continuation of the work, all the components used in the process of processing the vehicle are analyzed in greater detail.*

***Key words:** electric vehicles, battery, electric motor*

1. UVOD

Razvoj automobilske industrije i njene tendencije ukazuju na ubrzanu primjenu vozila na elektro pogon umjesto klasičnog pogona na fosilna goriva. Istorijat vozila na elektro pogon šeže još u daleke godine početka 20. vijeka. Ponuđena rješenja savremene automobilske industije još nisu riješila sve probleme vezane za elektro vozila (Vražić i dr., 2014). Slaba pokrivenost stanicama za punjenje, velika masa baterija, mali radijus kretanja sa jednim punjenjem, samo su neki od problema koje je potrebno riješiti (Stević, 2012).

Analizom potreba prosječnog vozača može se zaključiti da se više od 80% potreba za transportom može riješiti sa malim vozilom na elektro pogon manje brzine i malog radijusa kretanja. U većini slučajeva prosječan korisnik pređe dnevno 20-30km, sa potrebnom maksimalnom brzinom od 50km/h. Na osnovu pretpostavljenih potreba, odabrano je vozilo koje bi zadovoljilo tražene parametre a čiji bi pogonski agregat činio elektro motor (Mohamed, 2016). Odabir vozila za preradu išao je u nekoliko pravaca. Vozilo bi trebalo da može transportovati najmanje dva putnika, da je lagano, da ima mali koeficijent otpora, da je manjih dimenzija i da je pogodno za gradsku vožnju. Kod odabira pogonskog motora zbog traženih karakteristika vozila (mala masa, manji dnevni radijus kretanja, maksimalna brzina do 50km/h), odabran je motor vrlo male snage, ali velikog startnog obrtnog momenta.Vozilo

* ***Originalni naučni rad***

predstavlja prototip i namijenjeno je eksperimentalnim istraživanjima sa namjerom da se registruje i koristi u svakodnevnom transportu. Odluka je pala na klasični serijski DC motor za pogon elektro viljuškara. Ovi motori imaju odlične pogonske karakteristike, vrlo veliki pogonski moment pri malom broju obrtaja motora, što je garancija za uspješno pokretanje vozila iz stanja mirovanja. Planirani radijus kretanja je 15-20km/po punjenju, sa maksimalnom brzinom od 50km/h.

2. METODE

Prije praktične realizacije vozila izvršeni su osnovni proračuni potrebne snage i broja obrtaja motora za pogon elektro vozila. Za eksperiment je odabrano vozilo Daewoo Tico mase 630kg relativno dobrih voznih karakteristika. Odabrani motor je proizvođača "Rade Končar" snage 2kW, napona 40V, sa strujom 72A i brojem obrtaja 1650 o/min. Kao regulator broja okretaja pogonskog motora iskorišten je MOSFET regulator proizvođača CURTIS tip 1205M sa izlaznim naponom 48V. Zbog većeg izlaznog napona povećava se i broj obrtaja motora na procjenjenih 2200 o/min, što bi trebalo da zadovolji potrebu za maksimalnom brzinom od 50km/h. Papučica gasa je spojena sa potenciometrom vrijednosti 0-5KΩ koji je spojen na regulator broja okretaja motora.

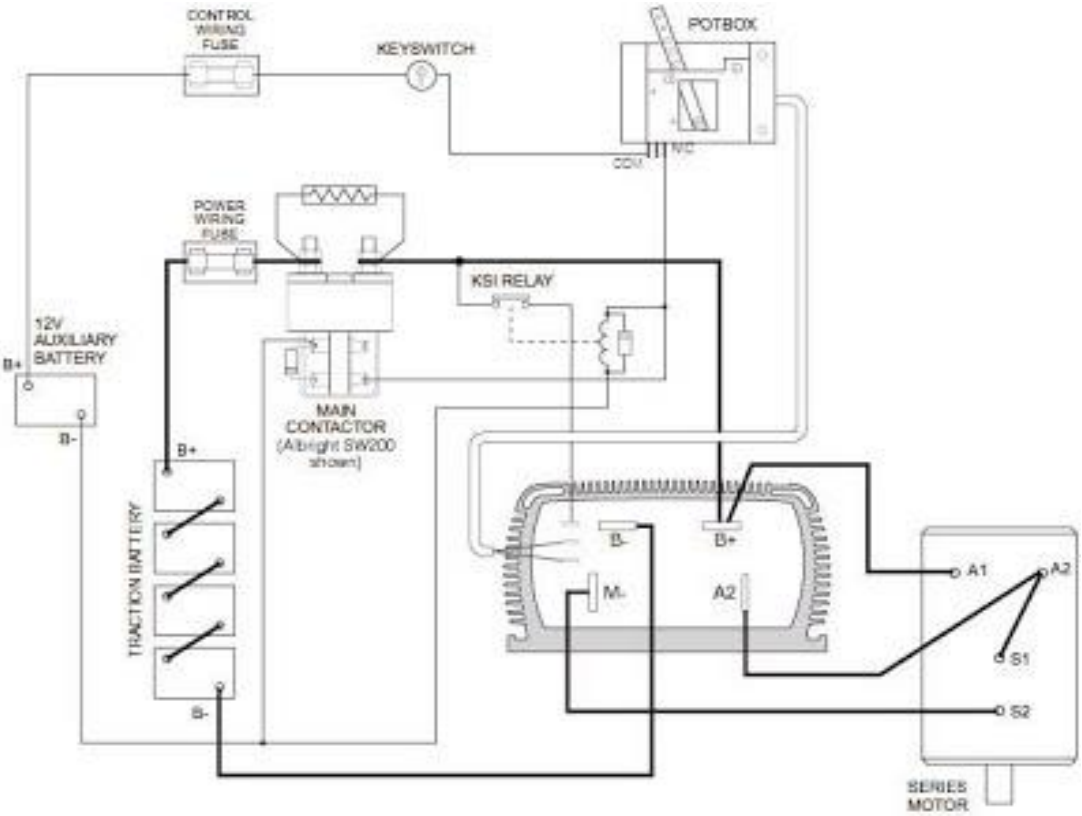
Za smještanje električne energije odabrane su polovne baterije AGM Powerfit tip S312/40 G5 kapaciteta 40Ah, 8 kom, gdje su po dvije spojene u paralelu a nakon toga četiri u seriju, što ukupno čini 48V, kapaciteta 80Ah, teorijski. Poznato je da zbog Peukertovog efekta dostupni kapacitet baterije iznosi 0.55xkapacitet baterije. Time stvarni kapacitet baterijskog bloka iznosi u idealnom slučaju 44Ah. Sledeći obrazac pokazuje potrebnu snagu za održavanje brzine vozila od 50km/h, uz unijete ostale podatke za vozilo Daewoo Tico:

$$P := (m \cdot 9.81 \cdot v \cdot r) + \left(0.6465 \cdot cd \cdot A \cdot v^3\right) = 2148.871536 \quad (1)$$

gdje su: m-masa vozila u kg, v-brzina u m/s, r- otpor kotrljanju, cd- otpor vazduha, A- površina visina*širina vozila.

Vidljivo je iz obrasca da je potrebna snaga motora 2,148kW za brzinu vozila od 50km/h. Motor koji je korišten u eksperimentu ima nazivnu snagu od 2kW-pogon S60 što znači da se ovaj motor može opteretiti 1h nazivnom snagom, a nakon toga je potrebno napraviti pauzu.. Maksimalna snaga koju motor može isporučiti 3sek. iznosi preko 5kW što je sasvim dovoljno za kratkotrajna preopterećenja. Zbog planiranog radijusa kretanja vozila od 20km, može se zaključiti da bi vozilo pri brzini od 50km/h prešlo put od 20km za 24min, tako da motor ne bi radio duže od ovog vremena, neprekidno. Na vozilu je zadržan mijenjač bez spojke tako da se u vožnji može vršiti promjena brzina. Spoj vratila motora i osovine na mjenjaču napravljen je pomoću trokrake kandžaste spojke čime je postignuta fleksibilnost spoja.

Na slici 1. prikazana je šema spajanja energetskog dijela elektro vozila (Manual Curtis, 2009).



Slika 1. Šema spajanja energetskog dijela elektro vozila

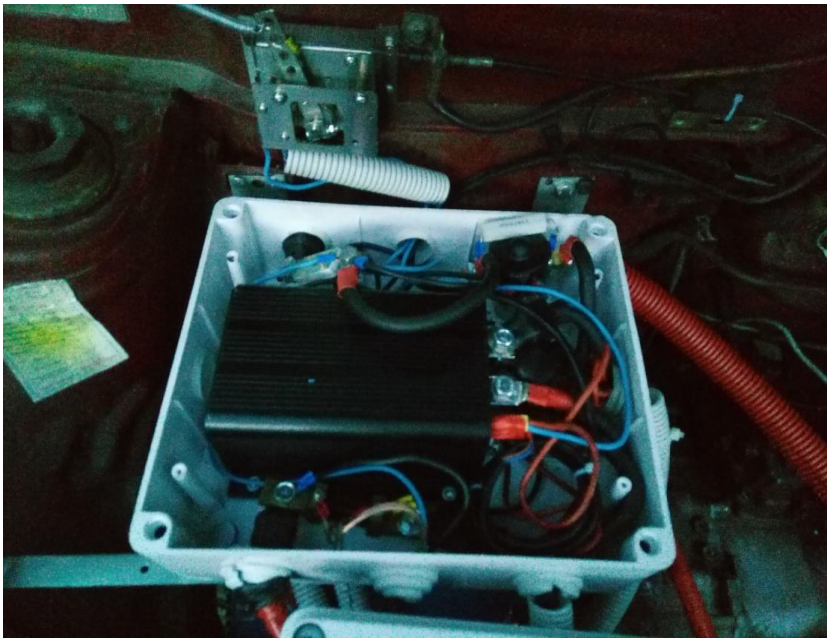
Vidljivo je sa šeme da je instalacija pogonskog dijela vrlo jednostavna sa par glavnih komponenti, osigurači, snažni kontakteri za struje 150A, otpornik snage 10W i otpornosti 250Ω za sprečavanje iskrenja kod pokretanja regulatora te mali pomoćni relej i prekidač ključa.

3. REZULTATI

Prototip vozila je testiran u ograničenim uslovima zbog nemogućnosti direktnog učešća u saobraćaju. Dobijeni rezultati su zadovoljavajući. Radijus kretanja u zavisnosti od terena iznosi između 10 i 15km, što je manje od očekivanog, vjerovatno zbog starih baterija. Postignuta brzina na ravnom terenu u četvrtom stepenu prenosa iznosi 45km/h. Vozilo je vrlo jednostavno za voženje. Potrebno je dati kontakt čime se uključuje glavni kontakter i regulator. Zatim ubaciti u željeni stepen prenosa (najčešće u treći, eventualno drugi) te pritiskom na papučicu gasa vozilo se pokreće. Vožnja unatrag zahtjeva kao i kod klasičnog vozila izbor potrebne brzine (R) na mjenjačkom prenosu. Na slici 2. prikazan je izgled vozila sa osnovnim komponentama:

Slika 2. Izgled unutrašnjosti motornog pogona

Na slici 3. prikazana je upravljačka kutija sa glavnim komponentama, regulator, kontakteri, osigurači te potenciometar povezan preko čelične sajle sa papučicom gasa.



Slika 3. Upravljačka kutija sa glavnim komponentama

4. DISKUSIJA

Osnovna zamisao da se izvrši konverzija malog putničkog vozila sa benzinskim motorom u vozilo na elektro pogon, pogodno za vožnju na malim relacijama realizovana je kroz razvoj eksperimentalnog–prototipa vozila tipa Daewoo Tico. Dobijeni rezultati tokom eksperimentalnog istraživanja u velikoj mjeri se poklapaju sa razultatima dobijenim proračunom. Vrlo je važno napomenuti da je iz standardnog vozila uklonjen postojeći

benzinski motor, zatim rezervoar za gorivo i sve ostale nepotrebne komponente, čime je vozilo dodatno rasterećeno. Dodatna masa u elektro vozilu predstavlja elektro motor, težine 25kg, te baterijski blok težine 114kg. Ravnomjernom raspodjelom težine, nisu narušene vozne karakteristike vozila.

5. ZAKLJUČAK

Provedena istraživanja pokazuju da se optimalnim izborom komponenti može uz relativno mala finansijska ulaganja realizovati konverzija starog vozila sa klasičnim pogonom na fosilna goriva, u vozilo na elektro pogon. Prednosti vozila na električni pogon u odnosu na standardna vozila ogledaju se u malim troškovima održavanja, niska cijena po pređenom kilometru, nema zagađenja okoline te jednostavno punjenje vozila i u kućnim uslovima. Nedostaci kod ovakvih vozila predstavljaju skupe komponente za preradu, ovo se pogotovo odnosi na kvalitetne baterije, mali radijus kretanja, te u Bosni i Hercegovini slaba ili gotovo nikakva javna mreža za dopunu vozila. Važno je istaći da su tendencije u svijetu, Evropskoj uniji, uveliko razlikuju od stanja u BiH. Tamo je razvijena mreža za dopunu vozila te skoro svi proizvođači vozila imaju u svojoj ponudi po nekoliko modela na elektro pogon.

6. LITERATURA

Edited by Mohamed Amine Fakhfakh (2016). Modeling and Simulation for Electric Vehicle Applications, Published by ExLi4EvA, ISBN-10:953-51-2637-7.

Edited by Zoran Stevic (2012). New Generation of Electric Vehicles, InTech, Janeza Trdine 9, Rijeka, Croatia.

Manual Curtis Instruments (2009). Models 1204M, 1205M, Design of Curtis PMC 1200 Series Controllers Protected by US. Patent No. 4626750.

Mario Vražić, Hrvoje Pauković, Damir Vuljaj, Ivon Šimon, (2014). Analiza prerade vozila na električni pogon, Hrvatski ogranak međunarodne Elektrodistibucijske konferencije-HO CIRED, Trogir,SO4-16.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

KARAKTERISTIKE MOBILNOSTI STANOVNIŠTVA U NOVOM SADU*

CHARACTERISTICS OF MOBILITY IN NOVI SAD

Ana Vujičić

Unverzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za saobraćaj, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad 21 000, Srbija, ana.vujicic@uns.ac.rs

***Apstrakt**: Mobilnost je broj putovanja pojedinca/karakteristične grupe u posmatranom vremenskom periodu. U radu su prikazani dosadašnji rezultati i zaključci na osnovu istraživanja mobilnosti stanovništva u Novom Sadu. Korišćena je sveobuhvatna baza podataka, formirana za potrebe "Novosadskog saobraćajno - transportnog modela". Praksa planiranja saobraćaja u Novom Sadu je tradicionalana, a istraživanja ovakvog tipa su u skladu sa aktulenim svjetskim trendovima. Cilj ovog rada je predstavljanje jednog od početnih načina za modelovanja saobraćajne potražnje. Predmet rada je utvrđivanje mobilnosti u funkciji izabranih parametara (polno – starosne strukture ispitanika tako i u funkciji socio – ekonomskih parametara domaćinstva). Rezultati su zasnovani na odgovorima ispitanika iz dnevnika putovanja u jednom danu, te anketnog upitnika na nivou domaćinstva svakog od njih, kao i pilot istraživanja - ankete biciklista i osoba sa invaliditetom. Rezultati su predstavljeni korišćenjem deskriptivne statistike i regresione analize. Metodologija proračuna mobilnosti je bazirana na primjeni tzv. kategorijske analize. Značaj ovog rada je u pronalaženju i matematičkom oblikovanju parametara uticaja na generisanje putovanja. Značaj dopunskih pilot istraživanja je u tome što se u gradu Novom Sadu ulaže u biciklističku mrežu, radi povećanja biciklističkih putovanja u vidovnoj raspodjeli i uopšte dizajnu infrastrukture pristupačne za sve kategorije učesnika u saobraćaju. Inače, potrebna su periodična istraživanja radi ukazivanja na probleme korisnika saobraćajnog sistema i poboljšanja trenutne saobraćajne ponude.*

***Ključne riječi:** planiranje saobraćaja, mobilnost, model generisanja (nastajanja) putovanja*

***Abstract**: The mobility is based on number of trips by person or group per some period. Many results are shown in this paper were based on fewest researchs of mobility in city of Novi Sad. It is used the database from "Novi Sad transportation model". The traffic planning is been traditional in Novi Sad. So this paper is accordnig to actual world trends. The aim of this paper is represend one of the first step by modelling traffic demand. The subject of this paper is estimating of the mobility in function of selected parameters (as gender and age and also in function of socio – economic parameters). Results are based on an "Individual questionnaire", a "Household questionnaire" and pilot projects an "Individual questionnaire of cyclists" and an "Individual questionnaire for persons with disability" . Results are shown with using methods of descriptive statistics and with using the regresion analysis. The methodology in this paper is based on the principle of category analysis. The significance of this paper is identifying and mathematically modeling of parameters on trip generation rates With investment into bicycle infrastructure and into accessible design for all users in traffic, the city of Novi Sad is trended to be a city with the concept of sustainable mobility. Periodic surveys are enabled transcendencing of problems traffics' users and to improve the traffics' offer in the city.*

***Key words:** traffic planning, mobility, trip generation model*

1. UVOD

Posmatrajući stanovništvo u urabnim sredinama, uviđaju se različitosti pri vršenju njihovih putovanja. Na tom osnovu se stvaraju se određene zakonitosti, od značaja za saobraćaj u gradskoj mreži. U oblasti saobraćajnog planiranja i modelovanja, pojam *putovanje* (Vračarević, 2002) se shvata kao promjena mjesta boravka na dnevnom nivou (koristeći neki vid prevoza/pješačenje) radi obavljanja određene aktivnosti (motiva, svrhe) što će rezultovati

* ***Stručni rad***

vremenakim trajanjem (u minutima, satima). Svrsishodno, *mobilnost* (Vračarević, 2002) je broj putovanja u vremenu izvršen od pojedinca ili karakteristične grupe. *Planiranje* (Vračarević, 2002) je upravljačka funkcija u složenim sistemima, kao i politika programa, postupaka i metoda za njihovo ostvarivanje. *Saobraćajni modeli* (Basarić, 2013) spadaju u grupu matematičkih modela i koriste se za formalno opisivanje procesa koji nastaju u saobraćaju. Odnose se na niz korisnika saobraćajnog sistema na posmatranoj teritoriji. Četverostepeni lanac saobraćajnih modela je u globalu najprimjenljiviji i sastoji se od sledećih koraka:

1. Modeli generisanja (nastajanja) putovanja (eng. *Trip generation*) – ukupan broj putovanja koje produkuje ili privlači saobraćajna zona;

2. Modeli prostorne distribucije putovanja (eng. *Trip distribution*) – između svakog para zona pri posmatranom području.;

3. Modeli raspodjele putovanja na vidove prevoza (eng. *Modal split*) – raspodjela ukupnog broja putovanja između svakog para zona na vidove prevoza;

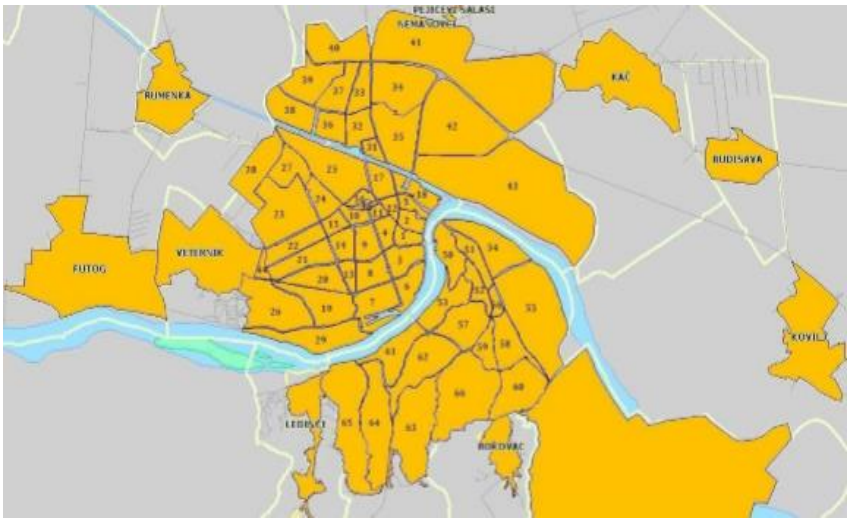
4. Modeli raspodjele tokova – pripisivanje putovanja na mrežu (eng. *Assignment on network)* – pripisivanje svih izvorno – ciljnih putovanja na posmatranu saobraćajnu mrežu, odnosno njene elemente (Basarić, 2013).

Odluke o organizovanju saobraćaja, formiranju saobraćajne ponude i upravljanju saobraćajnom potražnjom, veoma utiču na kvalitet života građana i vizuelni identitet grada. Obzirom da je saobraćaj urbanih sredina otvoren i kibernetički sistem, koji nailazi na mnoga ograničenja - potrebno je vršiti planiranje, organizovanje i upravljanje njime, naročito putem testiranja. Predmet ovog rada je proračun mobilnosti u funkciji kategorije stanovnika (ispitanika - građanina). Metodologija ovog rada je bazirana na statističkoj obradi podataka, ali sa nesvakidašnjim pristupom, kako bi se nešto tradicionalnijem pristupu zastupljenom ranije - izvršila dopuna. Istraživanja saobraćaja u gradovima Republike Srbije nikada nisu, u dovoljnoj mjeri, uzimala u obzir polnu i starosnu strukturu pri definisanju osnovnih karaktersitika putovanja. Takođe, obezbjeđenje i unaprijeđenje kretanja osoba sa invaliditetom je u ranijim planerskim studijama izostavljeno. Postoje mnoge studije izdate od strane udruženja tih kategorija stanovništva, ali sa druge strane potrebno je mnogo više zalaganja inženjera u smislu predloga i izvođenja mjera. Biciklistički saobraćaj u vidovnoj raspodjeli putovanja u gradu je često zanemaren. Istraživanja istog nisu ažurna. Autorka smatra da su glavni nedostaci predhodnih studija upravo u nezabilježavanju pitanja poput prihoda domaćinstva, stanovanja – da li u stanu/da li u kući, detekcije bilo kakvog invaliditeta kod ispitanika kao i u tome što ne postoji više automatskih brojača biciklističkog saobraćaja u gradu. Cilj ovog rada je predstavljanje jednog od početnih načina za modelovanja saobraćajne potražnje. Sa inženjerskog aspekta predstavlja alat za reorganizaciju saobraćaja u gradu, a sa sociološkog aspekta, nosi informativno – promotivni karakter, koji npr. može da navede čitaoca na promjene stavova i navika u saobraćaju. Mjesto istraživanja je gradsko područje Novog Sada (centar AP Vojvodine, Srbija, odlikuje se povoljnom klimom i reljefom, te razvijenom mrežom gradskih saobraćajnica i biciklističkih staza). Takođe, poslednjih godina grad se odlikuje porastom broja stanovnika i turista, kao i proglašenjem za *"Omladinsku prestonicu Evrope 2019. godine"* i *"Evropsku prestonicu kulture 2021. godine"*. U saobraćajnom smislu, grad je u prošlosti planski građen, sadrži odvojene stambene blokove, široke bulevare i 85 km dugačku mrežu biciklističkih staza. Ipak, stanovništvo se suočava sa sve većim stepenom motorizacije i zagušenjem mreže pri vršnim časovima. Fundamentalni

značaj ovog rada je u pronalaženju i matematičkom oblikovanju parametara uticaja na generisanje (nastajanje) putvanja u gradu.

2. METODE, MATERIJALI I PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Za potrebe izrade ovog rada (proračun u Poglavljiu 3.1. i Poglavlju 3.2.) korišćeni su podaci iz baze podataka *Saobraćajna studija Grada Novog Sada sa dinamikom uređenja saobraćaja* – tzv. NOSTRAM (skupljeni 2009. godine) i to konkretno iz *Ankete u domaćinstvima, sa individualnim dnevnikom putovanja*. Studija NOSTRAM je prodrazumjevala vršenje i analizu: ankete u domaćinstvima, ankete vozača na spoljnom kordonu, anketa putnika i korisnika međumjesne autobuske i željezničke stanice, brojanje saobraćaja na svim značajnim raskrsnicama na području grada, snimanje parametara saobraćajnog toka na uličnoj mreži (brzine), brojanje saobraćaja na spoljnom kordonu, anketiranje i brojanje korisnika pojedinih parkirališta u gradu. Ishod studije je dvojak, sagledano je i predstavljeno stanje saobraćaja u gradu, sa predlozima poboljšanja u skladu sa Generalnim urbanističkim planom. Sa druge strane, podaci su iskorišćeni za proizvodnju Modela saobraćaja u softverskom paketu "VISUM". Studija je predstavljena stručnoj javnosti i građanima u vidu "Osnovne knjige" i sedam pratećih knjiga: rezultati brojanja saobraćaja, mjerenje parametara saobraćajnog toka, anketa domaćinstva, analiza rezultata istraživanja, biciklistički saobraćaj. parkiranje, evaluacija. Na Slici 1. prikazano je područje gradskih naselja Novog Sada, prema rasporedu saobraćajnih distrikata, kao i položaj najbližih prigradskih naselja. Svi ispitanici su žitelji nekog od prikazanih distrikata (NOSTRAM – knjiga: osnovna, 2009).



Slika 1. Raspored saobraćajnih distrikata u NS i položaj prigradskih naselja (NOSTRAM, 2009)

Rezultati su predstavljeni u četiri podstudije, sve sa istim ciljem – izračunavanjem mobilnosti (kao zavisne varijable) u funkciji neke nezavisne varijable, karakteristične za stanovništvo. Za rezultate koji će biti predstavljeni u Poglavlju 3.1., uzorak čini 4 147 anketa u domaćinstvima odnosno 8 640 individualnih dnevnika putovanja iz sveobuhvatne baze podataka. Korišćena je Anketa u domaćinstvima sa pratećim elemenitma - Upitnik za domaćinstvo, Individualni upitnik i Dnevnik putovanja (NOSTRAM – KNJIGA III, 2009). Podaci su razvrstani prema polu (muški i ženski) i prema osam smislenih starosnih kategorija (6 – 15, 16 – 18, 19 – 25, 26 – 35, 36 – 45, 46 – 55, 56 – 65, preko 65 godina). Mobilnost

pojedinca je kao zavisna promjenljiva izračunata u funkciji pola odnosno starosti tog pojedinca, te je razmatrana sa apekata osnovnih karakteristika putovanja (prevoz, svrha, trajanje i sl.). Reprezentativnost uzorka je postignuta višeetapnim načinom projektovanja uzorka, a slučajnost je postignuta sa primjenom metodološkog koraka. Omogućena je anketa prema teritorijalnoj naseljenosti saobraćajnih zona. Dakle, broj anketiranih domaćinstava je u zavisnosti od ukupnog broja domaćinstava u svakoj saobraćajnoj zoni (NOSTRAM – KNJIGA III, 2009). Rezultati koji će biti predstavljeni u Poglavlju 3.2., su nastali izdvajanjem 1 593 anketa u domaćinstvima, te 4 085 individualnih dnevnika putovanja iz polazne sveobuhvatne baze Anketa u domaćinstvima sa pratećim elementima - Upitnik za domaćinstvo, Individualni upitnik i Dnevnik putovanja (NOSTRAM – KNJIGA III, 2009). Postavljena je polazna hipoteza da površina stana sinhronizuje prihod domaćinstva (nepoznat u anketi). Prema inostranim iskustvima, naročito u (Ortuzar i Willumsen, 2011) preporučuje se konfigurisanje različitih demografskih i socio – ekonomskih parametara u cilju proračuna mobilnosti. Smatra se da broj kvadratnih metara stambene površine u posjedu/iznajmljivanju odnosno održavanju stana pokazuje kupovnu moć. Mobilnost domaćinstva je kao zavisna promjenljiva izračunata u funkciji nezavisno promjeniljive – površina stana (kvadratnih metara). Mobilnost domaćinstva je izračunata i u funkciji broja članova domaćinstva, te u funkciji stepena motorizacije domaćinstva (broja putničkih automobila u posjedu).

Rezultati u Poglavlju 3.3. predstavljaju pilot istraživanje na teritoriji grada, vršeno tokom 2016. godine. Korišćeni su odgovori iz 30 anketa (i dnevnika putovanja) osoba sa invaliditetom. Ankete su formirane od predstavnika udruženja za osobe sa invaliditetom i autorke. Cilj pilot istraživanja da se ukaže na razlike u visini mobilnosti osoba sa invaliditetom u odnosu na osobe bez poteškoća. Ciljna grupa bili su ispitanici koji jesu osobe sa nekom vrstom invaliditeta, ali koji su pri tom zaposleni i mogu da računaju na pomoć personalne asistencije. Naposlijetku, rezultati dopunskog istraživanja iz 2016. godine, dati su u Poglavlju 3.4. Korišćeni su odgovori dobijeni iz 163 *on - line* anketna obrasca. Cilj dopusnkog istraživanja je da se detektuje položaj biciklista u vidovnoj raspodjeli putovanja u gradu, obzirom na porast istih. Ispitanici su bili aktivni biciklisti na teritoriji grada. Obrada podataka je zasnovana na osnovnim statističkim analizama poput deskriptivne statistike, korelacije, te regresione analize. Korišćen je i metod kategorijske analize (eng. *Cross - classification analysis*). Softveri za obradu i prezentaciju podataka su MS EXCEL i SPSS (eng. *Statistical Package for Social Studies*).

3. REZULTATI

Slijedi prikaz rezultata istraživanja prema opisanim metodologijama. Radi lakšeg razumjevanja tematike, treba znati da su osnovne karakteristike svakog putovanja: lokacija - izvor i cilj, svrha (motiv), vid prevoza i trajanje.

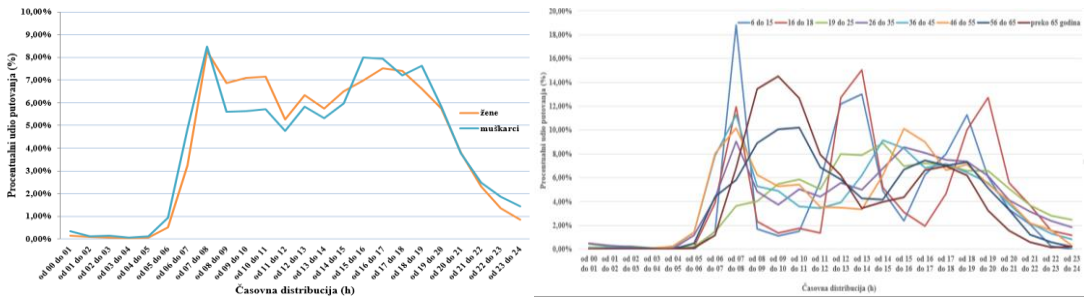
3.1. Mobilnost u funkciji jednog ispitanika

U Tabelama 1 i 2, dati su rezultati proračuna mobilnosti u funkciji osnovnih karakteristika putovanja, respektivno, prema polnoj i starosnoj strukturi. Ispod tabela pogledati skraćenice radi tumačenja predstavljenih rezultata.

Tabela 1. Osnovne karakteristike putovanja među polovima

POL/ FAKTOR:	% PUT	m	NIJE PUT	NAČIN - najčešće	NAČIN - minimalno	SVRHA - najčešća
MUŠKI	48,88%	3.06	5,74%	PJEŠ(40.16%), PA – vozač (29.75%), JGP (18.27%)	VOZ (0.05%)	kuća/stan(42.61%), posao (15.02%), kupovina (8.24%)
ŽENSKI	51,12%	3.05	7,13%	PJEŠ(54.06%), JGP(23.59%), PA – putnik (8.37%)	VOZ, MOT (0.05%)	kuća/stan(42.63%), kupovina(13.55%), posao (10.48%)
POL/ FAKTOR:	**SVRHA - minimalna**	**SREDNJE TRAJANJE**	**JVČ**	**% put u jvč**	**PVČ**	**% put u pvč**
MUŠKI	službena posjeta (1.52%)	16.16 minuta	07 do 08 h	8,46%	15 do 16 h	8,00%
ŽENSKI	službena posjeta (0.80%)	17.34 minuta	07 do 08 h	8,28%	16 do 17 h	7,52%
Skraćenice	% - procentualni udio za neki pokazatelj, PUT – putovanje, NIJE PUT – nije izvršeno putovanje, m – mobilnost [putovanja/dan/ispitaniku], JVČ – jutarnji vršni čas, PVČ – popodnevni vršni čas; PJEŠ – pješačenje, PA – putnički automobil (voz – vozač, put – putnik), JGP – javni gradski prevoz, VOZ – željeznica, ARO – autobus radne organizacije, MOT – motociklo;					

Na Slikama 2 i 3 je vremenska raspodjela putovanja, respektivno prema polnoj i starosnoj strukturi. Oba pola putuju jednako, odnosno ostvaruju prosječnu dnevnu mobilnost 3 putovanja/dan. Razlike se javljaju pri osnovnim karakterisitikama putovanja. Žene su ostvarile više putovanja u ukupnom broju putovanja (51,12%). Žene imaju i veći procenat nerealizacije putovanja, tako da 7,13% nije putovalo. Žene ostvaruju više putovanja pješačenjem u odnosu na muškarce (za oko 14%) i za 5% više koriste javni prevoz, a sa druge strane duplo manje putovanja obavljaju putničkim automobilom kao vozači. U raspodjeli svrha putovanja žene duplo više odlaze u kupovinu (i takođe, obavljaju usluge) nego muškarci, ali muškarci za 5% više ostvaruju radnih putovanja. Žene ostvaruju duže srednje putovanje za minut više od muškaraca, a i popodnevni vršni čas (16 – 17 h) pomjeren u odnosu na isti kod muškaraca.



Slika 2 i 3. Vremenska raspodjela putovanja među polovima i među starosnim kategorijama

Na Slici 2 se uočava izraženost putovanja žena u periodu 8 – 17 h, a razlog takvoj časovnoj distribuciji je manja zaposlenost i veće angažovanje oko obaveza u kupovini, uslugama i posjetama. Na Slici 3 je data raspodjela putovanja po časovima, u funkciji starosnih grupa. Evidentno je da se grafikon može posmatrati sa tri aspekta, sa aspekta putovanja grupe od 6 do 15 i od 16 do 19 godina/sa aspekta putovanja svih grupa između 19 i 56 godina/te naposlijetku sa aspekta grupa od 56 do 65 i preko 65 godina. Uviđa se aktivnost prema primarnim putovanjima, vezanim za školu i posao. Smatra se da stanovništvo preko 56 godina nije zaposleno u dovoljnoj mjeri pa se javljaju odstupanja. Stanovništvo između 19 i 25 godina

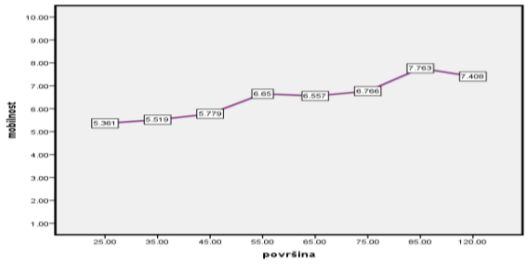
jedino putuje cijeli dan u svim satima, te je najmobilnija grupa sa iznosom mobilnosti 3,50 putovanja/dan. Pri posmatranju mobilnosti u grupama starijim od 25 godina uočava se da mobilnost opada sa porastom godina. Najnižu mobilnost ostvaruju ispitanici između 6 i 19 godina, smatra se zbog putovanja vezanih za školu.

Dati su komentari (u nastavku teksta) koji su najznačajniji za ovakav tip istraživanja. Uočena su najveća odstupanja kod grupe ispitanika između 36 i 45 godina. Naime ta grupa ostvaruje najveću mobilnost, najduže srednje trajanje putovanja i najviše koristi putnički automobil u svojstvu vozača, čak 37% ispitanika. Grupe ispitanika između 6 i 19 godina ostvaruju najviši procenat putovanja u vršnim časovima (školska putovanja), a inače nisu mobilne grupe u ostalim svrhama. Najduže srednje putovanja ostvaruje grupa 19 – 25 godina. Karakteristično za ovu grupu je da ostvaruje 50% putovanja pješačenjem, te da su vršni časovi pomjereni (razlog – svrha fakultet, putuje se oko 10h i oko 14h u najvećoj mjeri). Uočeno je da stanovništvo starije od 56 godina nema radnih putovanja (iako je radni vijek duži), dosta manje koristi putnički automobil, te ima dosta pomjeren jutarnji vršni čas (10 – 11h) u odnosu na mlađe kategorije.

Generalno, osnovne karakteristike putovanja, u najvećoj mjeri zavise od primarnih putovanja – odlaska na posao/školovanje i povratka kući. Svakodnevna angažovanost, prihodi i prateće obaveze oko domaćinstva/porodice uslovljavaju sve veći broj putovanja. Tradicija, kultura, saobraćajna infrastruktura, mjesto stanovanja samo su neki od uticaja koji oblikuju brojčane rezultate predstavljene u Tabeli 2.

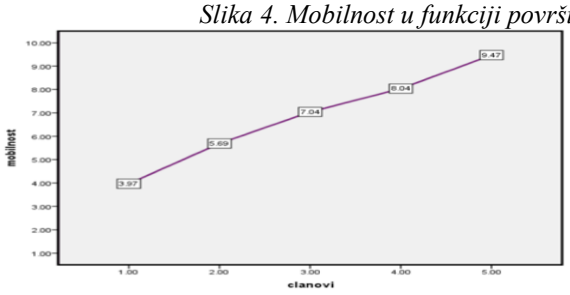
3.2. Mobilnost u funkciji domaćinstva – grupe ispitanika

Poštujući princip opisan u Poglavlju 2, na osnovu izdvojenih uzoraka i hipoteze, izvršene su regresiona analiza radi ocjene pogodnih nezavisno promjenljivih varijabli od uticaja na mobilnost, kao i unakrsno – kvalifikaciona analiza za kombinovanje uticaja između dvije, odnosno između sve tri nezavisne promjenljive. Konačno, pri Slikama 4, 5 i 6 su grafički prikazani rezultati regresione analize, respektivno, bazirani na linearnoj zavisnosti mobilnosti u funkciji od površine stana, broja članova u domaćinstvu i stepena motorizacije u domaćinstvu.



Obrazac (1)
m = 0,025 * P + 4,868
R^2 = 0,796 (≈ 80%)
gdje su:
m – mobilnost [putovanja/dan/domaćinstvu],
P – površina stana [m^2],
R^2 – koeficijent determinacije (%).

Slika 4. Mobilnost u funkciji površine stana (domaćinstva)



Obrazac (2)
m = 1,335 * ČL + 2,837
R^2 = 0,993 (≈ 100%)
gdje su:
m – mobilnost [putovanja/dan/domaćinstvu],
ČL – broj članova,
R^2 – koeficijent determinacije (%).

Slika 5. Mobilnost u funkciji broja članova u domaćinstvu

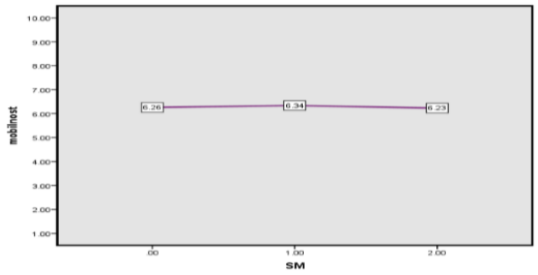
Tabela 2. Osnovne karakteristike putovanja među starosnim grupama

GODINE/ FAKTOR	% PUT	m	NIJE PUT	NAČIN - najčešće	NAČIN - minimalno	SVRHA - najčešća	SVRHA - minimalna	SREDNJE TRAJANJE	JVČ	% put u jvč	PVČ	% put u pvč
6 do 15	4,77%	3.02	3,86%	PJEŠ (72%), JGP (13.17%) PA–put (12.05%)	MOT, ARO, VOZ (0%)	kuća/stan (46.70%), škola (30.81%), rekreacija (7.42%)	službena posjeta (0%)	12.33 minuta	07 do 08 h	19,00%	13 do 14 h	13,00%
16 do 18	2,06%	3.24	4,19%	JGP (46.44%), PJEŠ (45.86%), PA- put (2.31%)	MOT, ARO, VOZ (0%)	kuća/stan (44.32%), škola (33.14%), izlazak/razonoda (8.67%)	službena posjeta (0.19%)	19.69 minuta	07 do 08 h	11,95%	13 do 14 h	15,03%
19 do 25	19,83%	3.49	2,88%	PJEŠ (49.6%), JGP (29.40%), PA - voz(7.27%)	VOZ (0.08%)	kuća/stan (40.38%), fakultet (19.54%), izlazak/razonoda (11.31%)	prevoz drugog lica (0.25%)	21.33 minuta	10 do 11 h	5,83%	14 do 15 h	8,90%
26 do 35	22,21%	3.30	3,73%	PJEŠ (40.14%), PA – vozač (23.65%), JGP (19.95%)	VOZ (0.09%)	kuća/stan (42.03%), posao (18.58%), kupovina (9.13%)	službena posjeta (1%)	14.76 minuta	07 do 08 h	9,02%	15 do 16 h	8,56%
36 do 45	13,96%	3.22	3,51%	PA - vozač (36.87%), PJEŠ (32.69%), JGP (17.15%)	VOZ (0%)	kuća/stan (42.74%), posao (24.44%), kupovina (9.77%)	škola/fakultet (0.38%)	17.91 minuta	07 do 08 h	11,25%	14 do 15 h	9,15%
46 do 55	13,18%	2.98	6,19%	PJEŠ (36 %), PA - vozač (29.76%), JGP (19.56%)	VOZ (0%)	kuća/stan (42.90%), posao (24.27%), kupovina (11.97%)	škola/fakultet (0.9%)	17.39 minuta	07 do 08 h	10,10%	15 do 16 h	10,10%
56 do 65	10,27%	2.90	7,19%	PJEŠ (51.63%), JGP (19.05%), PA – vozač (18.83%)	VOZ (0%)	kuća/stan (42.96 %), kupovina (17.33%), posao (9.85%)	škola/fakultet (0.2%)	15.63 minuta	10 do 11 h	10,19%	16 do 17 h	7,44%
preko 65	13,72%	2.38	16,04%	PJEŠ (69.21%), JGP (16.05%), PA – put(5%)	ARO (0%)	kuća/stan (44.17%), kupovina (21.96%), posao (10.66%)	škola/fakultet (0.2%)	17.57 minuta	09 do 10 h	14,50%	17 do 18 h	7,00%

SKRAĆENICE

% - procentualni udio za neki pokazatelj, PUT – putovanje, , NIJE PUT – nije izvršeno putovanje,
m – mobilnost [putovanja/dan/ispitaniku]
JVČ – jutarnji vršni čas, PVČ – popodnevni vršni čas;
PJEŠ – pješačenje, PA – putnički automobil (voz – vozač, put – putnik), JGP – javni gradski prevoz, VOZ – željeznica, ARO – autobus radne organizacije, MOT – motociklo;

Na Slici 4 su date srednje stope mobilnosti prema osam kategorisanih površina stana po principu - broj kvadratnih metara. Obrazac 1 pokazuje, matematički, jednačinu regresije kao vezu između zavisne varijable – mobilnosti i nezavisne varijable – površina stana. Dokazan je uticaj, sa koeficijentom determinacije od 80%, da mobilnost raste sa površinom stana. Znači da se navedena tvrdnja poklapa u 80% slučajeva sa terena. Na Slici 5 su date srednje stope mobilnosti prema pet kategorisanih veličina za broj članova u domaćinstvu, a pri Obrascu 2, matematički, daje se jednačina regresije koja pokazuje vezu između zavisne varijable – mobilnosti i nezavisne varijable – broj članova u domaćinstvu. Logično (100% poklapanje), da je mobilnost u okviru zajedničkog domaćinstva sve veća sa većim brojem osoba koje tu žive. Na Slici 6 prikazane su srednje stope mobilnosti, u odnosu na tri kategorije posjeda putničkog automobila (bez, posjeduje jedan ili posjeduje dva ili više putničkih automobila).



Obrazac (3)
m = - 0,015 * SM + 6,292
R^2 = 0,070 (≈ 7%)
gdje su:
m – mobilnost [putovanja/dan/domaćinstvu],
SM – stepn motorizacije [putničkih automobila/domaćinstvu],
R^2 – koeficijent determinacije (%).

Slika 6. Mobilnost u funkciji stepena motorizacije domaćinstva

Obrazac 3 predstavlja, matematički, jednačinu regresije koja pokazuje vezu između zavisne varijable – mobilnosti i nezavisne varijable – broj putničkih automobila u posjedu žitelja domaćinstva (stepen motorizacije). Svakako očekivano, da će mobilnost domaćinstva, rasti ukoliko žitelji posjeduju putnički autmobil. Ipak, pokazano je da u slučaju posjedovanja više putničkih automobila, mobilnost opada. Pošto baza podataka, nije toliko opsežna, bilo je moguće sagledavanje pojedinačnih primjera. Uočeno je da ispitanici koji posjeduju više putničkih automobila, žive u površinski većim stanovima kao i da je broj članova u domaćinstvu uvijek četiri ili više. U Tabeli 3 svaka ćelija matrice nosi stopu generisanja putovanja domaćinstva u odnosu na birane kategorije promjenljivih. Pogledati skraćenice ispod tabele radi razumijevanja. Indirekto, pokazano je da mobilnost ispitanika na nivou domaćinstva u kojem žive, raste sa porastom površine (posjeda što većeg stana), kao i očekivano, da veoma zavisi od broja članova domaćinstva. Najvažnije, potvrđena je polazna hipoteza da nezavisna promjenljiva površine stana uspješno konfiguriše kao zamjena za iznos prihoda koji je bio nepoznat. Kombinovanjem sve tri varijable, izračunato je da je najmobilnije domaćinstvo koje posjeduje automobil, u kojem živi 5 članova i površinu stana iznosi 50 m^2.

Tabela 3. Kategorijska analiza za izračunavanje mobilnosti domaćinstva - tri kategorije

		POVRŠINE STANOVA [METARA KVADRATNIH]															
PA	**ČL**	**do 30 m2**		**31 do 40**		**41 do 50**		**51 do 60**		**61 do 70**		**71 do 80**		**81 do 90**		**91 do 150**	
		b.d	**m/d.**	**b.d**	**m/d.**	**b.d**	**m/d.**	**b.d**	**m/d.**	**b.d**	**m/d.**	**b.d**	**m/d.**	**b.d**	**m/d.**	**b.d**	**m/d.**
	1	27	4,22	45,00	3,78	27	3,33	19	3,95	10	4,60	3	3,00	1	2,00	1	7,00
	2	23	7,13	65,00	5,72	61	5,46	72	5,82	27	5,67	14	4,29	3	6,00	7	5,00
0	**3**	4	6,00	17,00	5,59	22	7,05	35	7,26	31	6,84	19	7,16	14	7,93	6	8,83
	4	1	6,00	1,00	2,00	19	6,37	38	7,89	40	9,08	33	7,52	11	7,55	7	8,86
	5+	0	0,00	1,00	10,00	2	7,50	3	10,67	5	9,60	9	9,56	6	11,17	4	10,50
	1	19	4,42	39,00	4,87	33	3,73	18	3,67	6	2,83	8	3,63	2	2,50	3	5,67
	2	14	6,14	57,00	6,04	70	5,87	55	5,85	42	4,95	23	5,13	7	4,57	3	6,00
1	**3**	1	4,00	14,00	7,07	30	7,23	49	7,39	30	6,33	26	6,65	10	8,40	8	6,25
	4	0	0,00	6,00	9,33	16	8,50	46	8,26	29	7,48	27	7,59	10	7,90	6	10,17
	5+	0	0,00	3,00	9,33	5	11,80	6	9,83	6	7,83	8	9,38	5	8,60	2	5,00
	1	5	3,20	5,00	2,80	7	3,86	5	4,80	2	3,00	1	6,00	0	0,00	1	2,00
	2	3	7,33	4,00	9,00	9	5,33	11	4,64	5	4,00	2	2,00	2	7,50	0	0,00
2 +	**3**	0	0,00	4,00	6,00	3	6,00	12	7,67	6	6,50	4	9,25	0	0,00	1	6,00
	4	0	0,00	1,00	6,00	2	8,50	5	10,20	5	6,80	7	7,86	5	10,20	0	0,00
	5+	0	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

SKRAĆENICE: m/d. – mobilnost po domaćinstvu [putovanja/dan/domaćinstvu], b.d – broj anketiranih domaćinstava; PA – broj putničkih automobila u posjedu domaćinstva, ČL – broj članova koji žive u domaćinstvu

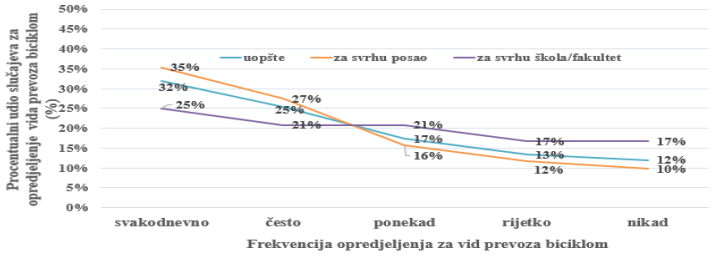
3.3. Mobilnost osoba sa invaliditetom

Iako su osobe sa invaliditetom (usvojena skraćenica OSI), svi ispitanici u ovoj anketi su zaposleni ili studenti, uz napomenu da žive u zajednici (mogu da računaju na personalnu asistenciju pri kretanju). Zastupljena su oba pola, starosti između 20 i 60 godina pri ispitanicima. Pomagala (invalidska kolica, štake i slušni aparat) koristi njih 60%, dok ostalih 40% nema poteškoće u kretanju. Dokazano je da u opisanim uslovima OSI ostvaruju jednaku

mobilnost kao i osobe bez hendikepa. Izračunata je ostvarena mobilnost OSI u vrijednosti 3 putovanja/dan. Stepen motorizacije kod istih iznosi 0,60 PA/domaćinstvo. Posjed bicikala je 0,60 BIC/dom, a mopeda 0,10 MOP/dom. Ipak, 30% ispitanika koristi svakodnevno asistenciju drugog lica za pojedina putovanja (infrastruktura, ulazak - izlazak iz automobila i sl.). Pokazano je da OSI ostvaruju duža srednja trajanja putovanja u iznosu preko 20 minuta. Osnovne svrhe putovanja su, shodno tome što su zaposleni – posao/školovanje i povratak u kuću/stan, te izlazak/razonoda. Ispitanici najviše koriste prevoz putničkim automobilom u svojstvu vozača, putnika, kao i javni gradski prevoz te pješačenje.
Ipak, tokom dnevnika putovanja koji je vođen neradnim danom (nedeljom), zaključeno je da OSI ostvaruju nisku mobilnost (1 putovanje/dan), a kao razlog navode odmor i nemogućnost asistencije.

3.4. Mobilnost u funkciji korišćenja bicikla kao vida prevoza

Anketu su popunili ispitanici koji se zalažu za biciklizam kao vid prevoza. Pri obradi podataka, uočena je ravnopravnost među polovima i zastupljenost različitih generacija (13 - 65 godina). Polovina ispitanika je zaposlena, a preostala polovina se školuje/studira ili je nezaposlena. Aktivno koriste bicikl kao vid prevoza između 10 i 40 godina. Zadovoljni su mrežom, ali ne i stanjem biciklističkih staza. Smatraju da je bezbjednost ugrožena od drugih učesnika i zbog učestalih krađa.
Rezultati pokazuju da ispitanici nisu spremni da voze biciklo tokom čitave godine. Takođe, u Novom Sadu je registrovano nekoliko udruženja biciklista, koji promovišu biciklizam i organizuju razne manifestacije. 10% ispitanika koristi *NS bike* sistem (rentiranje bicikala na sat, na instaliranim stanicama širom grada Novog Sada). Polovina ispitanika posjeduje putnički automobil u domaćinstvu, ali ipak koristi bicikl za gradska putovanja (Slika 7.), naročito u svrhu primarnih putovanja.
Najvažnije, rezultati su pokazali da ispitanici koriste bicikl za odlazak u kupovinu, privatne posjete i razonodu i time podižu svoju mobilnost. Jer se često ne bi odlučili za pješačenje (vrijeme) niti vožnju (troškovi). Najveću mobilnost u funkciji vida prevoza biciklom, ostvaruju ispitanici između 20 i 30 godina.



Slika 7. Oprjedjeljenje ispitanika za korišćenje bicikla kao vida prevoza umjesto putničkog automobila za svakodnevna putovanja u gradu (Vujičić i dr., 2017)

4. DISKUSIJA I PREPORUKE

Republika Srbija je u većim gradovima, u prošlosti vršila mnoge planerske studije iz oblasti saobraćajnog urbanizma, ali niko od istraživača i planera se nije dovoljno bazirao na socio – ekonomske karakteristike ni na polne razlike. Prvenstveno, potrebno je djelovati na edukativnom i promotivnom nivou, kako bih se žene ostvarile kao vozači putničkih automobila u većoj mjeri. ***SARTRE 2010*** istraživanje pokazuje da je u Srbiji registrovano

nešto više od 27% žena vozača B – kategorije (upravljanje putničkim automobilom). Dok je u najrazvijenijim državama Evrope (Njemačka, Švedska, Velika Britanija) taj iznos oko 50% (European Commission, 2014). Smatra se da je neravnopravnost u korišćenju putničkog automobila kao i stavovi/navike u republici i regionu, glavni uzrok zašto se pojavljuju opisane razlike među polovima pri gradskim putovanjima. Aspekt starostne strukture u planiranju saobraćaja, zastupljen je u istraživanjama u SAD – u naročito u poslednjih 20 godina, te su tome posvećeni mnogi skupovi i projekti. Na primjer u (Research on women's issues in transportation, 2004) bazira se isključivo na rodnoj ravnopravnosti pri upravljanju putničkim automobilom. Par godina kasnije usavršava se u statističkom pristupu i istraživanjima poput anketa i snimanja, gdje se vrši korelacija i ukrštanje među raznim varijablama. Što je na doslijedan način pokušano i u ovom radu. Prema studiji čije je istraživanje obavljeno u desetinama država (Research on women's issues in transportation, 2009) dokazano je da u SAD – u, stariji od 55 godina obavljaju više putovanja od većine mlađih ispitanika – zaposlenih, te da žene ostavaruju više mobilnosti od muškaraca. Kao i da djeca i tinejdžeri imaju više aktivnosti od ovdašnjih istih. Zaključeno je da što je životni standard bolji, stariji stanovnici više ostvaruju aktivnosti (tj. vrše dnevna putovanja iako nisu zaposleni). Preporuka za povećanje mobilnosti starijih ispitanika u Novom Sadu - jedino je moguća uz odgovarajuću finansijsku situaciju, dostupnost raznih sadržaja, besplatne sadržaje, pristupačnost javnog prevoza, individualni javni prevoz po pristupačnim cijenama i sl. Naime, vidi se da je problem lošiji životni standard i duži radni vijek za ovakve rezultate. Sa druge strane, mobilnost djece je ograničena putovanjem uz roditelje, a kod tinejdžera je ograničena iz razloga što isti nisu vozači u velikoj mjeri. Generalno, mladi se kod nas teže osamostaljuju i više vremena su vezani za obaveze oko škole. Dalje, preporuka u ispitivanju mobilnosti u funkciji karakteristika i mjesta stanovanja jeste da se uradi model i za prigradsko područje (individualno stanovanje), te da se uspostave zakonitosti i model mobilnosti za stanovništvo koje živi u kući i ne plaća iste namete državi. Pilot istraživanje koje je podrazumjevalo anketu domaćinstva i individualni dnevnik putovanja za osobe sa invaliditetom, tumačeno je sa rezervom. Rezultati su jako pozitivni u smislu - neočekivane visine mobilnosti ove grupe ispitanika. Veliki uticaj na takvo stanje ima solidan status ispitanika u pogledu prihoda i pomoći pri svakodnevnim aktivnostima. Preporučuje se anketiranje mnogo više osoba sa invaliditetom različitih karakteristika u pogledu situiranosti, zaposlenja, pomoći – asistencije. U gradu Novom Sadu se kreira strategija ''Dizajn za sve'', tj. pristupačnosti proizvoda i okruženja koji su u najvećoj mogućoj mjeri upotrebljivi za sve ljude bez potrebe za prilagođavanjem ili specijalnim dizajnom. Konkretno iz anketiranja biciklista koji svakodnevno putuju biciklom u gradu Novom Sadu, dobijeni su predlozi o načinu za poboljšanje uslova za biciklistički saobraćaj. Preporučuje se širenje sadašnje mreže biciklističkih staza, obnova oštećenih dijelova, razdvajanje tokova biciklističkog i pješačkog saobraćaja gdje su sada spojeni, izgradnja sigurnijih parkinga za bicikle, kažnjavanje lica koja kradu bicikle, edukacija građana o pravilima i važnosti biciklističkog saobraćaja, promotivne manifestacije za privlačenje novih korisnika. Sagledavajući primjere dobre prakse iz Evrope, uopšteno, za sve prikazano u ovom radu, grad Novi Sad ima sličnosti sa mnogim gradovima, naročito u oblasti kulture, pristupačnosti, otvorenosti ka različitim nacijama, korišćenja bicikla kao prevoza, planiranja gradskih bulevara, zelenila, javnog prevoza itd. Jasno je iz svega izloženog, da je planer saobraćaja multidisciplinarna ličnost. Tako da kvalitet saobraćaja u gradu ne mora samo da zavisi od infrastrukturnih i finansijskih uslova. Uopšte, na kraju, dodaje se, da je pri realizaciji ovakvih ispitivanja, jednako bitno formirati koncizan i svrsishodan anketni obrazac koliko i dobiti tražene odgovore od ispitanika. Ispitanik je ustvari

direktan korisnik saobraćajnog sistema u gradu, svakako da utiče na kreiranje saobraćajne ponude.

5. ZAKLJUČAK

Oblast saobraćajnih analiza prethodi modeliranju saobraćajne potražnje, odnosno saobraćajnih prognoza. Da bi se postavili fundamentalni obrasci nekog saobraćajnog modela, potrebno je ustanoviti zavisnost među svim posmatranim varijablama. Spektar kombinovanja posmatranih indikatora je širok, mogućnosti postoje i sa inženjerskog i sa socio – demografskog aspekta. Ovaj rad djelimično daje odgovore na pitanja od značaja za kvalitet života i saobraćaja u urbanoj sredini, konkretno na primjeru stanovništva Novog Sada. Izvršena je sumarizacija okvira ovog istraživanja i najvažnijih zapažanja - rezultata:

• ravnopravnost polova; Žene su za razliku od muškaraca, više opterećene brojem i dužinom putovanja, raznolikošću motiva i promjenama prevoza.

• ponašanje starosnih grupa; Karakteristike vršenja putovanja i mobilnost prema starosnim kategorijama, uglavnom odstupa od evropskih i svjetskih prosjeka, shodno standardu i načinu života u Republici Srbiji. Prisutna je jako niska mobilnost kod mlađih ispitanika (učenika, tinejdžera) kao i kod najstarijih ispitanika. Kod radno sposobnog stanovništva, prema grupama od 25 do 55 godina, mobilnost opada, sa porastom godina. Većina tih ispitanika mlađih od 35 godina ne koristi putnički automobil.

• veličina domaćinstva (prihod, broj članova, stepen motorizacije); Pokazano je da mobilnost ispitanika na nivou domaćinstva u kojem žive, raste sa porastom površine (posjeda što većeg stana), kao i očekivano, da veoma zavisi od broja članova domaćinstva. Najvažnije, dokazana je hipoteza da nezavisna promjenljiva - površina stana uspješno konfiguriše kao zamjena za iznos prihoda ispitanika, koji je bio nepoznat u istraživanju. Kao i to, da ne mora da znači, da mobilnost raste sa posjedom više putničkih automobila.

• mobilnost osoba sa invaliditetom u saobraćaju; Pokazano je da osobe sa invaliditetom koje su zaposlene (ostvaruju novčana primanja), ne zaostaju u vršenju putovanja za ispitanicima bez invaliditeta. Naime, ova grupa je pokazala veoma visoku mobilnost, naročito kod mlađih ispitanika. Ipak, bez istraživanja osoba sa invaliditetom koje nisu zaposlene i nemaju podršku porodice/asistenta, ne može se izvoditi zaključak na nivou grada.

• održiva mobilnost u funckiji alternativnih vidova prevoza – biciklizam kao prevoz; Naposlijetku, porast održivih vidova mobilnosti u ukupnoj vidovnoj raspodjeli saobraćaja u gradu Novom Sadu, naročito porast biciklističkih putovanja (koji je evidentan prema anketi) može da bude samo prednost za poboljšanje funkcionisanja saobraćaja u gradskim dionicama. Grad ima povoljne uslove da postane tzv. ''biciklo – grad'' u kome pri odgovarajućim vremenskim uslovima stanovništvo za primarna gradska putovanja koristi bicikl umjesto putničkog automobile i javnog prevoza. Kapacitet, nivo usluge i broj parking mjesta će se povećati, smanjiće se zagušenja, troškovi i vrijeme putovanja, kao i polutanti u vazduhu. Osim svih navedenih pogodnosti, sa druge strane iskorišćenost zemljišta i vizuelni identitet će biti perspektivniji, a i mogućnosti za turistički razvoj i sportske manifestacije u gradu i prigradskim naseljima. Generalno, zaključak je da ostvarenje mobilnosti u najvećoj mjeri zavisi od tog da li ispitanik vrši primarna putovanja (radna putovanja, te putovanja u vezi obrazovanja/školovanja). Radna putovanja povlače za sobom i lanac pratećih putovanja koja se obavljaju na putu do posla, odnosno pri povratku kući. Periodičnim istraživanjima, čiji su

rezultati prikazani u ovom radu, omogućava se dopunjavanje prethodnih saobraćajnih istraživanja. Ukazuje se na aktuelne probleme sa kojima se susreću korisnici saobraćajnog sistema, kao i daju ideje za dalja istraživanja. Velika saobraćajna istraživanja se zbog troškova sprovode jednom u 10 godina. Trenutno se vrši sveobuhvatna saobraćajna studija u Novom Sadu (brojanja, snimanja, anketiranja i sl.). U poslednjih 5 – 10 godina dogodile su se mnoge promjene u Novom Sadu. Prvenstveno, sa urbanističko – saobraćajnog aspekta, kao što su izgradnja novih stambenih blokova, mostova, gradskih saobraćajnica i biciklističkih staza, otvaranje novih linija javnog prevoza itd.. Jasno je da je neophodna konstantna komunikacija i koordinacija između planera i korisnika, radi održivosti saobraćajnog sistema.

ZAHVALNICA

Rad i sveobuhvatno ranije istraživanje autorke, nastali su zahvaljujući JP ''Urbanizam'' Novi Sad. Bez ustupanja originalne baze podataka ne bi bilo moguće prikazati podatke na ovaj način. Takođe za isto je zaslužna i mentorka prof. dr Valentina Basarić, Katedra za drumske saobraćajne sisteme, Departman za saobraćaj, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad. Autorka moli da se u slučaju korišćenja ovih podataka, obavezno navede njihov izvor, radi zaštite zloupotrebe originalne studije i povjerljivosti podataka.

6. LITERATURA

Basarić, V. 2013. Saobraćajni modeli u funkciji upravljanja saobraćajnom potražnjom, Zadužbina Andrejević, Beograd

European Commission, 2014. *She moves - Women's Issues in Transportation*, Office for Official Publications of the European Union, Luxembourg

JP ''Urbanizam'' 2009. *Saobraćajna studija grada Novog Sada sa dinamikom uređenja saobraćaja* (NOSTRAM, Knjiga – osnovna), Zavod za urbanizam, Novi Sad

JP ''Urbanizam'' 2009. *Saobraćajna studija grada Novog Sada sa dinamikom uređenja saobraćaja* (NOSTRAM, Knjiga III – Anketa domaćinstava), Zavod za urbanizam, Novi Sad

Ortuzar, J. D., Willumsen, L.G. 2011. *Modelling Transport – 4th Edition*, John Wiley & Sons, Ltd, UK

Transportation research board of the national academies, 2004 . *Research on Women's Issues in Transportation*, Transportation Research Board Conference Proceedings 35, Report of a Conference, Volume 2, Technical Papers, Chicago, Illinois

Transportation research board of the national academies, 2009. *Women's Issues in Transportation*, Transportation Research Board Conference Proceedings 46, Summary of the 4th International Conference, Volume 2, Technical Papers, Irvine, Caliofornia

Vračarević, R. 2002. Osnove planiranja saobraćaja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Vujičić, A., Babić, D., Basarić, V., Mitrović Simić, J. 2017. *Istraživanje karakteristika biciklističkih putovanja u Novom Sadu*, 6. međunarodna konferencija ''U susret humanom gradu'', Novi Sad

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

PREGLED SAVREMENIH MEHATRONIČKIH SISTEMA U AUTOBUSIMA KAO ELEMENATA BEZBEDNOSTI*

OVERVIEW OF CONTERPORARY MECHATRONIC SYSTEMS ON THE BUS AS SAFETY ELEMENTS

Dušan Mladenović, Dragan Sekulić, Ivan Ivković
Univerzitet u Beograd, Saobraćani fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd 11000, Srbija,
d.mladenovic@sf.bg.ac.rs, d.sekulic@sf.bg.ac.rs, i.ivkovic@sf.bg.ac.rs

***Apstrakt**: Uslovi u kojima se odvija saobraćaj i složenost uslova koji se mogu očekivati u budućnosti zahtevaju vozače sa pojačanom pažnjom i kraćim vremenom reakcije. Nedostatak kapaciteta saobraćajnica stvara potrebu da se pomogne vozaču i poveća efikasnost u upravljanju saobraćajnim tokovima. Takođe, očekuje se dalje smanjenje broja nezgoda sa učešćem autobusa. Zato je veoma značajno razvijanje sistema čiji bi osnovni cilj bio pomoć vozaču autobusa da do nezgode ne dođe. Sa druge strane, pri optimiziranju dinamičkog ponašanja autobusa sa gledišta podužne i bočne dinamike, situacije u vožnji koje se javljaju u podužnom i poprečnom pravcu delom su kontrolisane velikim brojem mehatroničkih podsistema kontrolom podužnih sila kao i bočnih sila. Mehatronički sistemi registruju ponašanja u vožnji koja su u suprotnostima sa zahtevima kontrole podužnog klizanja, kočenja i upravljanja i omogućavaju intervencije koje se mogu realizovati bez aktivnosti vozača. Radi utvrđivanja ponašanja autobusa u kritičnoj situaciji izvršeno je experimentalno utvrđivanje vrednosti bočnih ubrzanja pri sinusoidnoj pobudi.*

***Ključne reči:** mehatronika, aktivna bezbednost, stabilnost, kontrola*

***Abstract**: Traffic conditions and the complexity of conditions that can be expected in the future require drivers having the ability of increased attention and shorter response times. Lack of road capacity creates a need to help the driver and increase efficiency in traffic flow management. Also, a further reduction in the number of accidents with the participation of buses is expected. It is therefore very important to develop a system whose main goal would be to help the bus drivers avoid the accident. On the other hand, in optimizing the dynamic behavior of the bus from the viewpoint of the longitudinal and lateral dynamics, driving situations occurring in the longitudinal and transverse direction are partly controlled by a large number of mechatronic systems by controlling the longitudinal forces (adhesion and braking) as well as lateral force. Mechatronic systems monitor the driving behaviors which are in contrast with the requirements for long-distance sliding, braking, and intervention control and which enable the interventions that can be realized without the driver's activity. In order to determine the behavior of the bus in a critical situation, experimental determination of the values of the lateral acceleration in the sinusoidal excitation was conducted.*

***Key words:** mechatronic, active safety, stability, control*

1. UVOD

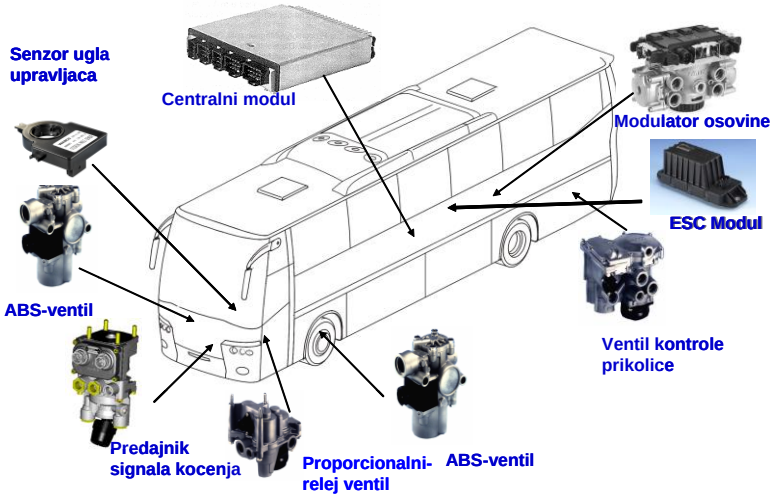
Novije Evropske statistike saobraćajnih nezgoda (Eurostat, IRU, ECMT) pokazuju da u strukturi saobraćajnih nezgoda autobusi učestvuju sa ne manje od 4% od ukupnog broja

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

nezgoda ali je njihov uticaj na fenomen nezgoda izuzetno značajan, pošto se pokazuje da 6% smrtno stradalih u saobraćaju u Evropi nastaju u nezgodama u kojima su učestvovali autobusi. Zbog svoje veličine, mase, dužina putovanja, učešću u strukturi saobraćajnih tokova i broju prevezenih putnika, autobusi danas igraju značajnu ulogu i u zastupljenosti i u stepenu posledica od saobraćajnih nezgoda, zahvaljujući visokom procentu fatalnih ishoda pri ovakvim nezgodama i broju putnika koji multipliciraju fatalnost. Obzirom na kapacitet i stepen popunjenosti putnicima gotovo svaka nezgoda sa učešćem autobusa može se smatrati katastrofom. Neophodno je da se identifikuju situacije koje bi se mogle smatrati kao potencijalno opasne kada su u pitanju autobusi. Cilj je, sa jedne strane, da bi se poboljša bezbednost u saobraćaju na putevima i obezbedi osnov za definisanje strategije bezbednosti autobusa u saobraćaju ali i definisanje strategije projektovanja autobusa u smislu povećanja bezbednosti samog vozila i pomoć vozaču u najverovatnijim kritičnim uslovima vožnje.

2. ELEMENTI I SISTEMI AKTIVNE BEZBEDNOSTI AUTOBUSA

Autobus sa vozačem predstavlja jedan samoregulacioni zatvoren system (slika 1). Poslednjih godina su u autobuse ugrađeni mnogi podsistemi koji u osnovi usložnjavaju sisteme za upravljanje ali istovremeno i rasterećuju vozača. Prvi takav sistem je sistem za kontrolu blokiranja točkova pri kočenju, ABS (*Antilock braking System).*ABS je razvijen kao nezavisan sistem sa sopstvenim senzorima (brzina točka ili ubrzanje), sopstvenim elektronskim kontrolerom i sopstvenim hidrauličnim modulatorom. Naknadno, ovi elementi su postali deo i drugih elektronski kontrolisanih podsistema (ASR, EDC). Početkom 1978., sa serijskom upotrebom ABS-a sve više savremenih vozila je opremljeno raznim sistemima podrške upravljanju vozilom. Sistemi za podršku kontrole klizanja u podužnom pravcu pri kočenju kao što je anti blok sistem (ABS) i za kontrolu proklizavanja pri vuči (*Acceleration skid control* ASC) su konstruisani da kontrolišu kritične situacije u podužnom pravcu pri kočenju i vuči.



Slika 1. Mehatronički elementi sistema aktivne bezbednosti autobusa (WABCO, 2014)

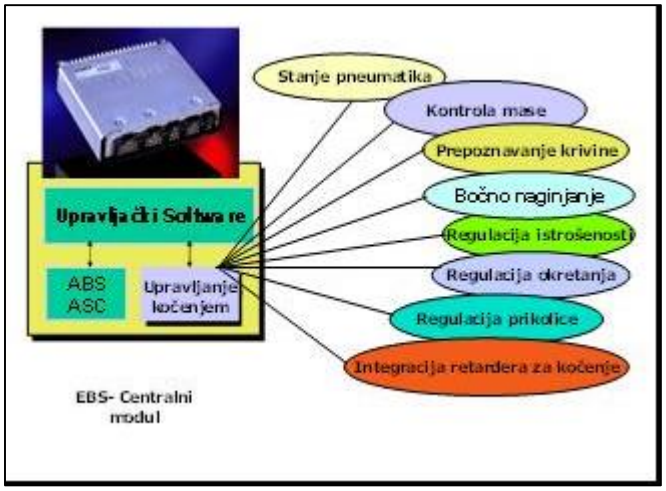
2.1. Kontrola klizanja pri kočenju ABS i pri vuči ASC

Pre uvođenja ABS sistema vozač je morao kod naglih kočenja da reguliše silu kočenja promenom pritiska stopala na papuču kočnice vozila. U kritičnim situacijama neiskusan vozač

najčešće nije u stanju da procenu silu pritiska na papuču kočnice. U realnim uslovima vožnje, neodgovarajuća sila kočenja može dovesti do sustizanja vozila ispred, naletanja vozila od pozadi kao i do gubitaka kontrole nad vozilom. Sa ABS sistemom vozač mora samo da dovoljno jako pritisne papuču kočnice, a regulacija sile kočenja je na elektro-mehaničkoj konstrukciji ABS. Ovim se obezbeđuje sprečavanje blokiranja što stvara bolje iskorišćenje prianjanja, ali i stvaranje mogućnosti za realizaciju bočnih sila na točkovima.

Različite konfiguracije autobusa (dve ili tri osovine, zglobni) imaju različite ABS konfiguracije. Mehatronika ABS sistema omogućuje podršku svim konstrukcijama autobusa kao i vrsti oslanjanja. Prednosti ABS sistema sa upravljačkim procesorom: proračunava željeno usporenje vozača, poboljšava kontrolu nad vozilom kod ekstremnih uslova kočenja, smanjuje kritično vreme do nezgode kočenjem, omogućava pravilnu distribuciju sila kočenja po točkovima, mogućava integraciju sekundarne kočnice, smanjuje uticaj na putnike i povrede u slučaju naglih kočenja bez kontakta sa drugim vozilom, omogućuje direktnu vezu i "saradnju" sa svim komponentama drugih kontrolnih sistema u autobusu.

Od vozila se očekuje da se ponaša na bezbedan način. Sistem za kontrolu klizanja pri vuči ASC (*Acceleration skid Control* ili *Traction control system* - TCS) (Slika 2) realizuje se korišćenjem istih mehatroničkih elemenata kao kod ABS i, uz dodatak odgovarajućeg programa, isti procesor omogućuje smanjenje vučne sile ukoliko neki od točkova prokliza usled prevelikog obrtnog momenta. ASC oslobađa vozača od teškog procesa da definiše potrebu za korišćenjem odgovarajućeg obrtnog momenta na točku u skladu sa stanjem kolovoza u pogledu prianjanja i izbora odgovarajućeg pomeranja vozila.



Slika 2. Funkcije upravljanja - kočenje putem EBS (ABS i ASC)

2.2. Sistemi za kontrolu bočne dinamike autobusa - kontrola stabilnosti i upravljivosti autobusa

Kontrola bočnih sila se takođe može realizovati odgovarajućim mehatroničkim podsitemima. Na slici 3. je dat prikaz kontrolisanih mehaničkih podsistema od strane elektronske jedinice, ECS, koja omogućuje elektronsku kontrolu stabilnosti u vožnji. Optimizacija odnosa između sila u kontaktu pneumatik-kolovoz kontrolom kočionih sistema i sistema za upravljanje radi definisanja željenog ponašanja vozila moguća je samo procesorskom kontrolom ovih složenih odnosa.

Slika 3. Dejstvo elektronske kontrole stabilnosti ECS na mehaničke podsisteme vozila

Ako bi došlo i do najmanjeg zakretanja točka upravljača tokom kretanja u datim uslovima, vozilo gubi stabilnost a vozač upravljanje nad njim. Kako samo retki, iskusni, vozači mogu da stabilizuju vozilo u kritičnim situacijama, nameće se zaključak da se moraju tražiti pomagala za kontrolu upravljivosti i stabilnosti.

Pored analitičkih kriterijuma stabilnosti (Mitzske 1990) postoje i definisani kriterijumi dobijeni na osnovu iskustva. Kritično stanje u smislu ponašanja vozila u poprečnom smislu nastupa onda kada se odnos ugaone brzine vozila oko vertikalne ose ψ (jow) i ugla zakretanja točka upravljača δ_u značajno razlikuju od iskustava prosečnih vozača (Mitzske 2002).

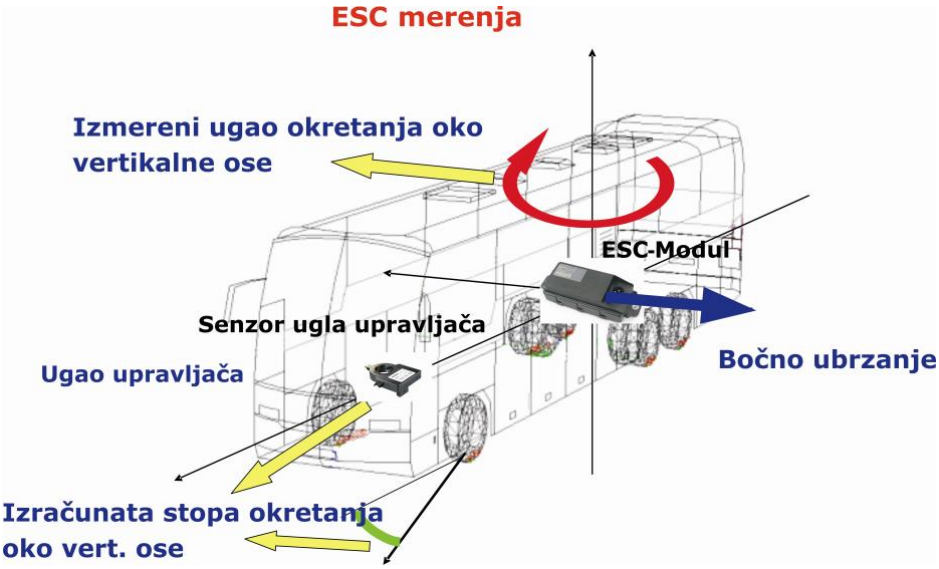
Ukoliko se izmerena $\dot{\psi}_{mera}(t)$ ugaona brzina oko vertikalne ose udaljava od željene ugaone brzina oko vertikalne ose $\dot{\psi}_{zelja}(t)$ onda se pomoću elektronske kontrole stabilnosti ESC, sa uključenjem elemenata ABS i ASC, može dobiti potreban obrtni moment oko vertikalne ose vozila. Praktično, na osnovu merenja fizičkih veličina mogu se pratiti karakteristike kretanja u aktuelnoj situaciji u vožnji, pri čemu komponente dinamičke kontrole vožnje čine davači za merenje fizičkih veličina koje su definisane jednačinama za praćenje dinamičkog ponašanja vozila.

2.3. Elektronski sistemi i komponente za upravljanje stabilnošću vozila(ESC-ECS)

Elektronska kontrola stabilnosti dinamičkom kontrolom vožnje (Slika 4 - WABCO, (2014), Vehicle control systems, CD Press) podržava vozača u kritičnim podužnim situacijama u vožnje. Ako se vozilo uvede u kritičnu situaciju, kontrolni algoritam će stabilizovati vozilo pomoću pouzdanih nezavisnih sila kočenja.

Elektronska kontrola stabilnosti realizuje se:

- pojedinačnom kontrolom kočenja svakog točka i osovine,
- uključivanjem i kontrolom sekundarnog kočionog sistema,
- kontrolom obrtnog momenta motora,
- unutrašnjom razmenom podataka: ugaona brzina točkova, pritisak kočenja,



Slika 4. Elementi konstrukcije i način funkcionisanja ESC

2.4. Rezultati provera stabilnosti autobusa opremljenog EBS I ESC pri iznenadnoj pobudi

Radi utvrđivanaja uticaja savremenih uređaja na stabilnost i upravljivost autobusa izvršena su istraživanja na prototipu međugradskog autobusa IK 302 (BREDA) dužine 12 metara proizvođača Ikarbus iz Beograda. Ovaj autobus je izveden sa nezavisnim oslanjanjem na prednjoj, upravljačkoj osovini, disk kočnicama na oba mosta i ugrađenom elektronskom kontrolerom kočenja EBS i kontrilerom stabilnosti ESC. Merenja su vršena digitalizovanim postupkom akvizicije i obrade (slika 5). Korišćen je merni most Hotinger i davači ubrzanja HB 12/200. Sve izmerene veličine su obrađene u realnom vremenskom domenu u skladu sa preporukama datim u ISO standardu 14793. Ovaj test se može smatrati vrlo realnim jer je izveden pri maksimalnoj zakonom dozvoljenoj brzini kretanja za autobuse na autoputu. Test je izveden na ravnoj deonici autoputa između naplatne stanice Tranšped naplatne stanice Vrčin. Test je izveden na suvom kolovozu u gotovo idelanim vremenskim uslovima kada su u pitanju vidljivost, temperatura i ravnost kolovoza). Test nije bilo moguće ponoviti pre svega iz razloga bezbednosti i sigurnosti. Ceo eksperiment je izveden na bazi volontiranja, bez finansijske podrške troškova realizacije merenja tako da nije bilo moguće ponavljati experiment radi statističke ili uporednu analize. Istraživanja nisu rađena kao deo projekta, već radi ispitivanja ponašanja autobusa u kritičnoj situaciji pri obilasku prepreke na putu u svrhu naučnog rada, bez realnih finansiranja. Takođe, nije bilo moguće dva puta uspostaviti podjednake uslove u saobraćajnom toku.

Tabela 1. Neophodni davači za merenje fizičkih veličina neophodnih za analizu

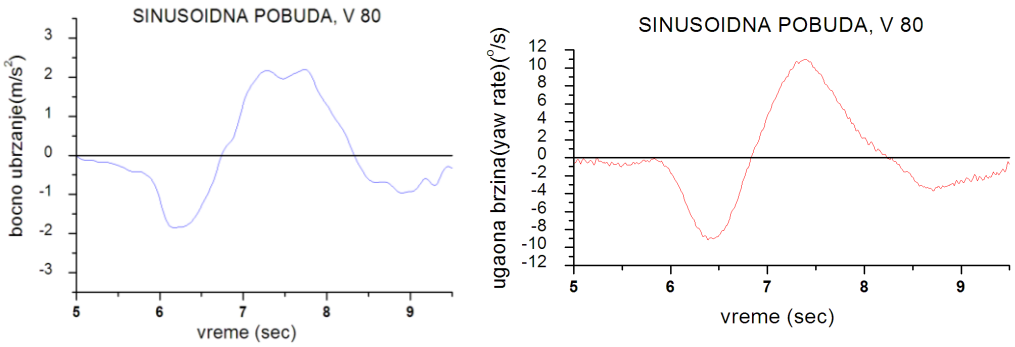
Davači	Fizička veličina koja se meri
Davač ugla okretanja oko poprečne ose	ugao okretanja oko poprečne ose $\psi(t)$
Davač ugla okretanja točka upravljača	ugao okretanja točka upravljača $\delta_U(t)$
Davač veličine bočnog ubrzanja	bočno ubrzanje $a_y(t)$

Slika 5. a) autobus Prototip IK 302 pred test b) merni most Hotinger c) davač ugla točka upravljača

Izvršena je sinusoidna pobuda na točku upravljača radi utvrđivanja odziva vozila u pogledu promene bočnog ubrzanja $a_y(t)$ i ugaone brzine $\dot{\psi}$.

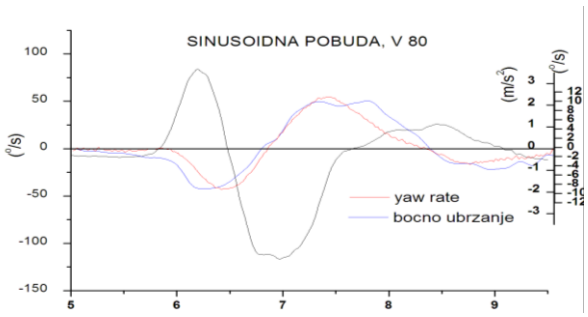
Sinusoidna pobuda je definisana u standardu ISO 14935 koji definiše tri merne veličine: ugao zakretanja upravljača, ugao okretanja oko vertikalne ose i bočno ubrzanje. Ovakav manevar je čest kod izbegavanja nezgode. S obzirom de je dozvoljena brzina na autoputu 80 km/h, izvršeno je merenje odziva pri kretanju na autoputu pri brzini 80 km/h.

Na slici 6. a) je prikazana promena bočnog ubrzanja autobusa pri brzini kretanja od 80 km/h. Bočno ubrzanje je dostiglo vrednost od 2.2 m/s^2, ali se uočava da je vršena korekcija pri ekstremnom zaokretu točka upravljača od 125^o i da je pobuda bila sporija, vreme naglog dejstva na upravljač je 0.4 sec.



Slika 6. a) Promena bočnog ubrzanja, $a_y(t)$, V=80, b)Promena ugaone brzine $\dot{\psi}$, V=80

Na slici 6.b) je prikazana promena ugaone brzine autobusa pri brzini kretanja od 80 km/h. Ugaona brzina vozila je dostigla vrednost od 12 ^{o}/sekundi, pri povećanju brzine kretanja za 20 km/h.



Slika 7. Uporedni prikaz izmerenih veličina, autoput, V=80

Na slici 7. dat je uporedni prikaz promena izmerenih veličina δ , $\ddot{y}$, $\dot{\psi}$ pri brzini 80 km/h na autoputu. Do stabilizacije kretanja vozila dolazi nakon 2 sekunde od završetka manevra (od 7.5-9.5 sekunde) bez korekcije na upravljaču.

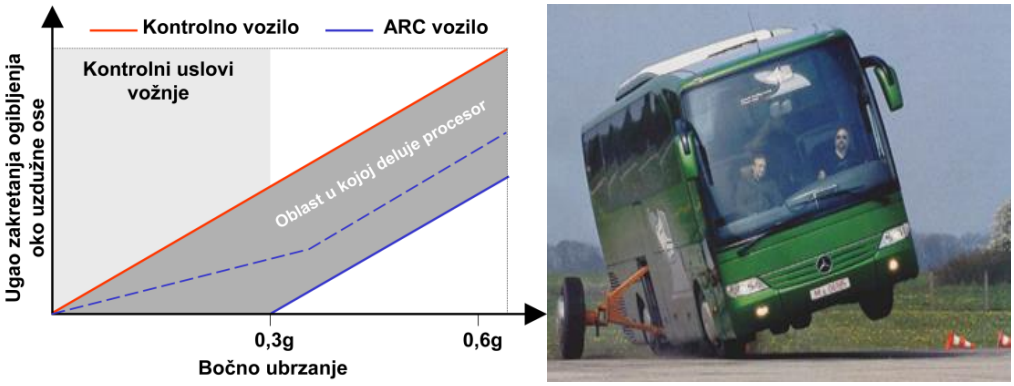
Izabrana je brzina kojom se autobusi najčešće i kreću u autopunim uslovima. Sve veličine dobijene sinusoidnom pobudom pri brzini kretanja od 80 km/h imaju vrednost koje su značajno ispod kritičnih. Autobus je pri ovom manevru vrlo upravljiv, brzo se vraća na željenu putanju kretanja (1.5 sekund), sa veoma malim bočnim ubrzanjem i niskim nivoom ugaone brzine od 12 ^{o}/sekundi. Red veličine svih parametara se može porediti sa redom veličina parametara autobusa sa zavisnim prednjim oslanjanjem. (Cunha. R., Costa A., Prado M., Spinelli D)

2.5. Kontrola bočnog naginjanja vozila (ARC)

Statistička analiza nezgoda sa učešćem komercijalnih vozila (FMCSA-USA, IRU 2010, Europian Truck Accident Causation, A scientific study) (Benz, T., Charstien F, Lerner G., Schulze M., Vollmer D) pokazuje da je 5 % povređenih u nezgodama kao posledica prevrtanja vozila, dok su 20 % smrtno stradalih posledica prevrtanja vozila. Takođe, 34 % nezgoda sa prevrtanjem se događa nakon sudara sa objektima, dok 66 % svih prevrtanja se događa tokom kočenja na pravcu ili klizanja. Ovo pokazuje važnost traženja rešenja za sprečavanje ovog tipa nezgoda. Aktivna kontrola bočnog naginjanja predstavlja novi aktivni sistem oslanjanja sa ciljem da poboljša ponašanje vozila pri naginjanju i komfor vozila. Uticaj parametara vozila i situacija u vožnji koji dovode do naginjanja i u kritičnim situacijama do prevrtanja, mora biti kontrolisan. Parametri vozila na osnovu kojih se može kontrolisati naginjanje i prevrtanje su: brzina vozila, masa (puno/prazno), ugao zakretanja točka upravljača, karakteristike opruga i vazdušnih jastuka, karakteristika amortizera, karakteristika pneumatika; takođe, u obzir se mora uzeti geometrija prepreke i uslovi puta. Osnovi parametar koji se mora pratiti pri testiranju je ugao bočnog naginjanja vozila, odnosno brzina promene ugla bočnog naginjanja. Testovi bi se mogli sprovoditi pri različitim stanjima puta: talasast (kolotrazi), mokar (vlažan), led, sneg, udarne rupe na putu kao i pri teškim planinskim uslovima: serpentine, cik-cak kretanje uz i niz nagib, pri ekstremnoj vožnji (kretanje po malim radijusima velikim ubrzanjima, proklizavanje pri velikim brzinama, kretanje u osmici; kretanje u vanputnim uslovima: udarci u prepreke, preskok preko vertikalnih krivina malih radijusa neprilagođenim brzinama). Istraživanja se mogu vršiti na tri načina(Wang, Y., Winner, H): 1) praćenjem promena fizičkih veličina pomoću senzora za navedene uslove testiranja, 2) primenom klasičnih teorijskih modela sa više masa sa poznavanjem svih navedenih karakteristika vozila i uslova kretanja, i 3) korišćenjem numeričke simulacije za proučavanje navedenih parametara i algoritma za varijaciju parametara. Put istraživanja ide, dakle, od statističke analize nezgoda preko testova na prevrtanje ili od statističke analize prema simulaciji *multubody* sistema (Gumpoltsberger, G., Tenbrock, F., Weinmann ,O) kao i eksperimentalnim istraživanjima . Veličine koje se prate su ugao i brzina okretanja vozila oko podužne ose, $\varphi(t), \dot{\varphi}(t)$, ljuljanje, bočno ubrzanje $a_y(t)$ i vertikalno ubrzanje $a_z(t)$.

Ugao i brzina okretanja vozila oko uzdužne ose $\varphi(t), \dot{\varphi}(t)$ (slika 8) su osnovne veličine koje se prate. Praćenje pomoću senzora i definisanjem algoritma upravljanja u kontrolnoj jedinici u odgovarajućem procesoru sa definisanim kriterijumima olakšavaju upravljivost i poboljšavaju komfor i subjektivni kvalitet odziva vozača. Praktično, na poznatu ulogu

stabilizatora pri naginjanju se deluje aktivnim hidrauličnim uređajem kojim upravlja kontrolna jedinica (Konrad R.).



Slika 8. a)Oblast u kojoj deluje ARC b) Kontrola autobusa na prevrtanje (Roll Stability Control)

2.6. Adaptivni sistemi kontrole vožnje za autobuse

Adaptivni sistem kontrole vožnje (Adaptive Cruise Control - ACC) za autobuse kontroliše ne samo brzinu vozila, već i prostor ispred vozila. Takav sistem daje podršku vozaču doprinoseći smanjenju radnog opterećenja. Takođe, može dovesti do jasnijeg okruženja u vožnji i do homogenog saobraćajnog toka što kao rezultat može imati povećanje komfora, smanjenje potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova kao i povećanje protoka saobraćajnice. Istraživači Golob, Recker i Leonard su analizirali stepen posledica i tip nezgoda koje uključuju komercijalna vozila. Njihova analiza je pokazala da 21 % procenat od svih nezgoda sa učešćem autobusa nastaju pri kretanju u koloni, dok je preko 38% svih nezgoda u koloni kada je uzrok autobus posledica neprilagođene brzine i nedovoljno bezbednog rastojanja (http://ec.europa.eu/eurostat/. 15.07.2017). Ako se obezbedi vožnja na bezbednom rastojanju uz pomoć ACC sistema može da se eliminiše i do 40 % nezgoda pri sustizanju, ako se uzme u obzir i smanjenje opterećenja vozača (efekat smanjenja naprezanja usled stalne percepcije brzine i rastojanja bez ACC je oko 2%) (Lissel, E., Andreas P.,Bergholz R.,Wiesser H). Uz već standardne sisteme ABS i ASC, sistem ACC može da postigne najveći doprinos povećanju bezbednosti vožnje, kapacitetu saobraćajnica i pozitivnim ekološkim uticajima. Uobičajena kontrola vožnje ACC podržava vozača u održavanju željene brzine. ACC, pri standardnoj opremi autobusa sa ABS i ASC, predstavlja najveći tehnološki pomak kada je u pitanju kontrola podužne dinamike kretanja. U onoj meri u kojoj ABS obezbeđuje kontrolu i optimizaciju kočionih sila za različite vrednosti prianjanja zavisno od stanja kolovoza i vremenskih uslova, kao i ASC pri ubrzanjima, ACC se može smatrati trenutno najvećim pomakom u razvoju automatskih sistema pomoći u. ACC predstavlja element aktivne bezbednosti koji uvodi realne uslove saobraćajnog toka, sa statistički dokazanim najvećim uticajem na bezbednost autobusa u realnom saobraćaju, odnosno ima pozitivan uticaj na bezbednost vožnje u realnim uslovima. Izvedeni uticaj ACC sistema na bezbednost izrazit je i u pogledu smanjenja naprezanja vozača. Obzirom da zamor vozača usled naprezanja pri kontinualnom praćenju "rastojanja" u saobraćajnom toku i proceni bezbednog rastojanja (usled psihološke kompleksnosti percepcije brzine i rastojanja) praktično u tipovima saobraćajnih nezgoda sa učešćem autobusa (http://www.fmcsa.dot.gov/. 15.06.2017) čini od 18 % kada je u pitanju gubljenje kontrole pri solo vožnji do 2 % kod kretnja u koloni, pozitivan utica ACC

na povećanje nivoa bezbednosti u realnim uslovima vožnje je značajan i izvan uzroka zbog kojih je projektovan.

3. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je da prikaže značaj i doprinos novih tehnologija koje, primenjene na autobusima, povećavaju aktivnu bezbednost i smanjuju opterećenje vozača kao način vrednovanja odziva na sinousoidnu pobudu autobusa eksperimentalnim putem. Autobusi opremljeni opisanim, naravno i drugim mehatroničkim sistemima predstavljaju automatizovano, dinamički proaktivno vozilo. Zadatak je što efikasnije uklapanje proaktivnog autobusa u realne saobraćajne tokove sa prednostima koje donosi automatizacija puteva i opreme puta radi povećenja bezbednosti saobraćaja, optimizacije javnog prevoza i povećavanja kapaciteta saobraćajnica i smanjenju negativnih ekoloških uticaja. Ovim se koncept automatizovanog autobusa više približio praktičnoj implementaciji što bi sa razvojem novih algoritama upravljanja saobraćajnim tokovima omogućilo realnu primenu tehnologije Intelegentnih Transportnih Sistema.

Opisani različiti individualni mehatronički sistemi za poboljšanje dinamičkog ponašanja vozila pri vuči, kočenju i skretanju uvek imaju za cilj pomoć vozaču. Od vozača oslonjenog samo na sebe pri donošenju upravljačkih odluka na autobusima sa mehaničkim sistemima kočenja i upravljanja, dolazimo do složenih mehatroničkih sistema uz pomoć kojih vozač pri definisanju kontrolne putanje ima znatno manje opterećenje i niz olakšica kod složenih percepcija (npr. brzine vozila ispred, rastojanja, poprečnog i uzdužnog nagiba, prianjanja, horizontalnih i vertikalnih radijusa) i nepredviđenih kritičnih situacija. U toku razvoja autobusa, neophodno je da se proračunska rešenja provere istraživanjima o dinamičkom ponašanju autobusa pri različitim manevrima u realnim uslovima. Istraživanjem se došlo veličine odziva vozila, bočnog ubrzanja, u slučaju iznenadne, sinusoidne pobude na točku upravljača.

4. LITERATURA

Abe, M., (1996) On Advanced Chassis Control Tehnology for Vehicle Handling and Active Safety; in Proceedings of International Simposium on Advanced vehicle Control, AVEC `96, (RWTH Aachen , Germanu),

Benz, T., Charstien F, Lerner G., Schulze M., Vollmer D.;(2005) Traffic Effect of Driver Assistance , The Approach within INVENT, INVENT ADAS project, Daimler Chrysler

Crolla, D.A., King R., Ash, The university of Leeds, UK, Subjective and objective assessment of vehicle handling performance, *Automotive innovation for the new millennium*, FISITA, June 12-15, 2000, Seoul, Korea

Cunha. R., Costa A., Prado M., Spinelli D.; *Handling analysis. of a three-axle intercitu Bus*, IT services latin america Ltda. 2003.

Dedović, V., Mladenović, D.,Sekulić, D.,(2017) ; Dinamika vozila, Saobraćajni fakultet, Beograd,

Gumpoltsberger, G., Tenbrock, F., Weinmann ,O. (2016) The Driver Assistance Systems for Commercial Vehicles and Off-Road Machinery . *ZF Innovation Vehicles 2016 ZF Friedrichshafen AG*, Friedrichshafen, Germany

IRU (2010) Europian Truck Accident Causation, A scientific study.

ISO standard 14793 (2011) "Road vehicles -heavy commercial vehicles and buses –Lateral transient response test methods

IHRA-ITS UN-ECE WP.29 (2011). Design Principles for Advanced Driver Assistance Systems: Keeping Drivers In-the-Loop ; *Informal document No. ITS-19-08*.19th ITS, 11 March 2011, Agenda item 5 ITS Informal Group Geneva

Konrad R., Automotive Mechatronics (Automotive networking, Driving stability System, Electronics) (2015); *Bosh professionals automotive information's;* Springer Vieweg 2015

Lissel, E., Andreas P.,Bergholz R.,Wiesser H., (1996).From Automatic Distance Regulation (ADR) to Collision Avoidance (CA); in Proceedings of International Symposium on Advanced vehicle Control, AVEC `96, (RWTH Aachen , Germanu), pp 1367-1378,

Mitschke, M., (1990) Dynamic der kraftfahrzeuge; Band C: Fahreverhalten, Springer Verlag, .

Mitschke M.; (2002) Anforderung an Fahrzeugregulungen; Steuerung und Regelung Fahrzeugen und Motoren ' AUTOREG 2002; Tagung, Mannheim, pp 333-342,

Road safety and Telematics; (2012) Report of the project group, ITS, France,

Sim Bus Driving simulator, (2016) STC Oy, Netherlands,

VDL Groep-Bus&Coch, (2013) Safety instructions ,TTT Meeting, Eindhoven, Netherlands,

Wang, Y., Winner, H. (2015) Research of dynamic measurement characteristics of wheel force sensor. 4th International Tyre Colloquium, University of Surrey, Guildford, UK.

WABCO, (2014), Vehicle control systems, CD Press.

http://ec.europa.eu/eurostat/. 15.07.2017

httpp://www.iru.org/. 15.07.2017

http://www.fmcsa.dot.gov/. 15.06.2017

www.care/ecevropa.eu/transport/safety.com/. 12.06.2017

https://www. setra.de/. 17.06.2017

https://www. mantruckandbus.com/. 17.06.2017

https://www. fka.de/. 11.06.2016

C – RAILWAY TRANSPORT AND TRAFFIC

ŽELJEZNIČKI SAOBRAĆAJ

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

REGIONAL PASSENGER RAIL CONCEPT: EVIDENCE FROM SERVICES IN SERBIA AND SLOVAKIA*

Sanjin Milinković[a], Slavko Vesković[a], Peter Marton[b], Jaroslav Mašek[c]
[a] *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Beograd, Serbia, s.milinkovic@sf.bg.ac.rs, veskos@sf.bg.ac.rs*
[b] *University of Zilina, Faculty of Management Science and Informatics, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia, peter.marton@fri.uniza.sk*
[c] *University of Zilina, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, Univerzitna 8215/1, 010 26, Žilina, Slovakia, jaroslav.masek@fpedas.uniza.sk*

***Abstract**: We present an analysis and concept for revitalization of the regional railway services that includes liberalization and concurrency in railway transport. Research was based on the passenger surveys taken in the sample region, and on the basic principles of the transport and traffic quality and the Public Service Obligation (PSO) in railway passenger transport. We have analyzed the case studies of railways in Serbia and Slovakia. In Serbia, we present a region of South Banat as a region with significant location and significance for gravitation towards Belgrade (a large transport center) and as connection between two European transport corridors. Recent years has brought a trend of increase of the passenger rail share in south Banat. The reorganized timetables and new trainsets have influenced the rise in the number of rail passengers. Further, we present the analysis of the surveys and parameters of the service quality in recent years. In Slovakia, concept of free tickets for students and pensioners was introduced in November 2016, and we analyze and present important information about it and some important and interesting experiences.*

***Key words:** regional passenger transport, quality indicators, transport survey*

1. INTRODUCTION

In many European countries regional passenger transport was traditionally focused on railways. Fast expand and flexibility of the road transport has decreased a rail passenger transport share in last decades. However, a good quality service offered by rail passenger operators have led to a significant increase of rail passengers. This is mostly related to the services offered in major city regions and regions gravitating to the large cities and passenger hubs. Often, a lower quality rail passenger service (bad timetable, unreliable service) has caused that passengers were avoiding railways, which led to suspension of passenger transport on some local railroads.

In Serbia, railway sector is still in the process of restructuring of the state owned Serbian Railways. New government regulations are introducing other operators on a once monopolized railway network. So, there is a need for researching the possibilities and defining the model for railway traffic revitalization on regional and local lines in Serbia in order to offer the best possible solution regarding volume and quality in contemporary socio-economic conditions.

New DMU bought last year for South Banat region was included since the timetable for year 2012/2013. Analysis shows that the new investment increased the speed of travel, reduced train delays and improved the frequency of trains. The result is constant growth of number of

* ***Review paper***

passengers and incomes on regional line Beograd – Vršac. In this paper, we are presenting the data and analysis on change in number of passengers regarding organization of regional trains in south Banat. To evaluate passenger satisfaction, we have created a survey. Survey is active in two forms. In first form, as a direct approach, survey was created in the form of a questionnaire that was handed directly to passengers in trains. In another form, survey is presented as an online survey.

2. ANALYSIS OF THE REGIONAL PASSENGER TRANSPORT IN SERBIA

In Serbia, according to the railways reform plan, there are four separated companies: "Serbia Railways" JSC, "Serbian Railways Infrastructure" JSC, "Serbia Train" JSC - Passenger Railway Transport", and "Serbia Cargo" JSC (Kecman, 2016). The railway services are provided by Infrastructure Manager (IM) and based on infrastructure access charges as described in the Network Statement of IM.

The restructuring of the Serbian railways is parallel to the process investing to the revitalization of the infrastructure (on the main corridors) and on the buying a new regional passenger trainsets: DMUs and EMUs.

Considering a yearly pattern of timetable organization on Serbian railways some of the inputs needed for the planning process are synchronized with old data and other are considered according to the new information regarding the condition of the infrastructure and rolling stock. Planning of the timetable for the next period is a process that is starting to develop almost as soon as the current timetable enters in to force. One of the major challenges is to synchronize the activities and information flow with other parties involved.

The traffic on the Pančevo Glavna – Vršac – State border line is organized for mixed traffic with local, regional, and international passenger trains and freight trains. There is 4 pairs of trains daily in regional traffic from Pančevo to Vršac (Table 1.).

In year 2013, new DMUs were introduced to the regional line Beograd – Vršac, and timetable included four pairs of regional per day for every day in the week. Data on train operations shows that from 720 scheduled trains, two trains were cancelled, 8 trains delayed over 30 minutes and average delay per train is less than a minute. Average number of passengers per train is 82, or 68 percent of seating capacity.

Table 1. Timetable for regional trains in South Banat

Direction Pančevo Glavna – Vršac			Direction Vršac – Pančevo Glavna		
Departure	Train No.	Arrival	Departure	Train No.	Arrival
7:51	2601	9:05	5:15	2600	6:30
12:16	2603	13:30	9:40	2602	10:55
16:21	2605	17:35	13:50	2604	15:05
21:01	2607	22:15	18:00	2606	19:15

The number of passengers was increasing rapidly from the start of the service (Fig. 1). Also, the punctuality is much higher than on any other trains in the network.

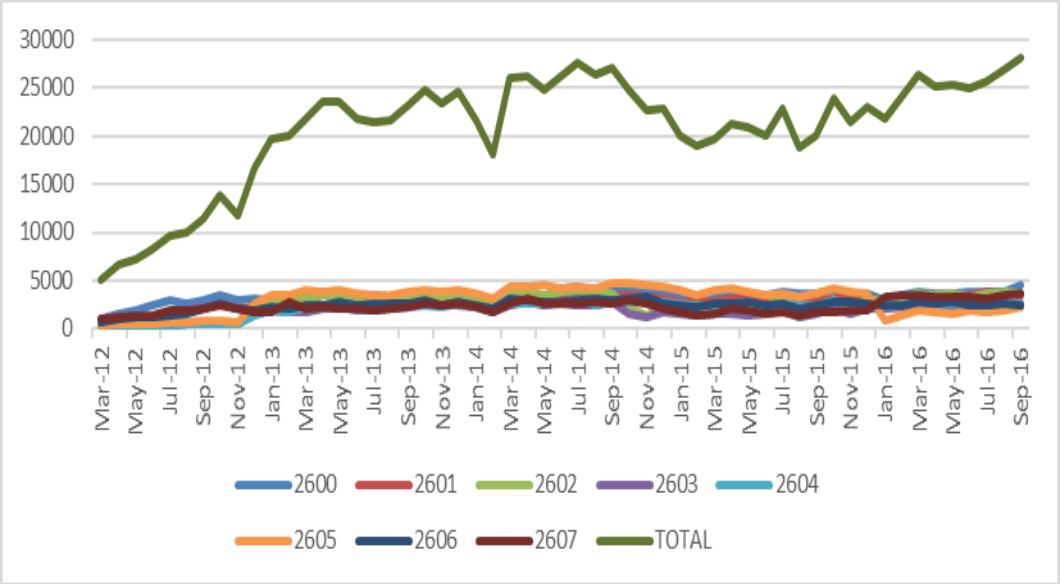


Figure 1. Number of passengers by trains on Beograd Dunav – Vršac line

In year 2013, from the start of the new timetable, increase in the number of passengers is even higher. New timetable is designed according to the passenger demands, introducing new departures that are in morning and afternoon peaks. According to the recent data, train 2605, now has the highest number of passengers. Train 2605 departs from the Belgrade railway node (station Beograd Dunav) at 15.55 which is a suitable time for the citizens of Pančevo and others cities in the region. Trains 2600/2601 and 26060/2607 are suitable for workers and students. Increase in number of passengers brought significant growth of income. Total income from train tickets on Beograd Dunav – Vršac line increased three times from March 2012 to February 2013. Frequency of trains on tis line is not enough to satisfy needs of the passengers traveling from the region to Belgrade. Such organization of rail passenger transport was due to the bottleneck caused by the single track line on Danube Bridge. The new timetable 2016/2017 included the new reconstructed line Beograd – Pančevo with double track line and significantly higher line capacity.

Survey was conducted on passengers traveling on the line Pančevo – Vršac for the analysis of their satisfaction with rail services. Surveys are common way for checking with passenger whether the railways are performing better or worse compared by previous period results. In Europe major railway operators often use surveys to establish and maintain good level of service. For example, in England, Scotland and Wales (NRPS) surveys are conducted since year 1999. Their surveys are conducted twice a year with same questions. The results are used to compare railway operators and passenger satisfaction on various lines, and for: increase of standard of rail industry by information, creation of environment necessary for sustainable development, passenger safety, and identifying the priorities stated by passengers for future investments.

In survey, passengers are required to give the information about their gender, age, occupation, object of travel and frequency of travel. These information is required for the analysis of the passenger needs and for establishing common patterns of behavior. The passenger's opinion can be used as a valuable parameter in future decision-making regarding the regional rail transport. Firstly, survey is by direct approach among the train passengers in

the form of the questionnaire. Passengers receive the paper form in the station or in the train (from the staff). Secondly, similar form is available as an anonymous online survey on the link http://www.sf.bg.ac.rs/ankete/index.php/159622/lang-sr-Latn .

The survey was created specifically for the South Banat region and has following topics: personal data (gender, age, occupation, social status); relation of travel and frequency of travel by train; comparing the rail with other modes of transport by price and time; rating the rail travel for price, comfort, speed, cleanliness, frequency, on time travel, quality of timetable; use of passenger intermodality and Park & Ride facilities; and view on priorities for new investments in railways in the region. Results of the survey are available online in web site used to collect the data in form of tables and graphs. Almost 50% of the passengers are students, and 26% and employed (Figure 2.).

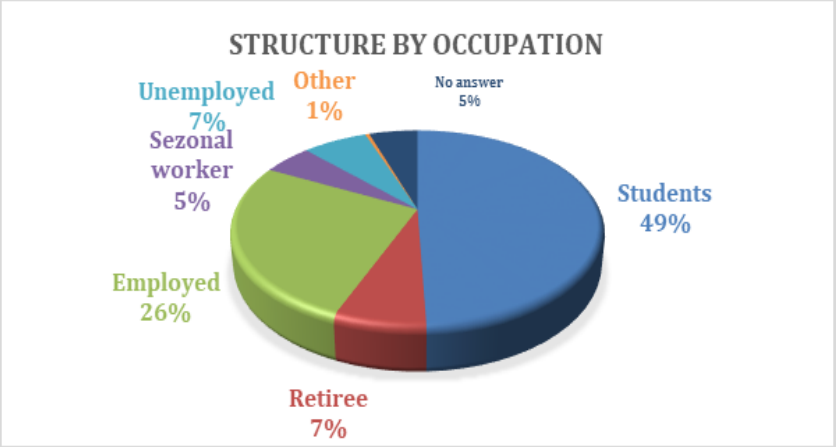


Figure 2. Structure of the participants by occupation

Participants have recognized the new quality that was introduced by improvement of timetable and new trainset on the line, and with over 70% acknowledged the improvement. In order to analyze the possibility of introducing new intermodal passenger services, we have asked the participants about their patterns in using railways. Since over 50% of passengers use other means of transport to travel to the station (Figure 3.) and 13% use railways daily, 27% weekly, and 40% few times a month, there is a strong reason to analyze the development of new facilities and intermodal concepts. The improvement of services is also recognized by the passengers. Reduce of train delays on the Pančevo – Vršac line, where over 90% of the answers shows the satisfaction with the train operation according to the timetable.

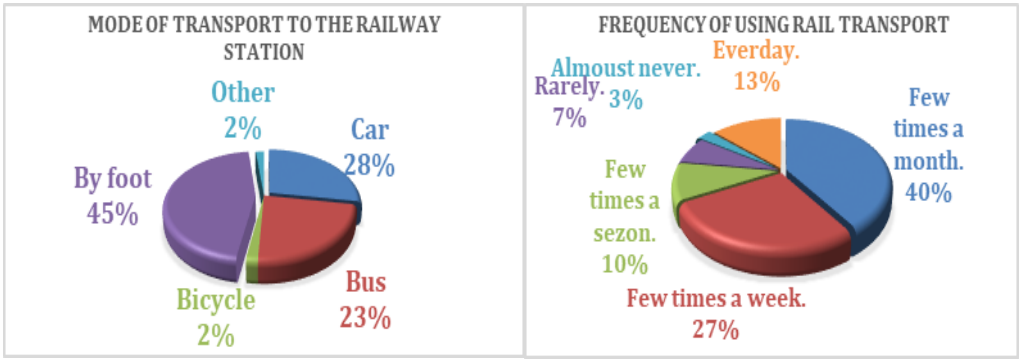


Figure 3. Answers to the question regarding the use of other transport means to the station

When asked to define the priorities for the next investment cycles, participants have made various suggestions, but majority was related to the investment in infrastructure, and then to rolling stock.

3. REGIONAL RAIL PASSENGER TRANSPORT IN SLOVAKIA

In Slovakia, four operators are active in the passenger transport, one state-owned and three private operators:

- Železničná spoločnosť Slovensko, ZSSK, main railway operator,
- Regiojet, RJ, offers long-distance trains from Prague to Košice (classic trainsets) and service of regional line Bratislava – Komárno (DMUs),
- LEO Express, LE, offers long-distance trains from Prague to Košice (EMUs),
- Arriva, offers long-distance trains from Prague to Nitra (DMUs).

In operation of public transport, it is often a case that revenues of some operator´s performances are unprofitable. In this case, with respect to market rules operator does not carry out this service. However, since the principles of national transport policy, which is based on transport policy of the European Union, the state is required to ensure a certain level of transport services in area. These service, which are for the operator unprofitable, are considered as services of public interest. According to the principles of state transport policy are fares in public transport services mostly regulated (ordinary fare trains except higher category, students, retirees, other groups), so the price does not even cover the carrier´s costs. Unregulated fares are applied only in long-distance services in Intercity trains on the main corridor Bratislava – Košice operated by ZSSK and all long-distance trains of all three private operators.

Until 2007, from passenger point of view, rolling stock of ZSSK (state-owned passenger operator) was mostly "old and dirty". For example, in 2006, ZSSK owned 482 locomotives, 27% older than 30 years. In the same year, ZSSK owned 1146 wagons, 62% older than 20 years. In Slovakia, from 2007, a massive modernization of rolling stock in passenger transport was started. Some basic attributes were defined for new or reconstructed vehicles – electrodynamic brake, max. speed 160 km/h, compatibility with RIC, EN and TSI regulations, new corporate design, closed WC system, climatization, diagnostics. This modernization was financed partly (47.5%) by different EU funds for period 2007-2013 (Cohesion funds, ERDF), partly from state budget (47.5%). 5% was financed from ZSSK budget. Totally, more than 186 Million € were invested during this period. Beside vehicles for services on the main corridor (Bratislava – Košice, 545 km, 5-6 running time), vehicles for services on regional lines were bought too. For regional services, several types of vehicles were introduced. For example:

- Double-decker dual-system electric units (671 class, by Škoda Vagonka), which are mostly intended for suburban transport in the area of Trenčín, Košice and Žilina. The three-car train offers 307 seats and a total capacity of 640 passengers.
- The push-pull units (Škoda Vagonka) consists of a double-deck driving car and double-deck intermediate cars. The unit has a maximum speed of 160 km/h.
- Diesel multiple units (813 class, by ZOS Zvolen) consists of a Class 813 power and a Class 913 driving trailer. Maximum speed is 90 km/h. These DMUs are in operation in several regional lines.

- Diesel motor units (861 class – REGIOMOVER, by ZOS Vrutky) with diesel-hydraulic power transmission is manufactured as partially low-floor unit consisting of three parts, namely two motor cars and one intermediate trailer car.

Investment and reconstruction of the railway lines in Slovakia is strongly oriented to the main corridor. In summer 2017, reconstruction of about 160 kilometers of Bratislava - Žilina line was realized. Last section of this line, between Púchov and Považská Teplá (40 kilometers) will be finished in beginning of 2020. So-called "target timetable 2020" will be introduced from December 2020. Several measures are planned in regional too, to improve connections from regions to the main line, but no significant reconstruction of regional lines is planned, because of financial reasons.

One model example of reconstruction of regional line was realized at line from Bratislava to Dunajská Streda. Operation on this line is in hands of the Regiojet (RJ) private operator. During the first year of operation, on the line Bratislava - Dunajská Streda - Komárno, RegioJet (RJ) transported about 1.5 million passengers. RJ brought new quality of regional transport on regional lines, which attracted new customers. RJ is a proof that the combination of modern vehicles, periodic timetable and new services on the train and at the stations is an example of how to make rail transport more attractive in the region. RJ daily dispatches about 50 trains, offers modern air-conditioned, low-floor vehicles Talent from Bombardier, tact schedule (during peak are intervals 30 min.), special faster connections (travel time BA - DS 38 min.) and new service on trains (free internet, newspapers) and additional services at the railway stations (P + R parking place).

One unique measure for supporting of passenger interest for the railway transport in Slovakia, was introduction of free traveling from November 2014, for children, students and elderly people. About 2.5 Millions of passenger can use this offer. In first 10 months of 2016, 22 Million passengers traveled for free, about 10% more than in 2015. About 70% of "free" passengers were students and 30% were pensioners. It was 41% of all passengers in the Slovak trains. In that time, about 990 thousand passengers were registered for free traveling. One registered passenger realized about 21 journeys in 2016, average length of journey was 64 kilometers. Passengers with payed tickets travel about 39 kilometers per journey in average.

Structure of transport market and transport performance

Passenger transport in Slovakia has been fully liberalized since 2010. Open Access is allowed on all lines and without a public tender. Transport services within the Open Acces provide four companies, one national carrier - ZSKK and three private carriers with international license - RegioJet, Leo Express and Arriva Trains. The national Open Access is on the main line Bratislava – Žilina – Košice, where provides services 2 operators - one state and one private (until January 2017). International relation under the Open Access is on the route Prague – Bratislava (since December 2016), Prague – Trenčín – Nitra, Prague – Žilina – Zvolen and Prague – Žilina – Košice (Prešov). Open Access line and operators are in Fig. 4. Shares of the transportation market of carriers are shown in Table 2.

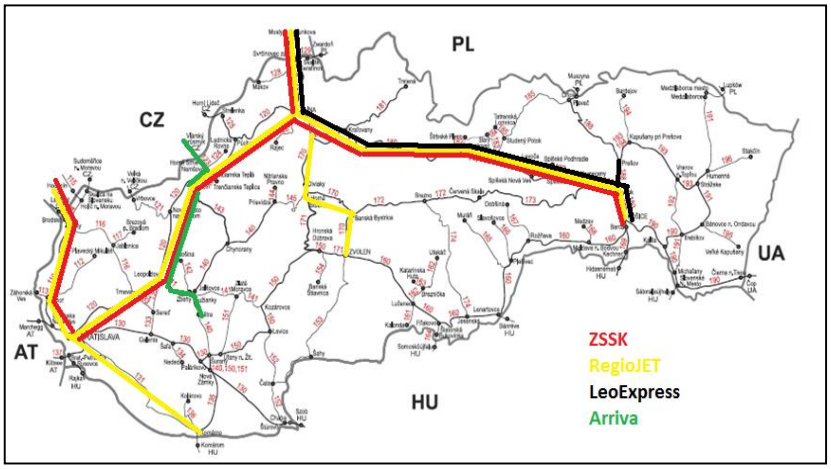


Figure 4 Lines with Open Access operation in Slovakia

Table 2. Shares of railway transport market (Source: Ministry of Transport) (Passengers [mil.])

	2010	2012	2014
ZSSK	2 428	2 413	2 503
RegioJet, a.s.	-	275	449
Leo Express, a.s.	-	-	0.418
Total	2 428	2 688	2 952

Open Access and performance within contract of services in public interest on the same line make strong competition between state and private operators. It brings the increase of quality of services or lower fares for passengers, but on the others side it requires funding form the state budget. The Ministry is also considering about tenders for the long-distance trains and relation. In November 2015 it was announced the first round of the tender for the line Bratislava – Banská Bystrica. The line is electrified and about half of the 230 km is double-tracked. Estimated volume of public services could be 1.5 million train-km per year, contract of services in public interest should be for 10 years, one of the conditions is the using 7 + 1 train set with minimum 530 seats and expected payment for services would be approximately 10 million € per year. The deadline was until January 15th 2016 (8 companies applied).

Free of fares transport

From 17 November 2014 provides state ZSSK on the basis of decision of the Government free transport for selected groups of the population - children and students under 26 years of special retirement to 62 years and all pensioners over 62 years. To free transport is required to register with the operator and it applies for all citizens of the Slovak Republic and the EU. So far 990.581 people were registered, of which 470.499 are children, pupils and students. 31,456 registered people are foreign citizens, with most of the Czech Republic 26.645.

Demand for free transport is still large and growing. 22 million people bought the free train tickets in first ten months of 2016, it representing the 10% increase over last year. Compared to the first year of operation the free transportation ZSSK transported about 1.5 million more pupils and students and about 500.000 more pensioners. Total state carries in the first ten months of this year transported 54.7 million people, which of 41% for free. Costs of free transport are paid from state budget.

With regard to people traveling for free, 69.4% of them - 15.4 million were pupils, students and children under 15 years. The remaining 30.6% or 6.8 million people were pensioners. The most interested are route around agglomeration: Bratislava – Trnava, Košice – Prešov and Kysucké Nové Mesto – Žilina. Pensioners use more the longest distance, for example, the route Bratislava – Humenné (trips). Students most frequently use lines at the distance of 26 kilometers (schools attendance).

On average one registered passenger to free transport make about 21 routes and one route reaches average 64 km length. While paying passengers were transported average on 39 km long distance.

4. CONCLUSION

In both Serbia and Slovakia, we see that there are is a strong correlation between quality of service and the number of passengers. Contemporary passenger transport market in EU countries is dependent on the government regulations, and the quality of service offered by privately and state owned operators. Competition on the open access market has improved the quality and caused that passengers are returning to the railways as a first alternative for a daily transport. Also, recent years has brought a trend of increase of the passenger rail share Serbia. The reorganized timetables and new trainsets have influenced the rise in the number of rail passengers. The passenger satisfaction surveys has showed that passengers want reliability, comfort, additional services and timetable organized by their demands. Transport service organized according to the passenger demands is a basic step to reviving and improving the regional and local rail passenger transport.

ACKNOWLEDGEMENT

“This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. SK-SRB-2016-0024.”

5. REFERENCES

Vesković, S.,Stević, Ž., Stojić, G., Rajilić, S., Vasiljević, M, (2016). Application Of Fuzzy AHP Method For Profit Analysis Of Railway Operators With PSO, International Scientific-Expert Conference on Railways - RAILCON 2016, At Niš, Serbia, Volume: XVII

Kecman N., Đorđević Z., Restructuring of Serbian Railways JSC, First International Conference - Transport for today's society; 2016 19 - 21 May 2016; Bitola, Macedonia: The Faculty of Technical Sciences - University "St. Kliment Ohridski" Bitola.

Transport statistics of Ministry of Transport and Construction of Slovak Republic. Online http://www.telecom.gov.sk/index/index.php?ids=49961

Nedeliaková, E., Štefancová, V., Kudláč, Š.: Total service management application in passenger logistics. In: Logi : scientific journal on transport and logistics. - ISSN 1804-3216. - Vol. 7, no. 2 (2016), s. 91-99.

Škorupa, M., Kendra, M., Ponický, J.: The proposal of rationalization of the public transport system in the southern part of Bardejov district. In: Railway transport and logistics. - ISSN 1336-7943. - Year 12, issue 2 (2016), online, p. 27-34.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

REDUCING THE PASS-BY NOISE OF EXISTING FREIGHT WAGONS*

Bas Leermakers[a], Dragan Nešić[b]
[a] *Head of Technology Section, Gryphenhübeliweg 30, 3006 Berne, CH, Bas.Leermakers@otif.org*
[b] *First Officer in Technology Section, Gryphenhübeliweg 30, 3006 Berne, CH, Dragan.Nesic@otif.org*

***Abstract**: Urbanisation and globalisation has intensified traffic. More traffic means more noise and rail freight is an important noise contributor. Research shows that exposure to excessive noise affects people´s health and for this reason, the railway sector and the legislator are aiming to reduce, in particular, rail freight noise. Some European states, such as Germany and Switzerland, have taken national measures to reduce rail freight noise by banning the use of noisy freight wagons from 2020/2021. In order to avoid the negative effects of unilateral measures as much as possible, the European Commission and the EU Agency for Railways intend to develop a coordinated approach across the EU. The OTIF Secretariat is following these developments closely in order to ensure consistency between EU noise abatement policies and COTIF international railway law. After describing what the causes of rail freight noise problems are and what the possible solutions might be, this paper proposes a possible way forward that is in accordance with the legal provisions of COTIF and would enable noise abatement on specific railway corridors. In particular, it suggests that noisy wagons should not be prohibited, but that some lines or corridors should be declared compatible with silent wagons only.*

***Key words:** rail freight noise, noise abatement, coordinated approach, retrofitting, silent freight corridors*

1. INTRODUCTION

Research shows that excessive noise can affect people´s health and for this reason the railway sector and the legislator are aiming to reduce railway noise. The extent of railway noise problems in a particular area depends on many factors, such as traffic density, population density, landscape, etc. For these reasons railway noise abatement is accorded a different priority in different states. For example, in Germany, Switzerland and the Netherlands, citizens and the governments consider railway noise as a major problem, particularly in areas where there is a high population density and frequent rail freight traffic. In some other states rail noise is, at least at the political level, not perceived as a priority problem.

2. DESCRIPTION OF THE PROBLEM

According to the 2014 Noise in Europe report by the European Environmental Agency, railways are the second most dominant source of environmental noise in Europe, with nearly 7 million people exposed to levels above 55 dB Lden in 2012, including people exposed both inside and outside urban areas. Lden is a common indicator that corresponds to the average noise level throughout the day, evening and night, to which a citizen is exposed over the period of a year.

* ***Review paper***

The major contributor to railway noise is rolling noise caused by freight trains. The vast majority of freight wagons in Europe are equipped with so-called wheel-tread brakes that act by pushing friction elements (brake blocks) onto the running surface of the wheel. The friction results in a braking action. Traditionally, cast iron is used for the production of brake blocks. Cast iron is a cheap and easy to use material but has as a down side in that it roughens the wheel's running surface. The rough wheels running on the rails cause vibrations that result in running noise, also referred to as pass-by noise. This problem does not exist if the vehicles are equipped with disc brakes, but unfortunately only a limited number of freight wagons are equipped with this kind of braking system.

Due to its international character, measures imposed on rail freight at national level have little effect as long as noisy wagons are used internationally.

3. A SIMPLE TECHNICAL SOLUTION

The roughness of the wheel's running surface can be influenced by the type of brake blocks used. Instead of using traditional cast iron brake blocks, alternative braking friction elements in the form of composite brake blocks smoothen rather than roughen the wheels, leading to significant reduction of pass-by noise. If a wagon currently equipped with cast iron brake blocks is being equipped with composite brake blocks, its pass-by noise measured in accordance with ISO 3095 will be reduced by up to 10 dB, which means halving the noise level perceived by people.

Since 1 December 2012, all new freight wagons approved for international use in accordance with ATMF (Appendix G to COTIF) or EU law must comply with the Uniform Technical Prescriptions (UTP) Noise or the Technical Specifications for Interoperability (TSI) Noise respectively. This means that all new wagons are considered 'silent' and are equipped with composite brake blocks, or have other 'silent' brake systems such as disc brakes. It also means that over time all old noisy wagons would gradually be replaced with more silent wagons, although this process is slow. Estimates from the European Union Agency for Railways (ERA) suggest that without additional measures in 2035 80% of the freight wagon fleet would be silent. The problem is that if a train is composed of 80% silent and 20% noisy wagons, the train is still a noisy train.

4. IMPLEMENTATION OF NOISE REDUCTION MEASURES

Although the technical solution to the pass-by noise problem caused by freight wagons is relatively simple - retrofitting old noisy wagons with new composite brake blocks - its implementation is more difficult. Apart from the investment in new brake blocks the maintenance costs of wagons increase when they are equipped with composite brake blocks due to different wear behaviour of the wheels. This will make the transport of goods by rail more expensive, potentially diminishing the competitiveness of rail transport compared with other modes, such as road transport. Implementation of rail freight noise reducing measures is therefore mainly a question of financing.

4.1. Existing measures at European Union level

The European Union (EU) aims for a coordinated approach in order to avoid creating new barriers and to maintain interoperability. This has resulted in technical requirements (TSI Noise) and different economic incentives to stimulate retrofitting of noisy wagons.

To stimulate the sector to retrofit wagons on a voluntary basis and to maintain the competitiveness of the rail sector, the EC has proposed to co-finance part of the costs related to retrofitting at EU level. To this end a scheme of "Noise-Differentiated Track Access Charges" (NDTAC) was introduced in Article 31(5) of Directive 2012/34/EU and implemented by Commission Implementing Regulation (EU) 2015/429 of 13 March 2015, allowing infrastructure managers to charge lower track access fees for silent wagons compared to noisy wagons. The NDTAC scheme was voluntary and implemented by only a small number of states. In addition, a scheme to co-finance the retrofitting of freight wagons was put in place by means of Regulation (EU) 1316/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013. According to this scheme the EU can finance 20% of the retrofitting costs. In addition to that, states may also co-finance part of the costs.

For some states the measures in place at EU level do not lead to the desired situation quickly enough, so unilateral measures have been put in place. This is at least the case for Switzerland, which following a bilateral agreement with the EU applies most of the EU railway acquis and Germany.

4.2. The Swiss case

The specific (alpine) geography, the concentrated urban areas and the high rail traffic volumes make rail noise highly political issue in Switzerland. Railway noise abatement has become one of the strategic aims of the Swiss Government. With the adoption of the Railway Network Access Regulation (Eisenbahn - Netzzugangsverordnung - NZV) and soon after, the Federal Law on Noise Reduction of Railways (Bundesgesetz über die Lärmsanierung der Eisenbahnen - BGLE), Switzerland introduced measures towards railway noise abatement.

Switzerland has introduced several economic incentives to stimulate the retrofitting of noisy wagons. One of them is NDTAC in the range of CHF 0.01 to 0.03 per axle kilometre paid to railway undertakings operating silent freight wagons in Switzerland (Swiss Federal Office of Transport et al., 2014). The payments are regardless of whether the railway undertaking is a Swiss or a foreign company. Another incentive is the direct financing of retrofitting of wagons payable to the wagon keeper. Funds are available for wagons which remain in service at least until 31 December 2019 and at least ten years after retrofitting. In addition to these measures there are financial incentives to stimulate research in even more silent future technologies.

In addition to the vehicle-based measures, complementary measures relating to the infrastructure are also in place, such as acoustic grinding of rails, noise barriers and the renewal of steel bridges. The entire railway noise abatement programme was estimated to cost CHF 1.515 billion (Bundesamt für Verkehr, 2017).

The incentives to retrofit the existing fleet in Switzerland have resulted in 96% of all Swiss wagons being equipped with composite brake blocks or other equally silent technology, such as disc brakes. However, according to reports from the Swiss Federal Office of Transport, between January and June 2017, 63% of all freight wagons running on the Swiss network are

still equipped with cast iron brake blocks and are thus noisy. This can be explained by the international character of rail freight; in other words, noisy foreign wagons cause the majority of rail freight noise in Switzerland.

In accordance with the decision of the Swiss Parliament of 4 December 2015, from 1 January 2020 wagons with cast iron brake blocks will be banned from operations in Switzerland.

4.3. The German case

Traffic noise is a serious problem in Germany too. Germany identified the need to reduce rail freight noise on its rail network for reasons of health and environmental protection. The representative population survey, "Awareness of the environment in Germany in 2016", showed that traffic noise pollution has declined only marginally over the past decade. It also showed that 38% of the German population feel disturbed by rail traffic noise (BMUB und UBA, 2017).

To reduce the level of noise, Germany put in place several measures. Since December 2012, Germany subsidises 50% of the costs of retrofitting old wagons with composite brake blocks. The German Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure reserved an amount of 152 million Euros for this purpose. The scheme will be in place until the end of the 2019/2020 timetable (BMVI, 2017). In addition to co-financing the retrofitting of the existing fleet of noisy wagons, the German government also stimulates the development of future vehicle technologies concerning the design of the wheels, special bogies and special dampers on running gears (Otte and Jaecker-Cüppers, 2011).

Like Switzerland, Germany has also implemented a bonus incentive for the use of silent wagons by means of an NDTAC scheme. Both the keeper of the wagon and the railway undertaking operating it benefit from equal bonuses of EUR 0.005 per axle kilometre (Swiss Federal Office of Transport et al., 2014).

In addition to vehicle-based measures, Germany has implemented infrastructure measures, e.g. noise barriers and noise protection (soundproof) windows for households and develops innovative infrastructure-based technologies for noise abatement along open railway lines (rail silencers, low soundproof walls or bridge absorbers).

Most recently, on 30 March 2017, the German Parliament decided to forbid the use of noisy freight wagons on the German railway network from 13 December 2020 onwards. Noisy wagons will not be banned, but it will be almost impossible to operate them in Germany. A train which includes one or more noisy wagons will be designated as a noisy train. It will only be possible to operate noisy trains at very low speed, so that the noise emitted by the train is not more than that of a silent train. Noisy trains may also be operated in unpopulated areas, but probably almost no train paths will go exclusively through unpopulated areas.

As of 31 May 2017, 183,000 freight wagons operate on the German rail network, of which 86,596 are silent, which is a 7% increase compared to half a year earlier. 57,000 of the silent wagons are registered in Germany.

5. POSSIBLE FUTURE MEASURES

Following the legal developments in Switzerland and Germany to reduce rail freight noise and in particular their bans on the use of noisy wagons after 2020, the European Commission (EC) requested ERA to analyse the possibilities for an EU-wide policy to ensure the retrofitting of noisy wagons before a certain deadline.

5.1. The international legal framework

The legal basis on which a vehicle was first put into operation is important when analysing the necessity of retrofitting and the legal status of the vehicle.

The COTIF provisions for vehicle admission have been developed in recent years. In order to obtain an overview and distinguish the various legal bases for admission, it is important not only to analyse the COTIF provisions, but also the EU provisions applicable to freight wagons. A basic and simplified overview of the various provisions that are relevant to vehicle admission is shown in Figure 1. It also illustrates that existing vehicles may have been approved in accordance with different regimes.

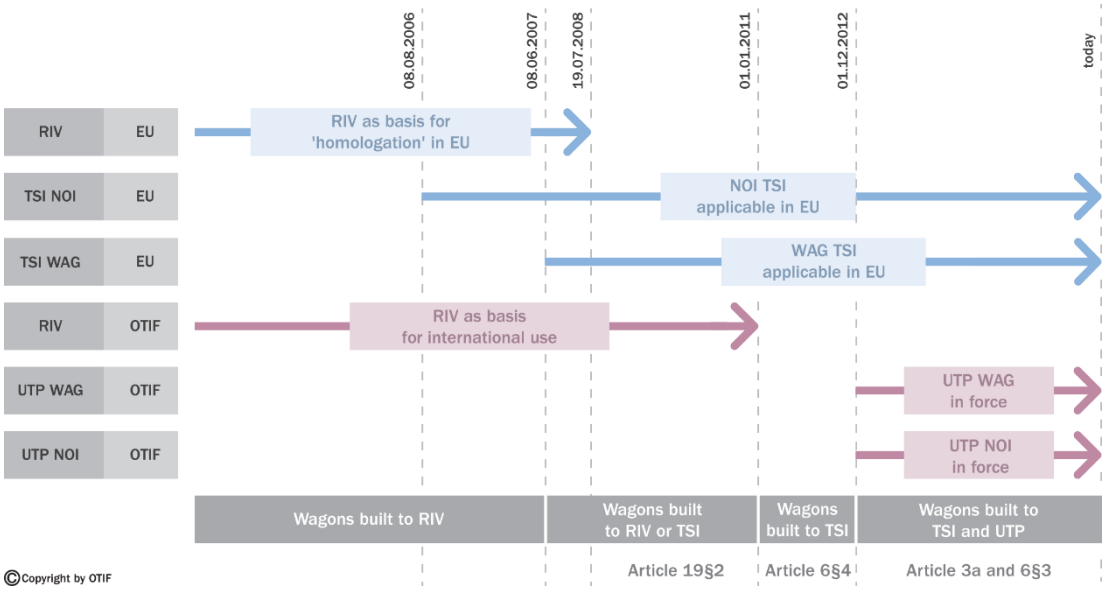


Figure 1 Different legal basis of COTIF and EU provisions of relevance to vehicle admission

Since 2007 the EU has had a full set of TSIs in force for freight wagons (WAG TSI + NOI TSI). This means that basically, all wagons authorised in the EU since 2007 are deemed to be silent and will not be affected by retroactive noise provisions.

From 1 December 2012, equivalence between EU and OTIF provisions was established with the entry into force of the UTP WAG and UTP NOI. As a result, it can be concluded that all wagons admitted to international operation since that date can also be considered as silent and will not be affected by retroactive requirements.

5.2. Imposed retrofitting before a deadline

There are some legal hurdles to be overcome before a TSI or UTP can be applied to existing vehicles. The basic principle of ATMF and EU railway law is that the TSI and UTP provisions apply only when a vehicle is being authorised or admitted to operation. In general, new requirements have no retroactive effect and do not apply to existing vehicles. The right to continue using old vehicles, which might not comply with all current requirements, is sometimes referred to as "grandfather rights".

Prior to the entry into force of ATMF and the UTPs most freight wagons were built on the basis of the "Regolamento Internazionale Veicoli" (RIV); an Agreement between the railway companies based on which they mutually accepted freight wagons for international use. The RIV has been superseded by the TSIs/UTPs and (multilateral) contracts, such as The General Contract of Use for Wagons (GCU - www.gcubureau.org). Article 19 § 2 ATMF regulates grandfather rights for (old) RIV wagons, meaning that they are not directly affected by new (noise) provisions. This provision (on grandfather rights) has an equivalent in Article 54.2 of the recast EU Interoperability Directive.

Based on the accession agreement between OTIF and the EU and Article 3a § 3 ATMF, vehicles intended to be used only in Member States of the EU are governed by the applicable EU and national legislation. This means that for vehicles intended to be used only in the EU, the EU can impose rules which do not necessarily have to be compatible with ATMF. However, such rules should not hinder vehicles in international traffic coming from non-EU OTIF Contracting States when travelling through the EU, even if they do not comply with these EU rules. In other words, if EU rules were to require the retrofitting of wagons with composite brake blocks, these rules would not automatically apply to wagons coming from non-EU States. The conclusion is that only a joint EU/OTIF approach could have the desired effect.

5.3. Silent freight corridors

Even though brake-block retrofitting of old freight wagons is universally seen as the best way of reducing rail freight noise, the financial aspects divide the opinions of different governments. In addition to the financial questions, imposing mandatory retrofitting before a deadline also comes with some legal challenges, as indicated in the previous paragraph.

Instead of requiring all wagons to become silent before a deadline, other possibilities for reducing rail freight noise were explored, in particular those which have an effect at places where the noise problem occurs. In this respect the OTIF Secretariat presented to the work of ERA the concept of 'silent freight corridors' as a possible way forward. The idea is that pass-by noise could be defined as a parameter of compatibility between the network and the vehicle. It would then be the responsibility of the railway undertaking to ensure that it only runs 'silent' wagons on these defined corridors. The concept is not very different from the railway undertaking's duty to ensure that, for example, the operating speed, the axle load and the gauge of the vehicles and the infrastructure are compatible.

Article 6 § 2 ATMF would support such a concept without the need to change existing legal provisions: "An admission to operation allows the rail transport undertakings to operate a vehicle only on infrastructures compatible with the vehicle according to its specifications and other conditions of the admission; it is the responsibility of the rail transport undertaking

to ensure this". In addition, Article 15a ATMF clarifies that the railway undertaking, the infrastructure manager and the keeper must exchange information that will enable the railway undertaking to ascertain that his trains are compatible with the requirements of the infrastructure.

The advantage of making pass-by noise a train-infrastructure compatibility parameter is that it allows pass-by noise requirements to be imposed where they matter most, without imposing retroactive rules on entire fleets. Presumably, this would particularly concern heavily used corridors, such as the Rotterdam - Genoa corridor running through NL, DE, CH and IT. As this kind of corridor is heavily used, the relative costs per km for retrofitting wagons running on it might be limited. At the same time, states could continue to allow the operation of noisy wagons on part of the network where noise nuisance is limited, such as in areas where there is no population close to the railway lines.

6. FINAL REMARKS

Rail freight noise is a sensitive subject, not only for the states for which noise is a serious problem, but for other states as well. These reservations are due to the potential economic impact of noise mitigating measures, caused on the one hand by the initial investment, but even more so by the increased running costs during the remaining life of the vehicle. Reducing rail freight noise comes not only with costs, but also with legal challenges because of grandfather rights for older wagons. Finding a solution to the problem which is acceptable to all parties concerned is essential for the rail sector. The right balance must be found - a balance which mitigates the noise problems where they occur, complies with the legal provisions and does not unduly harm the economic interest of the rail sector.

In this context the OTIF Secretariat sees potential in the creation of silent freight corridors, or silent sections of networks. Although this approach might have its downsides, such as an increased administrative burden, possible lack of clarity in terms of local rules and limitation of interoperability, there would be a clear economic benefit in preventing the retrofitting of entire fleets and implementation would not seem to imply major legal hurdles.

7. REFERENCES

ATMF – Appendix G to COTIF 1999, in the revised version that entered into force on 1 July 2015 (Appendix G to COTIF 1999)

APTU – Appendix F to COTIF 1999, in the revised version that entered into force on 1 July 2015 (Appendix F to COTIF 1999)

"*Bundesgesetzüber die Lärmsanierung der Eisenbahnen – BGLE"* (Federal Law on the Noise Reduction of Railways), No. 742.144, of 24 March 2000 (https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19994383/200010010000/742.144.pdf, 11.08.2017), as last amended by the "*Verordnung über die Lärmsanierung der Eisenbahnen – VLE"* (Ordinance on the noise rehabilitation of railways), No. 742.144.1, of 4 December 2015 (https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20143250/201601010000/742.144.1.pdf)

Bundesamt für Verkehr (2017). *"Standberichte Eisenbahn-Ausbauprogramme ab 2016"* [the Status of the (Swiss) railways development programme for 2016] (https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/aktuell/berichte/kurzberichte-eisenbahngrossprojekte.html, 23.08.2017)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Deutschland Umweltbundesamt (UBA) (2017). *"Umweltbewusstsein in Deutschland 2016, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage"* (The awareness of the environment in Germany in 2016, the results of a representative population survey) (http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/umweltbewusstsein_deutschland_2016_bf.pdf)

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), 2017, Artikel *"Güterwagen werden leiser - Der Lärmschutz im Schienenverkehr bleibt in Fahrt"* (Article: Freight wagons becoming silent - The noise protection in the railway traffic continues), (https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LA/zulassung-ll-sohle-und-abschaffung-schienenbonus.html, 29.08.2017)

Commission Implementing Regulation (EU) 2015/429 of 13 March 2015 setting out the modalities to be followed for the application of charging for the cost of noise effects (http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0429&from=EN)

COTIF – Convention concerning International Carriage by Rail, as amended by the Vilnius Protocol, in force from 1 July 2006 (link: COTIF 1999)

"*Eisenbahn-Netzzugangsverordnung – NZV"* (Ordinance on Railway Network Access), of 25 November 1998, (https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19983395/index.html, 11.08.2017)

Otte, K., Jaecker-Cüppers, M. (2011). *"Pilot- und Innovationsprogramm „Leiser Güterverkehr", Abschlussbericht der Vorsitzenden der AG 3 – Wagenverfolgung und Trassenpreisgestaltung"* (Pilot and innovation programme "Quiet freight transport", Final report of the Chairmen of the WP 3 - Vehicle tracking and track pricing) (https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Eisenbahn/Unternehmen_Institutionen/Mitteilungen/AG3Abschlussbericht31122011.pdf?__blob=publicationFile&v=2)

Regulation (EU) 1316/2013 of the European Parliament and of the council of 11 December 2013 establishing the Connecting Europe Facility, amending Regulation (EU) 913/2010 and repealing Regulations (EC) 680/2007 and (EC) 67/2010 (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:348:0129:0171:EN:PDF)

Swiss Federal Office of Transport, DB Netze, Pro Rail (2014). "Financing systems for low-noise rail freight traffic in Europe".

Uniform Technical Prescription relating to the subsystem rolling stock noise in the version that entered into force on 1 December 2015 (UTP NOI)

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

ORGANIZACIJA PRODAJE MEĐUNARODNIH TRASA NA JEDNOM MESTU*

ORGANIZING THE SELL OF INTERNATIONAL TRAIN PATHS AT ONE STOP SHOP

Miloš Stanojević, Branislav Bošković
Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija, miloss19g70@gmail.com, b.boskovic@sf.bg.ac.rs

***Apstrakt**: Koncept prodaje na jednom mestu poznat pod nazivom one stop shop, pojavio se u SAD-u početkom tridesetih godina dvadesetog veka, kada je upotrebljavan kao pojam za način poslovanja ili fizičko mesto pružanja više usluga na jednom mestu. Koncept One Stop Shop (OSS) na železnici se počeo upotrebljavati u Evropi (Evropskoj uniji) sa otvaranjem tržišta železničkih usluga, sa namerom da se na koridorima prodaja trasa izvrši na jednom mestu i tako unapredi dotadašnje dugotrajno i naporno pregovaranje i pojedinačno ugovaranje prevoza sa železničkim upravama i omogući konkurentnost železničkih koridora na transportnom tržištu. Evropska unija posebnu pažnju pridaje povećanju konkurentnosti železničkih koridora, pa je objavila nekoliko direktiva koje se odnose samo na sistem upravljanja razvojem infrastrukture na koridorima, prodaju trasa na koridorima na jednom mestu i sl. U radu je objašnjen koncept prodaje trasa na jednom mestu prema relevantnim EU propisima i prezentirani dosadašnji dometi i iskustva u realizaciji ovog koncepta.*

***Ključne riječi:** prodaja trasa, koncept, koridor*

***Abstract**: Concept of selling at one place known as one stop shop, originated from the beginning of 1930's in the USA where it was used as a bussines model or physical place of offering more services at one place. Concept One stop shop (OSS) has found its way to railways in Europe (European Union) together with the liberalization of railway market, with main purpose of train path sell on corridors being organized at one place which was progress compared to long-term and hard negotiations and individual contracting of single transportation with railway undertakings, all with the purpose of developing a corridor competence on the market. EU pays special attention to rail corridors competence, so it has declared several regulations concerning the system of management development of the corridor infrastructure, train path sell at one place etc. In this paper, concept of train path sell at one place was explained according to relevant EU regulation and also present realization and experience of this concept.*

***Key words:** train path sell, concept, corridor*

1. UVOD

Železnica i liberalizacija tržišta. Šta je to što ova dva koncepta razdvaja, a šta je ono što ih stavlja u isti kontekst? Da li je konkuretnost železničkog sistema na tržištu transportnih usluga moguća i kako je ostvariti? Odgovore na ova pitanja daju inženjeri, ekonomisti i eksperti koji se bave železnicom već više od 30 godina. Osnovni problem sa kojim se železnica suočava jeste nezaustavljiv i konstantan pad obima prevezene robe železnicom koji traje još

* ***Pregledni rad***

od šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog veka. Uzročnike ovog problema i njihove uzročno-posledične veze nije jednostavno objasniti. Možda i glavni uzročnik jeste proces globalizacije koji je uzeo na značaju od šezdesetih godina prošlog veka i nagle ekspanzije drumskog transporta koja ga je pratila. U zapadnoj Evropi je u periodu od 1970. do 1996. godine došlo do pada obima transportovane robe železnicom u odnosu na druge vidove transporta sa preko 30% na 13% (*Bošković, 2016*). Kao rešenje – Evropska Unija je počev od 1990-tih sprovela proces restrukturiranja železničkog sektora sa ciljem postizanja liberalizacije tržišta železničkih transportnih usluga. Dozvoljen je slobodan pristrup infrastrukturi za sve zainteresovane prevozioce, i tako omogućeno da kroz razvoj konkurencije dođe do stvaranja uslova za podizanje kvaliteta transportne usluge. Ceo proces postepeno počinje da daje rezultate u zemljama EU. Međutim, tržišni mehanizmi koji su uspostavljeni i dalje zahtevaju veoma dug vremenski period kako bi delovali, te je neophodan svojevrsni vid „intervencija“ na tržištu i uspostavljanje dodatnih „alata“ sa ciljem postizanja potpune konkuretnosti. Ti alati su koncepti poput “Tehničkih specifikacija interoperabilnosti”, organizacije RNE, zatim “Evropski sistem za upravljanje železničkim saobraćajem”, višeslojni koncept “Pan-evropske mreže koridora” i koncept prodaje trasa na jednom mestu – “One stop shop” (OSS). Bez ovih intervencionističkih koncepata i alata nema ni ostvarenja potpune konkurentnosti na tržištu železničkih transportnih usluga. U ovom radu se objašnjava organizacija prodaje trasa na železničkim teretnim koridorima na jednom mestu (OSS).

2. KORIDORI I *ONE STOP SHOP*

Kao jedna od politika EU, Pan-evropske mreže (TEN) – u sektorima transporta, energetike i telekomunikacija – postoje još od 1993. godine. Zasnivaju se na poglavlju XVI (članovima 170, 171 i 172) Ugovora o funkcionisanju Evropske Unije. Pan-evropske mreže omogućavaju funkcionisanje unutrašnjeg tržišta, međusobno povezivanje regiona EU kao i povezivanje Evrope sa drugim delovima sveta. U suštini, stvaranje i razvoj TEN koncepta ima za cilj da poveže nacionalne infrastrukturne mreže i osigura njihovu interoperabilnost (*European Commission, 2017*).

Glavni instrumenti za realizaciju TEN politika su (*European Commission, 2017*):

- Smernice Unije, koje se bave postavljanjem ciljeva, prioriteta i nacrta mera za uspostavljanje i razvijanje mreže;
- Evropski fond za infrastrukturu koji podržava projekte od zajedničkog interesa.

U sektoru transporta, prve smernice su usvojene od strane Evropskog parlamenta i Saveta 1996. godine, a prvi propis za dodelu sredstava EU je usvojen godinu ranije, 1995.god. TEN-T (TEN politika – u sektoru transporta), danas ima rastući značaj zahvaljujući osnovi koju su pružila tri glavna proširenja EU i razvoju političke i ekonomske situacije tokom više od 20 godina njenog postojanja.

Ova politika ima za cilj da ukloni jaz između transportnih mreža država članica, zatim da ukloni uska grla koja još uvek ometaju normalno funkcionisanje tržišta i da se prevaziđu tehničke prepreke, kao što su nekompatibilni standardi za železnički saobraćaj.

Budžet od 24 milijarde evra do 2020. godine, u kombinaciji sa sredstvima iz drugih izvora finansiranja EU i Evropske investicione banke (EIB), treba da značajno stimuliše investiranje i obezbedi uspešnu primenu nove infrastrukturne politike (*European Commission, 2017*).

Razvoj Pan-evropske mreže saobraćajnica je naročito stimulisan primenom dvoslojne strukture, koja garantuje dosledan i transparentan metodološki pristup problemu. Prema Uredbi 1315/2013/EU ta dvoslojna struktura podrazumeva postojanje:

- Sveobuhvatne mreže (eng. Comprehensive Network) – koju čini sva postojeća i planirana saobraćajna infrastruktura Pan-evropske mreže, ali i niz mera kojima se podstiče efikasna i društveno i ekološki održiva upotreba takve infrastrukture, i:
- Osnovne mreže (eng. Core network) – koju čine oni delovi sveobuhvatne mreže koji su od strateške važnosti za postizanje ciljeva koji su postavljeni za razvoj Pan-evropske mreže saobraćajnica.

Kao pod-element osnovne mreže saobraćajnica, Uredbom 913/2010/EU o evropskoj mreži za konkurentni prevoz robe, uspostavljeni su međunarodni i tržišno-orijentisani, tkz. železnički teretni koridori za konkurentni prevoz robe (eng. Rail Freight Corridors).

RailNetEurope kao glavni cilj međunarodnih teretnih koridora za konkurentni prevoz robe postavlja rešavanje sledeća tri glavna izazova:

- Jačanje saradnje između upravljača infrastrukture u suštinski važnim pitanjima kao što su alokacija trasa, razvoj interoperabilnih sistema i razvoj infrastrukture;
- Uspostavljanje ravnoteže između putničkog i teretnog saobraćaja na međunarodnim teretnim koridorima;
- Promovisanje intermodalnosti između železnice i drugih vidova transporta kroz integraciju terminala u proces upravljanja koridorima.

Kako već pomenuti tržišni mehanizmi i dalje nisu na željenom nivou i još uvek ne garantuju efikasnu i harmonizovanu organizaciju transporta i regulisanje saobraćaja duž koridora, i kako bi bila rešena tri gore navedena izazova, uspostavljena je organizaciona struktura (uprava) za svaki od koridora. Tu organizacionu strukturu čine Upravni i Izvršni odbor (*Uredba 913/2010/EU, 2010*).

Upravni odbor čine predstavnici svih upravljača infrastrukture na koridoru i zadužen je za sprovođenje mera koje su mu Uredbom 913/2010/EU date u nadležnost. Izvršni odbor čine predstavnici državnih tela odnosnih država, te donosi odluke u skladu sa njihovim pristankom. Odgovornosti Upravnog i Izvršnog odbora ne dovode u pitanje nezavisnost upravljača infrastrukture (*Uredba 913/2010/EU, 2010, clan 8, stav 6*). Upravni odbor osniva Savetodavnu grupu koju čine upravljači i vlasnici terminala koji se nalaze na odnosnom teretnom koridoru, a koja ima pravo davati mišljenja o bilo kom predlogu Upravnog odbora koji ima direktne posledice na ulaganja ili upravljanje terminalom (*Uredba 913/2010/EU, 2010, clan 8, stav 8*). Upravni odbor takođe osniva i Savetodavnu grupu koju čine zainteresovani operateri. Upravni odbor je dužan da prikom uspostavljanja teretnog koridora, sastavi plan implementacije, podstiče usklađenost redova vožnje na koridoru i nadzire efikasnost saobraćaja, ali i da uskladi korišćenje interoberabilnih informatičkih sistema ili alternativnih rešenja u vezi sa postupkom alokacije trasa za međunarodne teretne vozove.

U vezi prethodno rečenog, Upravni odbor, takođe, određuje ili uspostavlja jedinstveno mesto (kancelariju) za podnošenje zahteva i dobijanje odgovora u okviru jedinstvenog postupka – One Stop Shop.

3. KONCEPT *ONE STOP SHOP*

„Sve na jednom mestu“ ili opšte prihvaćeni termin „one stop shop“ označava poslovni koncept kada preduzeće (ili njegova određena lokacija) pruža mnoštvo (u većini slučajeva je to zaokruženi spektar) usluga klijentu ili kupcu. Osnovna ideja je da se pruži pogodna i efikasna usluga i takođe stvori mogućnost da se klijentu ili kupcu proda više svojih prozvoda ili usluga.

Poreklo samog izraza nalazimo u kasnim dvadesetim i ranim tridesetim godinama prošlog veka na prostoru SAD. Jedan od prvih takvih primera je reklama za radionicu za popravku automobila „The Lincoln Star“ iz grada Linkoln u saveznoj državi Nebraska, iz jula 1930. godine. Tom reklamom je vlasnik radionice sumirao sve ono što sam koncept predstavlja, a ona je glasila: „Završite sve na jednom mestu. Uštedite svoj novac. Uštedite svoje vreme.“

3.1. Zašto One stop shop?

Na koridorima za konkurentni prevoz robe železnicom, koji sada kao jedan harmonizovan i neprekidan sistem izlaze na tržište transportnih usluga, od ključnog značaja postaje efikasno upravljanje alokacijom kapaciteta za međunarodne vozove koju sprovode upravljači infrastrukture ili posebna alokaciona tela. Alokacija kapaciteta železničke infrastrukture predstvalja proces dodele trasa zainteresovanim prevoznicima tj. podnosiocima zahteva.

To je proces koji uključuje više činilaca (sve upravljače inftrastrukture i sve operatere na prevoznom putu) iz čega proističe mnoštvo barijera za efikasno sprovođenje ovog procesa u današnjim uslovima. Te barijere su pre svega regulatorne i proceduralne prirode izazvane neusklađenošću propisa država. Ceo proces se odvija iz više vremenskih faza (strateški pregovori, savetovanja, izrada prednacrta i nacrta reda vožnje, koordinacija i dodela kapaciteta) što rezultuje velikim vremenom trajanja celog procesa. Pored toga, tu su i problemi jezičke prirode, nemogućnost efikasnog rešavanja sporova i konfliktnih zahteva, teško usaglašavanje i sl. Problem je naročito izražen prilikom tzv. “kasnih zahteva” i “ad hoc” zahteva koji se javljaju u periodu neposredno pre, ili već pošto je red vožnje već stupio na snagu.

Radi prevazilaženja ovih problema i usaglašavanja svih prostornih i vremenskih ograničenja, 2004. godine se krenulo u uspostavljanje jedinstvenih kontaktnim mesta za prodaju trasa – *One stop shop*, a zatim 2013. godine i *Corridor One Stop Shop* (skr. C-OSS).

3.2. Osnovni zadaci One stop Shop

Prema članu 13 Uredbe 913/2010/EU, osnovni zadaci C-OSS su:

- Pružanje informacija u vezi sa uslovima pristupa infrastrukturi;
- Pružanje informacija u vezi sa uslovima i načinima korišćenja terminala koji se nalaze na koridoru;
- Pružanje informacija u vezi sa procedurama alokacije kapaciteta na koridoru;
- Pružanje informacija u vezi sa troškovima koji mogu nastati na pojedinim sekcijama koridora;

- Pružanje svih relevantnih informacija u vezi sa koridorom, a koje se nalaze u nacionalnim izjavama o mreži;
- Alokacija unapred dogovorenih trasa (eng. Pre-arranged train paths) i rezervisanog kapaciteta (eng. reserve capacity) na koridoru, u skladu sa članom 14, Uredbe 913/2010/EU i saradnja sa upravljačima infrastrukture u vezi sa alokacijom;
- Vođenje registra koji sadrži datume svih zahteva, imena podnosilaca zahteva, detalje o podnetoj dokumentaciji i eventualne nepravilnosti;
- Uspostavljanje mehanizama i održavanje procesa komunikacije između C-OSS i upravljača infrastrukture, C-OSS i terminala, kao i između C-OSS međusobno, i;
- Izveštavanje Upravnog odbora koridora o svim zahtevima za trase, alokaciji i korišćenju unapred dogovorenih trasa, što ujedno predstavlja i ulazne podatke za izveštaj koji sastavlja Upravni odbor koridora.

Pored navedenog, C-OSS je dužan i da prikaže raspoloživost infrastrukture u trenutku podnošenja zahteva, pruži informacije o načinu organizacije saobraćaja na koridoru i da obezbedi poštovanje principa nediskriminacije, ravnopravnosti i poverljivosti infromacija svih podnosilaca zahteva.

Na osnovu iznetog, po mišljenju autora ovog rada, funkciju svakog OSS možemo podeliti u dve kategorije:

- Zadaci u vezi sa pružanjem informacija, i;
- Zadaci u vezi sa alokacijom kapaciteta.

4. ALOKACIJA KAPACITETA NA KORIDORIMA

Uredba 913/2010/EU razlikuje dve vrste kapaciteta železničke infrastrukture:

- Unapred dogovorene trase;
- Rezervisani kapacitet.

Unapred dogovorene trase predstavljaju dugoročne i srednjoročne potrebe za kapacitetom, dok rezervisani kapacitet predstavlja tržišne potrebe na kratkom vremenskom planu koje se teško mogu predvideti.

Da bi se na optimalan način izašlo u susret potrebama podnosilaca zahteva, potrebno je ceo proces odvojiti na tri faze (*DG MOVE, 2011*):

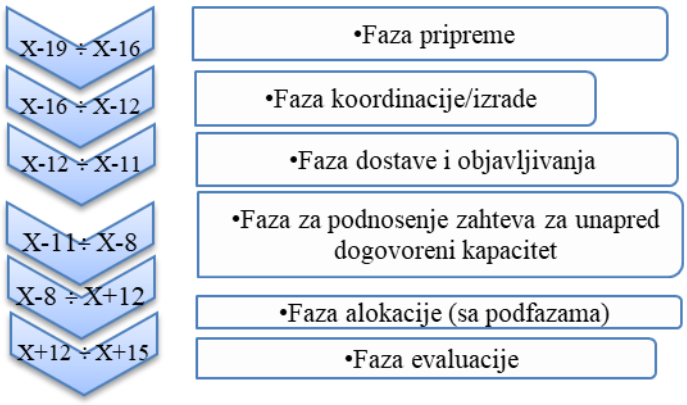
- Zahtevi za naredni red vožnje (podnose se najkasnije 8 meseci pre stupanja reda vožnje na snagu);
- Kasni zahtevi (najranije 8, a najkasnije 2 meseca pre stupanja reda vožnje na snagu);
- "Ad hoc" zahtevi (podnose se najranije 2 meseca pre stupanja reda vožnje na snagu, i prihvataju se ceo period važenja reda vožnje).

Zahtevi za naredni red vožnje i kasni zahtevi "pomiruju" se iz unapred dogovorenih trasa, dok se "ad hoc" zahtevi podmiruju iz rezervisanog kapaciteta.

4.1. Faze alokacije kapaciteta

Osnovne postavke u vezi sa alokacijom kapaciteta na koridorima mogu se pronaći u Uredbi 913/2010/EU i "Smernicama za unapred dogovorene trase" koje je objavila RNE. Na tim osnovama, RNE je objavila i "Smernice za C-OSS" u kojima su definisani uslovi i načini podnošenja zahteva, kriterijumi koji se tom prilikom primenjuju, kao i dinamika alokacije kapaciteta na koridorima.

Prema tim smernicama, proces alokacije može se podeliti na sledećih šest faza (*Kogler, 2015*):



Slika 1: Faze alokacije kapaciteta na koridorima

Oznake X-19 ÷ X+15 označavaju vremenski period izražen u mesecima u odnosu na vreme stupanja reda vožnje na snagu. Primera radi, oznaka X-8 ÷ X+12 predstavlja interval između osmog meseca pre stupanja reda vožnje na snagu i dvanaestog meseca od trenutka stupanja reda vožnje na snagu.

4.1.1.Faza pripreme X-19 ÷ X-16

U ovoj inicijalnoj fazi dolazi do kreiranja same ponude unapred dogovorenih trasa na svakom od koridora od strane Upravnog odbora. Ulazni podaci za ovu fazu, tj. kreiranje broja unapred dogovorenih trasa koje će činiti ponudu koridora, jesu pre svih, rezultati studije transportnog tržišta i dostupni kapacitet (zbirno: ponuđeni kapacitet i kapacitet za potrebe upravljača infrastrukture). Pored toga, uzimaju se u obzir i okvirni sporazumi (koje su upravljači infrastrukture prethodno zaključili), zatim evaluacija pokazatelja prethodnog reda vožnje (u slučaju kada već nije obuhvaćeno studijom transportnog tržišta), preporuke C-OSS, ali i iskustva i očekivanja operatera i drugih klijenata.

4.1.2.Faza izrade i koordinacije X-16 ÷ X-12

Ulazni podatak za ovu fazu jeste odluka Upravnog odbora o broju unapred dogovorenih trasa koje će biti konstruisane. Nadležnost je upravljača infrastrukture da izrade trase kao i da obezbede njihovu prekograničnu koordinaciju. Uloga C-OSS u ovoj fazi zavisi od odluke Upravnog odbora i uglavnom se svodi na pružanje podrške i nadzora nad procesom izrade, kao i izveštavanje Upravnog odbora o toku samog procesa.

4.1.3.Faza dostave i objavljivanja X-12 ÷ X-11

U ovoj fazi upravljači infrastrukture dostavljaju izrađene unapred dogovorene trase Upravnom odboru, na šta odbor daje formalno odobrenje koje potvrđuje da su trase u skladu sa predloženim brojem i poslovnom politikom samog koridora. Tek nakon toga trase mogu biti objavljene.

Ukoliko Upravni odbor ne utvrdi drugačije, C-OSS ima dužnost da sprovede objavu. Objava unapred dogovrenih trasa podrazumeva njihovu pripremu za unos u aplikaciju "Path Coordination System" (skraćeno "Pathfinder" ili "PCS"), sve dok potpuna ponuda ne bude urađena od strane ove aplikacije. Sistem za koordinaciju trasa (PCS) je internet aplikacija koje služi za optimizaciju i usklađivanje trasa za međunarodne vozove i koja praktično omogućuje usklađenost između zahteva za trasama i ponude od strane svih učesnika u procesu alokacije (*RNE, 2017*). Aplikacija funkcioniše kao posrednik i zajednički medij za koordinaciju svih operatera, upravljača infrastrukture (tela za alokaciju) i uprave samih koridora koji se nalaze na prevoznom putu. Ona ima jednostavan i besplatan online pristup za sve svoje klijente i obezbeđuje celokupnu ponudu trasa *na jednom mestu*. Pored toga, preko nje se može zahtevati trasa i obaviti kupovina iste, ali i eventualno dobiti predlog izmenjene unapred dogovorene trase.

4.1.4.Faza podnošenje zahteva za unapred dogovoreni kapacitet X-11 ÷ X-8

Jedanaest meseci pre stupanja reda vožnje na snagu, unapred dogovorene trase treba da su objavljene i dostupne, tako da podnosioci zahteva mogu aplicirati. Za unapred dogovorene trase moguće je aplicirati jedino pomoću softvera PCS.

U ovoj fazi C-OSS ima obavezu da:

- Vodi registar podnetih zahteva;
- Prima i prikuplja zahteve;
- Vodi računa o tome da podnosilac zahteva ima pravo na aplikaciju;
- Proverava ispravnost samog sadržaja zahteva i obaveštava podnosioca u slučaju potrebe za dopunom ili izmenom;
- Prosledi zahtev koji je upućen pogrešnom upravljaču infrastrukture;
- Primi zahtev prosleđen od strane drugih.

Svi zadaci se obavljaju u okviru platforme PCS, a OSS je dužan da sve zahteve koji sadrže uključne/isključne sekcije (delove trase koja ne pripada koridoru ali je neophodna radi uključivanja/isključivanja sa istog), kao i modifikacije koje se ne mogu zadovoljiti iz unapred dogovorenih trasa, prosledi nadležnom uplavljaču infrastrukture. Ono što je ključno, jeste da OSS ostaje jedini posrednik u komunikaciji i jedinstveno kontaktno mesto za klijenta tokom trajanja celog procesa.

4.1.5.Faza alokacije X-8 ÷ X+12 (sa podfazama)

U prvoj podfazi (X-8 ÷ X-7.5), poznatoj i pod nazivom "faza pred-rezervisanja", uloga C-OSS jeste kombinacija alokacije, posredovanja u komunikaciji i podsticanje saradnje između upravljača infrastrukture i podnosilaca zahteva. O podnetim "pred-rezervacijama" odlučuje C-OSS i saopštava svoju odluku podnosiocu zahteva preko PCS-a.

U drugoj podfazi ((X-8)X-7.5 ÷ X-2), C-OSS treba da pripremi sve odgovore za (i od) upravljača infrastrukture, drugih OSS i podnosilaca zahteva u vezi sa zahtevima podnetim na

vreme (do X-8), uključujući i uključne/isključne sekcije. Drugim rečima, biće rešeni svi podneti zahtevi za unapred dogovorene trase. U ovoj podfazi se vrši alokacija rezervisanog kapaciteta, a OSS može (u zavisnosti od odluke Upravnog odbora) da prihvata ovakve zahteve, ako se oni odnose na kapacitet zadržan od strane C-OSS u X-7.5. Ovakvi zahtevi se nazivaju „kasni zahtevi“, a njihova alokacija mora biti u skladu sa postupkom alokacije kasnih zahteva, uz poštovanje principa „prvi došao-prvi uslužen“.

Treća podfaza (X-2 ÷ X+12) obuhvata period od dva meseca pre stupanja reda vožnje na snagu i ceo period važenja reda vožnje. U ovom periodu se podmiruju takozvani „ad hoc“ zahtevi a rezervisani kapacitet za njih se obezbeđuje iz preostalih (nezahtevanih) unapred dogovorenih trasa ili od preostalog kapaciteta posle izrade nacrta reda vožnje. Oni zahtevi koji se odnose na rezervisani kapacitet koji je proistekao iz preostalih unapred dogovorenih trasa, mogu biti podneti C-OSS. C-OSS donosi odluku o eventualnom prihvatanju zahteva primenom pravila „prvi došao-prvi uslužen“.

Kada zahtev za trasom uključuje bilo kakvu modifikaciju ili izmenu (u smislu promene vremena, dodatnih zaustavljanja i sl.), ili kada zahtevana trasa sadrži uključnu/isključnu sekciju, ili kada se zahtev javlja u neposrednom periodu pre stupanja reda vožnje na snagu (period koji propisuje Upravni odbor, a ne duže od 60 dana), C-OSS nije u mogućnosti da odgovori na takav zahtev. U tom slučaju, C-OSS prosleđuje zahtev u najkraćem roku nadležnim upravljačima infrastrukture. Nakon odluke upravljača, C-OSS samo prosleđuje odgovor podnosiocu zahteva (igrajući i dalje ulogu jedinstvenog lica).

4.1.6.Podfaza evaluacije X+12 ÷ X+15

U skladu sa odlukom Upravnog odbora C-OSS može obezbediti ulazne podatke za evaluaciju performansi koridora u vezi sa iskorišćenjem unapred dogovorenih trasa i njihovom alokacijom. Takva studija kasnije može biti korišćena za eventualnu reviziju ponude unapred dogovorenih trasa za naredni red vožnje.

4.2. Rešavanje konfliktnih zahteva za unpred dogovorenom trasom

Potreba za uspostavljanjem kriterijuma koji bi se primenjivali u postupku alokacije javila se iz činjenice da se često dešava da za istu trasu budu podneta dva, a često i više zahteva. Zadatak je OSS da konfliktnu situaciju reši, i to tako što će jednom podnosiocu zahteva dodeliti traženu trasu, a drugom (ili ostalima) ponuditi alternativnu trasu. Alternativna trasa može biti neka druga (već postojeća) ili trasa skrojena “po meri”.

Konfliktni zahtev može biti rešen pregovorima, samo u slučaju kada su ispunjena sledeća dva uslova (Kogler, 2015):

- Konfliktni zahtev se odnosi na samo jedan koridor;
- Postoje prikladne alternativne trase.

Ukoliko iz bilo kog razloga do sporazuma ne dođe, ili ako nisu ispunjena prethodna dva uslova, primenjuju se kriterijumi koji će biti objašnjeni u nastavku rada.

4.2.1.Određivanje prioriteta pomoću dužine zahtevane trase i vremenskog perioda

Ovaj kriterijum služi za upoređivanje nekoliko zahteva za istom trasom i zasnovan je na ukupnoj dužini svih zahtevanih sekcija (na jednom ili više koridora) pomnoženoj zahtevanim brojem dana, odnosno brojem dana realizacije saobraćaja.

Jednačina koja se primenjuje ima sledeći oblik (*Kogler, 2015*):

$$K = Ludt\ x\ Td$$

Oznake imaju sledeće značenje:

- K – prioritetna vrednost;
- L_{udt} – ukupna dužina (u kilometrima) svih sekcija na svim koridorima koje su deo pojedinačnog zahteva;
- T_d – ukupan broj dana kojima bi u periodu važenja reda vožnje zahtevana trasa bila realizovana.

U slučajevima kada se ova jednačina daje istu vrednost za sve konfliktne strane, koristi se proširena jednačina (*Kogler, 2015*):

$$K = (Ludt + Lu/i)\ x\ Td$$

Član $L_{u/i}$ koji proširuje prethodnu kriterijumsku jednačinu predstavlja ukupnu dužinu zahtevanih uključnih/isključnih sekcija koje su sastavni deo zahtevane trase. Kada se ni pomoću ove jednačine ne može dobiti prioritetna vrednost, primenjuje se metoda slučajnog odabira koja se definiše i objavljuje u tzv. Informativnom dokumentu koridora.

4.2.2.Dodatni kriterijum – zahtev od značaja za mrežu

Na pojedinim sekcijama na kojima postoji manjak kapaciteta, primena prethodno objašnjenog kriterijuma može dovesti do neiskorišćenja tih sekcija i samim tim do propadanja kapaciteta. U tim slučajevima uprava koridora može određeni broj trasa da objavi kao "unapred dogovorene trase od posebnog značaja za mrežu". Unapred dogovorene trase od posebnog značaja za mrežu su zamišljene i kreirane tako da podstiču optimalno iskorišćenje kapaciteta i na njih se primenjuju posebna pravila u pogledu alokacije. One nisu ništa drugo do nekoliko već postojećih unapred dogovorenih trasa povezanih u jednu celinu. One imaju posebnu oznaku (marker ili ID) u katalogu unapred dogovorenih trasa i softverskim alatima.

Mogu se nuditi na jednom koridoru ili na više njih.

Jednačina koja se primenjuje u slučaju konflikta ima sledeći oblik (*Kogler, 2015*):

$$K = (Ltps + Ludt + Lu/i)\ x\ Td$$

- L_{tps} – deo pojedinačne zahtevane trase koji čini deo unapred dogovorene trase od posebnog značaja za mrežu;
- L_{udt} – deo pojedinačne zahtevane trase koji čini deo standardne unapred dogovorene trase;
- $L_{u/i}$ – deo pojedinačne zahtevane trase koji čini deo uključne/isključne sekcije;
- T_d – broj zahtevanih dana saobraćaja, i;
- K – prioritetna vrednost.

Oba kriterijuma treba primenjivati na ravnopravan način, uz poštovanje principa nediskriminacije i principa transparentnosti.

Kada se konflikt javi na unapred dogovorenoj trasi od posebnog značaja za mrežu, prioritet se daje zahtevu koji ima veću vrednost parametra L_{tps}, odnosno ima najveću dužinu na trasi koja je od posebnog značaja za mrežu, koja se množi brojem zahtevanih dana. Ako se dogodi da se i na ovaj način dobije identična vrednost, ukupna dužina unapred dogovorenih

trasa na svim koridorima se množi brojem zahtevanih dana i tada se trasa dodeljuje podnosiocu zahteva sa većom prioritetnom vrednošću izračunatom na ovaj način.

5. ZAKLJUČAK

Počev od 1991. godine i Direktive 91/440/EZ, EU ulaže veliki napor u liberalizaciju železničkog tržišta i postizanje konkurentnosti železničkog transportnog sistema u okviru jedinstvenog transportnog sistema Unije. Uvođenje upravljanja međunarodnim teretnim koridorima za konkurentni prevoz robe je deo procesa liberalizacije međunarodnog teretnog saobraćaja. Naime, i pored liberalizacije međunarodnog teretnog saobraćaja (2007. godine) uspostavljanje konkurencije na koridorima ide veoma sporo. Zbog toga su preduzete mere na ubrzavanju tog procesa koje su dovele do objavljivanja Uredbe 913/2010/EU o evropskoj železničkoj mreži za konkurentni prevoz robe. Osnovna ideja bila je podsticanje razvoja konkurentnosti železnica, tj. pokušaj da se (reformisane) železnice okrenu potrebama tržišta i podignu kvalitet usluge kako bi se "izborile" za svoj udeo robe na transportnom tržištu.

Da bi se omogućila efikasna organizacija i planiranje međunarodnog teretnog saobraćaja i železnica kao jedinstveni sistem izašla pred svoje korisnike prevoza sa jedinstvenom uslugom, podstaknuto je tzv. kancelarija *One stop shop (OSS)*. OSS je jedinstveno kontaktno mesto, gde se mogu dobiti sve informacije u vezi sa pristupom infrastrukturi, uslovima i načinima korišćenja iste i gde se primenjuju jedinstveni propisi i procedure i vezi sa prodajom trasa za međunarodne teretne vozove. Ovo umnogome doprinosi podizanju kvaliteta železničke transportne usluge, i to iz više razloga.

Prvo, formiranje same ponude unapred dogovorenih trasa je sada prilagođeno zahtevima krajnjih korisnika jer se posvećuje posebna pažnja prilikom njihove izrade (uzimaju se u obzir studija transportnog tržišta, dostupnost kapaciteta, okvirni sporazumi i prethodna iskustva). Drugo, korišćenje jedinstvenih propisa i procedura za podnošenje zahteva za trasu, rešavanje konfliktnih slučajeva i alokaciju kapaciteta prevazilazi konvencionalan pristup rešavanja ovih pitanja sa svim barijerama koje je on nosio (regulatorne, jezičke, vremenske i sl.). I na kraju, OSS ima priliku da učini ponudu železnice potpuno zaokruženom tako što igra ulogu jedinstvenog lica sa kojim železnički sistem izlazi pred svoje krajnje korisnike, što će za jedan "robustan" sistem kakav je železnica u tržišnim uslovima ima ogroman značaj u pogledu postizanja konkuretnosti.

6. LITERATURA

Bošković B. (2014), *Regulatorni sistem železničkog transporta*, Saobraćajni fakultet, Beograd

DG MOVE (2011), *EU handbook on regulation concerning a European rail network for competitive freight*, (2011), str. 45, Bussels

European Commission (2017), *Infrastructure – TEN-T – Connecting Europe*, Legal Basis, https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/legal-basis_en, (25.08.2017.)

European Commission (2017), *Infrastructure – TEN-T – Connecting Europe*, https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines_en, (25.08.2017)

Kogler M. (2015), *Guidelines for Corridor OSS V7*, RNE, Vienna

Regulation (EU) No 913/2010 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 concerning a European rail network for competitive freight, http://eur-lex.europa.eu/OJ:L:2010

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

EFIKASNOST – KLJUČNI POKAZATELJ UČINKA OPERATORA U PREVOZU ROBE*

EFFICIENCY – KEY PERFORMANCE INDICATOR IN TRANSPORTATION OF GOODS

Aleksandra Gojić
Saobraćajni fakultet Beograd, Ulica Vojvode Stepe 305, Beograd, 11000 Srbija,
gojic.aleksandra@gmail.com e-mail

***Sažetak**: Železnički operatori kao nezaobilazni akteri funkcionisanja železničkog transporta, u uslovima otvorenog tržišta posluju u konkurentnom okruženju. Shodno tome operatori moraju kontinuirano da se prilagođavaju dinamičnim uslovima na tržištu, kako bi ostvarili opstanak na istom. Položaj operatora na tržištu transporta u velikoj mjeri zavisi od njegovih performansi. Mjerenje kvaliteta performansi vrši se na osnovu pokazatelja učinka železničkih operatora. Pokazatelji učinka predstavljaju mjerljive vrijednosti pojedinačnih performansi koji u cjelini odražavaju kvalitet rada operatora. Jedan od najvažnijih pokazatelja učinka operatora je efikasnost. U ovom radu je izvršena analiza tržišta transporta robe na području EU, sa osvrtom na položaj železnice na ovom tržištu. Izvršena je analiza efikasnosti odabranih železničkih operatora u transportu robe iz zemalja EU, metodom DEA analize. Dobijeni rezultati mogu biti iskorišćeni kao smjernice za unapređenje efikasnosti drugih železničkih operatora.*

***Ključne riječi:** železnički operatori, pokazatelji učinka, tržište transporta robe, efikasnost, DEA analiza.*

***Abstract**: Railways operators as unavoidable actors of rail transportation functioning, in conditions of open market do their business in competitive surrounding. Consequently operators have to continuously adjust to dynamic market conditions, in order to achieve survival on it. Position of operators on transportation market to a great extent depends of their performances. Measure of quality of performances is done in accordance with performance indicators of railway operators. Performance indicators represent measurable values of individual performances which as a whole reflect quality of operator's quality of work. One of the most important operator performance indicators is efficiency. In this paper it is performed analysis of transportation of goods market in EU area, with review of railways position on this market. It is performed analysis of efficiency of selected railway operators in transportation of goods from EU countries by DEA analysis method. Obtained results can be used as directions for improvement of efficiency of railway operators.*

***Key words:** railway operators, performance indicators, transportation of goods market, efficiency, DEA analysis.*

1. UVOD

U većini evropskih zemalja, najveći operatori su ili pod državnom ingerencijom ili su nekad bili. U većini slučajeva na osnovu ove činjenice se može sagledati i učešće operatora kako na nacionalnom tržištu tako i na evropskom tržištu. Operatori koji su nastali iz

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

tradicionalnih preduzeća, u najvećem broju zemalja imaju značajan kolski i lokomotivski park, ljudske resurse i drugo pa su samim tim i u prednosti u odnosu na druge učesnike na tržištu.

Položaj operatora na tržištu transporta u velikoj mjeri zavisi od njegovih performansi. Mjerenje kvaliteta performansi se vrši na osnovu pokazatelja rada željezničkih operatora. Pokazatelji rada upravo i predstavljaju mjerljive indikatore pojedinačnih performansi, koji u cjelini odražavaju kvalitet rada operatora. Pokazatelji rada operatora su od velikog značaja kako bi se kroz praćenje performansi sagledalo stanje na liberalizovanom tržištu. Implementacija smjernica datih kroz EU regulativu omogućava da se formira konkurencija među željezničkim operatorima, što utiče na poboljšanje njihovih performansi a samim tim i na poboljšanje transportne usluge (Bošković B. 2014). Jedan od pokazatelja otvorenosti tržišta je udio novih učesnika na tržištu i udio istorijskih željezničkih operatora na istom (Urząd Transportu Kolejowego, 2014).

Pokazatelji rada nisu važni samo za operatore, nego i za ostali zainteresovane učesnike (stakeholder) na željezničkom tržištu. Tako na primjer regulatorna tijela prikupljaju pokazatelje učinka od operatora kako bi imala cjelovit uvid u stanje cjelokupnog željezničkog sistema zemlje. Kako bi se na zadovoljavajući način moglo pratiti i procjenjivati stanje na tržištu, neophodno je definisati univerzalne pokazatelje rada, koji bi bili mjerljivi i reprezentativni za sva regulatorna tijela u Evropi i sva nacionalna tržišta. Univerzalni pokazatelji rada predstavljaju bitan element praćenja stanja tržišta za regulatorna tijela. Na osnovu ovih pokazatelja moguće je mjeriti efikasnost, efektivnost i produktivnost učesnika na tržištu. DEA analiza kao optimizacioni alat predstavlja pogodnu tehniku za procjenu relativne efikasnosti učesnika na tržištu.

2. ANALIZA OBAVIJANJA PODATAKA (DEA)

DEA (Data Envelopment Analysis) je tehnika matematičkog programiranja kojom se utvrđuje relativna efikasnost jedinica uključenih u analizu. Jedinice odlučivanja DMU (Decision Making Units) su organizacione jedinice o kojima se odlučuje, čiju efikasnost treba procijeniti (Vukadinović K. 2015). Jedinice odlučivanja u ovom radu su željeznički operatori. Na osnovu rezultata ovakve analize može se odrediti koliko su pojedine jedinice o kojima se odlučuje – DMU neefikasne u odnosu na jedinice koje su efikasne. Efikasnost jedinice odlučivanja mjeri se kao odnos izlaza prema ulazu, odnosno količine ostvarenog rezultata u odnosu na uložene resurse. S tim u vezi jasno je da ulazi predstavljaju resurse željezničkog operatora koje on mora uložiti da bi ostvario željeni rad. To mogu biti, dužina kolosjeka, broj radnika, veličina transportne mreže pruga, troškovi poslovanja, osnovna i obrtna sredstva i sl. S druge strane izlazi predstavljaju veličine na osnovu kojih kompanije ostvaruju dobit. To mogu biti ostvaren koristan rad, bruto prihod, neto dobit, ostvareni neto-tonski kilometri, ostvareni putnički kilometri itd.

DEA analiza polazi od formulacije matematičkih modela nelinearnog (frakcionog) programiranja za svaku jedinicu odlučivanja. Cilj svakog od modela jeste odrediti težinske koeficjente ulaza i izlaza koji omogućavaju da se maksimizira efikasnost razmatrane jedinice odlučivanja. Efikasnost svake jedinice odlučivanja se određuje kao odnos težinske sume izlaza i težinske sume ulaza.

$$Efikasnost = \frac{težinska_suma_izlaza}{težinska_suma_ulaza} \tag{1}$$

Označimo sa θ_i efikasnost i -te jedinice odlučivanja, pri čemu je $i = 1 \dots n$. Ako sa uj označimo težinske koeficijente ulaza, a sa v_k težinske koeficijente izlaza, pri čemu j označava broj ulaza koji se razmatraju, a k označava broj izlaza koji se razmatraju, te ako sa μ_{ij} označimo vrijednosti ulaza koje su poznate, a sa η_{ik} vrijednosti izlaza koje su poznate, tada se efikasnost za i -tu jedinicu odlučivanja dobija kao

$$\theta_i = \frac{\eta_{i1}v_1 + \eta_{i2}v_2 + \cdots + \eta_{ik}v_k}{\mu_{i1}u_1 + \mu_{i2}u_2 + \cdots + \mu_{ij}u_j} \tag{2}$$

Matematički model frakcionog programiranja kojim se maksimizira efikasnost razmatrane jedinice odlučivanja je u tom slučaju

$$\max \theta_i = \frac{\eta_{i1}v_1 + \eta_{i2}v_2 + \cdots + \eta_{ik}v_k}{\mu_{i1}u_1 + \mu_{i2}u_2 + \cdots + \mu_{ij}u_j}, i = 1 \dots n \tag{3}$$

pri ograničenjima

$$\frac{\eta_{l1}v_1 + \eta_{l2}v_2 + \cdots + \eta_{lk}v_k}{\mu_{l1}u_1 + \mu_{l2}u_2 + \cdots + \mu_{lj}u_j} \leq 1 \ (l = 1 \dots n) \tag{4}$$

$$u_1, u_2 \dots u_J \geq 0 \tag{5}$$

$$v_1, v_2 \dots v_k \geq 0 \tag{6}$$

Modele frakcionog programiranja nije jednostavno rješavati. Stoga se, kako bi se modeli pojednostavili i sveli na jednostavnije modele linearnog programiranja, pri čemu se ne gubi na opštosti, uvodi pretpostavka da je težinska suma ulaza razmatrane jedinice odlučivanja jednaka 1. To praktično znači da se uvodi novo ograničenje u model

$$\mu_{i1}u_1 + \mu_{i2}u_2 + \cdots + \mu_{ij}u_j = 1 \tag{7}$$

Funkcija cilja uvođenjem novog ograničenja postaje

$$\max \theta_i = \eta_{i1}v_1 + \eta_{i2}v_2 + \cdots + \eta_{ik}v_k, \qquad i = 1 \dots n \tag{8}$$

Osim toga, skup ograničenja je takođe potrebno prevesti sa frakcionog na linearni oblik, što se postiže množenjem odgovarajućih nejednačina imeniocima. Transformisani skup ograničenja postaje

$$\eta_{l1}v_1 + \eta_{l2}v_2 + \cdots + \eta_{lk}v_k \leq \mu_{l1}u_1 + \mu_{l2}u_2 + \cdots + \mu_{lj}u_j \ (l = 1 \dots n) \tag{9}$$

odnosno

$$\eta_{l1}v_1 + \eta_{l2}v_2 + \cdots + \eta_{lk}v_k - \mu_{l1}u_1 - \mu_{l2}u_2 - \cdots - \mu_{lj}u_j \leq 0 \ (l = 1 \dots n) \tag{10}$$

Konačno, transofrmisani model frakcionog programiranja moguće je zapisati u obliku linearnog programiranja na sledeći način

$$\max \theta_i = \eta_{i1}v_1 + \eta_{i2}v_2 + \cdots + \eta_{ik}v_k, \qquad i = 1 \dots n \tag{11}$$

pri ograničenjima

$$\mu_{i1}u_1 + \mu_{i2}u_2 + \cdots + \mu_{ij}u_j = 1 \tag{12}$$

$$\eta_{l1}v_1 + \eta_{l2}v_2 + \cdots + \eta_{lk}v_k - \mu_{l1}u_1 - \mu_{l2}u_2 - \cdots - \mu_{lj}u_j \leq 0 (l = 1 \dots n) \tag{13}$$

odnosno, ako pomnožimo gornji izraz sa (-1) dobijamo:

$$\mu_{l1}u_1 + \mu_{l2}u_2 + \cdots + \mu_{lj}u_j - \eta_{l1}v_1 - \eta_{l2}v_2 - \cdots - \eta_{lk}v_k \geq 0 (l = 1 \ldots n) \quad (14)$$

$$u_1, u_2 \ldots u_J \geq 0 \quad (15)$$

$$v_1, v_2 \ldots v_k \geq 0 \quad (16)$$

Optimizacijom dobijenih modela linearnog programiranja za svaku jedinicu odlučivanja dobijaju se njihove relativne efikasnosti. Analizom relativnih efikasnosti mogu se dobiti inputi za benchmarking analizu jedinica odlučivanja, kako bi se odredile mjere za unaprijeđenje neefikasnih jedinica odlučivanja. Za više detalja o benchmarking analizi efikasnosti, vidjeti (Savić G. 2014).

3. ANALIZA EFIKASNOSTI TERETNIH OPERATORA

Od kraja šezdesetih godina dvadesetog vijeka, evropske željeznice su počele da bilježe pad u transportu kako putnika tako i robe. Rastuća popularnost drumskog i vazdušnog transporta za željeznicu je bila novonastala okolnost, kojoj se željezničke kompanije širom Evrope nisu najbolje prilagodile. Jedan od razloga je bio nedostatak konkurencije na željezničkoj mreži. S obzirom da je udio transporta robe željeznicom u narednim godinama dvadesetog vijeka padao, javljale su se brojne inicijative da se željeznički sektor modernizuje i da se u većoj mjeri iskoristi njegov potencijal.

Željeznički transport robe u Evropi je u posljednjim decenijama bio u padu, što je posebno bilo uočljivo u transportu robe. Udio transporta robe željeznicom u Evropi je pao sa 32,6% u 1970. godini na samo 16,7% u 2006. godini (ALSTOM, 2009). U istom periodu se drumski transport robe utrostručio. Pad transporta robe željeznicom je u posljednjih deset godina zaustavljen. Ovo je rezultat primjene većeg broja mjera, kao što su restrukturiranje željezničkih preduzeća, omogućavanje konkurencije na željezničkom tržištu, kao i tehnička harmonizacija.

Efikasan željeznički sistem između ostalog karakterišu efikasni željeznički operatori. Efikasnost željezničkih operatora moguće je sagledati kroz finansijske pokazatelje, pokazatelje učinka/rada i sl. Vrlo često su statistički podaci o željezničkom sektoru veliki problem za dubinsku analizu efikasnosti (Casullo L. 2016). Stoga je neophodno birati i adekvatan pristup i adekvatne pokazatelje, kako bi se na kvalitetan način analizirala efikasnost. Bez obzira na pristup u mjerenju efikasnosti, jasno je da su najefikasniji oni operatori koji sa što manje uloženih sredstava ostvaruju što je moguće veće rezultate. Najefikasniji željeznički operatori u transportu robe mogu poslužiti drugim željezničkim preduzećima kao „zlatni standard“, na osnovu kojeg bi trebalo izvršiti reorganizaciju.

U nastavku su dati rezultati analize efikasnosti odabranih evropskih državnih operatora u transportu robe. Državni željeznički operatori su uzeti u razmatranje zbog vodećih pozicija koje još uvijek imaju na većini nacionalnih tržišta.

3.1. Matematički modeli za analizu efikasnosti željezničkih operatora

U razmatranje su uzeti sljedeći državni operatori u transportu tereta: BDZ Cargo, CD Cargo, RENFE, Trenitalia S.P.A. Cargo, CFR Marfa, LDZ, PKP Cargo, SZ, ZSSK Cargo, SNCF. Ovi operatori su odabrani za analizu kako bi se ispitala efikasnost rada operatora iz zemalja različite veličine i razvijenosti tržišta. Tabela 1. prikazuje podatke za operatore u

teretnom transportu koji su predmet ispitivanja. Podaci su preuzeti iz godišnjih izvještaja ovih operatora.

Tabela 1. Podaci o teretnim operatorima (Ledbury M, 2015.)

Redni broj	Naziv operatora	Broj zaposlenih	Kolski park	Ostvareni broj neto-tonskih kilometara
1	BDZ	3253	4800	1778000000
2	CD Cargo	7998	27000	9871000000
3	RENFE	14785	12200	7557000000
4	Trenitalia S.P.A Cargo	69425	40000	10322000000
5	LDZ	2797	7011	15257000000
6	SZ	7740	3142	3847000000
7	PKP Cargo	23290	67000	32017000000
8	CFR Marfa	6400	36821	5327000000
9	ZSSK Cargo	6332	13442	6888000000
10	SNCF	7000	10000	21896000000

Efikasnost je mjerena u odnosu na dva ulaza i jedan izlaz, pri čemu su ulazi broj radnika i broj kola u vlasništu ovih operatora, a izlaz je godišnji broj ostvarenih neto-tonskih kilometara. Za analizu je potrebno postaviti matematičke modele za svakog od operatora (jedinica odlučivanja).

U_1 – Prvi ulaz (broj radnika)

U_2 – Drugi ulaz (broj teretnih kola)

I_1 –Izlaz (ostvareni broj neto-tonskih kilometara).

Matematički modeli za razmatrane operatere:

CFL Cargo

Funkcija cilja

$$\max F = 913000000 \cdot I_1 \tag{17}$$

pri ograničenju

$$1180U_1+4000U_2=1 \tag{18}$$

te grupom ograničenja zajedničkih za sve modele:

$$1180U_1 + 4000U_2 - 913000000I_1 \geq 0 \tag{19}$$

$$7998U_1 + 27000U_2 - 9871000000I_1 \geq 0$$

$$14785U_1 + 12200U_2 - 7557000000I_1 \geq 0$$

$$69425U_1 + 40000U_2 - 10322000000I_1 \geq 0$$

$$10646U_1 + 9202U_2 - 14307000000I_1 \geq 0$$

$$230U_1 + 92U_2 - 433000000I_1 \geq 0$$

$$23290U_1 + 67000U_2 - 32017000000I_1 \geq 0$$

$$6400U_1 + 36821U_2 - 5327000000I_1 \geq 0$$

$6332U_1 + 13442U_2 - 2503000000I_1 \geq 0$

$2000U_1 + 5000U_2 - 10800000I_1 \geq 0$

$U_1 \geq 0{,}001$

$U_2 \geq 0{,}001$

$I_1 \geq 0{,}001$

Grupa ograničenja (19) je istovjetna za matematičke modele za sve operatore, te će u nastavku zbog uštede prosora biti izostavljena.

CD Cargo

Funkcija cilja

$$\max F = 9871000000 \cdot I_1 \quad (20)$$

pri ograničenju

$$7998U_1 + 27000U_2 = 1 \quad (21)$$

i grupi ograničenja (19).

RENFE

Funkcija cilja

$$\max F = 7557000000 \cdot I_1 \quad (22)$$

pri ograničenju

$$14785U_1 + 12200U_2 = 1 \quad (23)$$

i grupi ograničenja (19).

Trenitalia S.P.A Cargo

Funkcija cilja

$$\max F = 10322000000 \cdot I_1 \quad (24)$$

pri ograničenju

$$69425U_1 + 40000U_2 = 1 \quad (25)$$

i grupi ograničenja (19).

LG

Funkcija cilja

$$\max F = 14307000000 \cdot I_1 \quad (26)$$

pri ograničenju

$$10646U_1 + 9202U_2 = 1 \quad (27)$$

i grupi ograničenja (19).

Gysev Cargo

Funkcija cilja

$$\max F = 433000000 \cdot I_1 \quad (28)$$

pri ograničenju

$$230U_1+92U_2=1 \quad (29)$$

i grupi ograničenja (19).

PKP Cargo

funkcija cilja

$$\max F = 32017000000 \cdot I_1 \quad (30)$$

pri ograničenju

$$23290U_1+67000U_2=1 \quad (31)$$

i grupi ograničenja (19).

CFR Marfa

Funkcija cilja

$$\max F = 5327000000 \cdot I_1 \quad (32)$$

pri ograničenju

$$6400U_1+36821U_2=1 \quad (33)$$

i grupi ograničenja (19).

ZSSK Cargo

Funkcija cilja

$$\max F = 2503000000 \cdot I_1 \quad (34)$$

pri ograničenju

$$6332U_1+13442U_2=1 \quad (35)$$

i grupi ograničenja (19).

Green Cargo AB

Funkcija cilja

$$\max F = 10800000 \cdot I_1 \quad (36)$$

pri ograničenju

$$2000U_1+5000U_2=1 \quad (37)$$

i grupi ograničenja (19).

4. REZULTATI ANALIZE

Za sprovođenje DEA analize korišćen je „Add-on“ softverskog paketa MS Excell – Excel Solver. Nakon formulisanja i optimizacije matematičkih modela za svakog operatora (jedinicu odlučivanja), dobijeni su rezultati koji su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati DEA analize

Redni broj	Operatori	Relativna efikasnost
1	BDZ Cargo	0,1002
2	CD Cargo	0,22626
3	RENFE	0,28289
4	Trenitalia S.P.A Cargo	0,11785
5	LDZ	1
6	SZ	0,55918
7	PKP Cargo	0,25202
8	CFR Marfa	0,15259
9	ZSSK Cargo	0,19942
10	SNCF	0,57344

5. DISKUSIJA

Prema rezultatima DEA analize najveću efikasnost (1 ili 100%) ostvaruje letonski državni operator LDZ, a nakon njega francuski nacionalni operator SNCF sa efikasnošću od 0,57 ili 57%. Poznato je da kroz pribaltičke zemlje prolazi željeznički koridor Rail Baltica koji predstavlja jedinu željezničku vezu skandinavskih zemalja sa Rusijom i Centralnom Evropom (Telička 2013). Takođe, Letonija je zemlja koja je u 2014. godini imala najveći broj ostvarenih neto tonskih kilometara po glavi stanovnika i to 9695 (European Commision, 2015). Efikasnost francuskog željezničkog operatora može se objasniti dugom istorijom ulaganja u železnički sistem, koji je jedan od najrazvijenijh u svijetu. Takođe, Francuska je treća zemlja po obimu transporta robe željeznicom u Evropi, nakon Njemačke i Poljske (European Commision, 2015). Neosporna je činjenica da na dobar rezultat ima uticaj racionalno korišćenje voznog parka i radne snage koji su bili ulazi za analizu efikasnosti.

6. ZAKLJUČAK

Ključni pokazatelji performansi mogu biti upotrijebljeni za različite vrste analiza. Jedna od primjena je analiza relativne efikasnosti u odnosu na druge posmatrane operatore. Primjer analize efikasnosti metodom DEA uzeo je u obzir veličinu kolskog parka i broj radnika kao ulaze i godišnji broj ostvarenih neto-tonskih kilometara kao izlaze. Na osnovu DEA analize izvršeno je poređenje deset nacionalnih železničkih operatora u transportu robe. Rezultati DEA analize pokazali su da je najefikasniji letonski nacionalni operator LDZ. Ovaj operator sa 2797 radnika i 7011 železničkih kola je ostvario čak 15257 milijardi neto-tonskih kilometara u 2014. godini. Cilj izvršene analize bio je pokazati kako se sa relativno malim brojem pokazatelja mogu dobiti korisne informacije, koje mogu usmjeriti poslovnu politiku operatora, u cilju poboljšanja vlastitih performansi.

Prednost ovakve analize je u tome da ulazi i izlazi ne moraju biti direktno funkcionalno zavisni, pri čemu se kroz DEA analizu može utvrditi i indirektna zavisnost ulaza i izlaza. Takođe kod DEA analize ne postoji ograničenje u broju ulaza i izlaza, što omogućava i širu analizu u zavisnosti od potreba.

Sa druge strane najveći nedostatak DEA analize je činjenica da se ovom metodom razmatra relativna efikasnost jedinica odlučivanja jednih u odnosu na druge. U tom smislu treba posmatrati i prezentovane rezultate za deset državnih operatora. Širim uzorkom operatora moguće je dobiti nešto drugačije rezultate. Pored toga, efikasnost zavisi i od kvantitativnih

vrijednosti ulaza i izlaza. S tim u vezi treba razmotriti vrijednosti ulaza „kolski park“. Operatora imaju određeni broj kola koja nisu u funkciji a vode se kao dio voznog parka. Veći broj ovakvih kola negativno utiče na relativnu efikasnost operatora. Posljedično se nameće zaključak da u cilju veće efikasnosti treba težiti minimizaciji broja neaktivnih kola.

7. REFERENCE

ALSTOM (2009): Rail in Europe: In varietate concordia, *ALSTOM, Saint-Ouen Cedex, France*.

Bošković B. (2014): Regulatorni sistem željezničkog transporta, *Saobraćajni fakultet Beograd.*

European Commission (2015): EU transport in figures–STATISTICAL POCKETBOOK, *Publications Office of the European Union.*

Ledbury M. (2015): Rail Transport and Environment Fact & Figures *UIC, CER.*

Savić G. (2014): Benčmarking komparativna analiza efikasnosti, *Fakultet organizacionih nauka Beograd*

Casullo L. (2016): The efficiency impact of open access competition in rail markets, *International Transport Forum Paris, France.*

Telička P. (2013): „Priority Project 27 „Rail Baltic/Rail Baltica“, Annual Report, *Publications Office of the European Union.*

Urząd Transportu Kolejowego (2014): An assessment of Rail Market Operations and Rail Traffic Safety in 2014, *Warszawa, Poland*

Vukadinović K. (2015): Predavanja iz predmeta Deterministički modeli operacionih istraživanja, *Saobraćajni fakultet Beograd* .

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

VISOKA RASPOLOŽIVOST CENTRALNOG ČVORIŠTA INTRANETA – STUDIJA SLUČAJA ŽELJEZNICA REPUBLIKE SRPSKE*

HIGH AVAILABILTY OF CORE NETWORK – THE CASE STUDY OF RAILWAYS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

Ljubiša Tešanović, Zdenko Stevanović
Željeznice Republike Srpske, Svetog Save 71, Doboj 74000, BiH, ljubisa.tesanovic@zrs-rs.com, zdenko.s@zrs-rs.com

Apstrakt: *Visoka raspoloživost je jedan od obaveznih zahtjeva kod projektovanja i realizacije savremenih informacionih sistema. Centralno čvorište kao bitan segment predstavlja srž informacionog sistema preko koga se svi implementirani servisi i aplikacije distribuišu korisniku. U razmatranju ovog tehničko-tehnološkog rješenja uzet je kao primjer idejni projekat realizacije centralnog čvorišta Intraneta Željeznica Republike Srpske. Tehnološko rješenje za realizaciju ovog projekta su redundantni protokoli mrežnog prolaza (HSRP, VRRP, GLBP) i protokoli za agregaciju linkova (LACP i PagP) koji zajedno sa redundansom mrežnih uređaja drugog i trećeg sloja pružaju visoku respoloživost kompletnog informacionog sistema. Ovim obezbjeđujemo da se svi poslovno-tehnološki procesi, koji se u savremenom načinu organizacije, upravljanja i poslovanja u potpunosti oslanjaju na informacione sisteme, odvijaju nesmetano i bez prekida eksploatišući sve potencijale i prednosti koje ovakav sistem nudi.*

Ključne riječi: *Informacioni sistem, centralno čvorište Intraneta, HSRP, LACP*

Abstract: *High availability is a mandatory requirement of design making and implementing modern IT system. Core network is very important element and represents an IT core which all services and applications distribute to users. Considering this technical and technological solution we have taken as an example conceptual design of implementing core network in the Intranet ŽRS. The Project technological solutions are First Hop Redundancy Protocol (HSRP, VVRP, GLBP) and Link Aggregation Protocol (LACP and PAgP) which accompanied with Layer 2 and 3 switches offer full high availability of entire IT system. This ensures that all business and technological processes, organized and managed in modern way, fully based on IT system, run smoothly with no interrupt utilizing all benefits and potentials of the system of this kind.*

Key words: *IT system, Core network, HSRP, LACP*

1. UVOD

Koncept organizacije i arhitekuture savremenog preduzeća u razvijenim zemljama već odavno podrazumijeva da se poslovno-tehnološki procesi sa svim njihovim elementima i podstrukturama u potpunosti oslanjaju na informacione sisteme bazirane na informatičko-komunikacijskim tehnologijama kao infrastrukturi što ovim preduzećima omogućava bolje i uspješnije upravljanje poslovnim procesima, finansijskim, ljudskim i materijalno-tehničkim resursima. S obzirom da bi svaka nefunkcionalnost ovog sistema podrazumijevala djelimično, ako ne i potpuno, paralisanje svih poslovnih procesa, za uspješno poslovanje i upravljanje

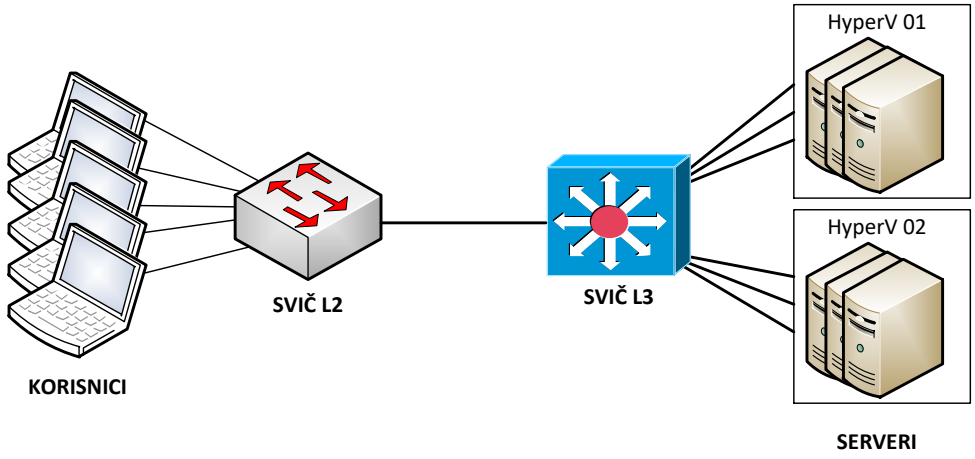
* ***Stručni rad***

preduzećem od velike je važnosti da se obezbjedi visoka raspoloživot i puna funkcionalnost sistema.

Željeznice Republike Srpske su započele proces informatizacije preduzeća i taj proces traje. U tim aktivnostima su realizovani projekti izgradnje serverske i mrežne infrastrukture kao i instaliranje servisa i aplikacija koje su djelimično obezbjeđeni kroz nabavku od renomiranih IT preduzeća, a djelimično kroz razvoj sopstvenih softverskih rješenja u okviru IT sektora.

2. POSTOJEĆE STANJE NA ŽRS

Analizom postojećeg stanja došli smo do zaključka da arhitektura i topologija centralnog čvorišta (Core Network) Intraneta ŽRS ne zadovoljava savremene standarde koji se primjenjuju prilikom projektovanja i izgradnje ovakvih sistema (cisco.com, 2008). Primjetno je da u centralnom čvorištu nije obezbjeđena redundantnost sistema. Ona postoji na nivou serverske infrastukture i realizovana je virtualizacijom serverskih instanci uz pomoć Majkrosoftovog HyperV rješenja (Lanaco, 2013). Međutim, centralno čvorište je u potpunosti implementirano i bazirano na jednom višeslojnom sviču (vidi sliku 1) i u slučaju njegove nefunkcionalnosti svi servisi i aplikacije koje se nalaze na serverskoj infrastrukturi bile bi nedostupne korisnicima. Samim tim, svi poslovni i radni procesi, koji zavise od ovog sistema, odmah bi bili obustavljeni na neodređeno vrijeme.



Slika 1: Topologija Intraneta ŽRS (uprošten prikaz postojećeg stanja)

Zato je neophodno izvršiti određene izmjene kako bi se funkcionalnost centralnog čvorišta dovela na odgovarajući nivo. Prilikom osmišljavanja ovog rješenja, pored preporučenih standarda, treba imati racionalan i ekonomičan pristup kako novo rješenje ne bi zahtijevalo prevelika finansijska ulaganja koja bi bila u nesrazmjeri sa očekivanim prednostima.

3. PREGLED I KARAKTERISTIKE PROTOKOLA

U cilju postizanja adekvatnog tehničkog rješenja neophodno je odabrati odgovarajući tip i model mrežnih uređaja kao i protokole uz pomoć kojih će se realizovati visoka dostupnost centralnog čvorišta Intraneta. U ovom slučaju smo se odlučili za sledeće protokole:

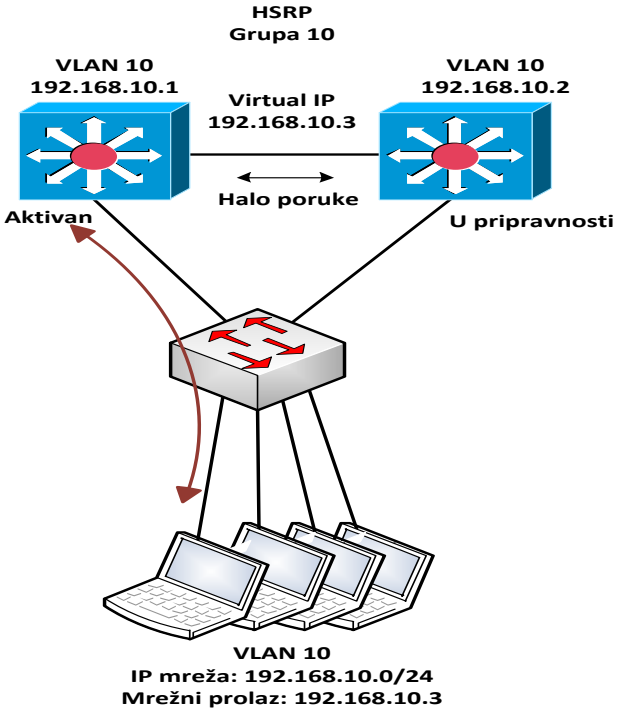
- Hot Standby Router Protocol – HSRP
- Link Aggregation Control Protocol – LACP

3.1. Redundantni protokol mrežnog prolaza

Višeslojni svič (Multilayer/layer 3 switch) ima sposobnost usmjeravanja saobraćaja na mrežnom nivou (Network layer). On predstavlja mrežni prolaz koji omogućava da se mrežni saobraćaj odvija između različitih VLAN-ova. Međutim, ukoliko mrežni prolaz zbog određene smetnje/kvara postane nefunkcionalan, hostovi u različitim IP podmrežama gube kominikaciju i mrežni saobraćaj se između njih ne odvija.

Da bi se izbjegao ovakav scenario jer povećava nestabilnost mreže, a time i servisa i aplikacija koji se preko nje distribušu, razvijeni su redundantni protokoli mrežnog prolaza koji omogućavaju da se kombinacijom dva višeslojna sviča postigne redundantnost u pogledu mrežnog prolaza i usmjeravanja saobraćaja između različitih IP podmreža.

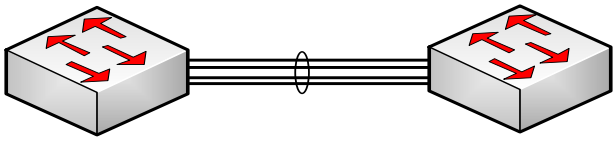
Hot Standby Router Protocol (HSRP) je jedan od redundantnih protokola mrežnog prolaza koji više mrežnih prolaza pridružuje u jednu HSRP grupu (Hucaby, 2007). Oni dijele jednu zajedničku IP adresu koja se naziva virtualna IP adresa i ona je adresa mrežnog prolaza preko koje hostovi iz jedne IP podmreže komuniciraju sa ostalim IP podmrežama. U HSRP grupi jedan od svičeva postaje primarni tj. aktivni i on obavlja poslove mrežnog prolaza dok se drugi svič nalazi u stanju pripravnosti. Oba mrežna prolaza međusobno razmjenjuju halo poruke (IETF, 1998) tako da znaju jedan za drugog, da li su operativni i ko je od njih aktivan, a ko u pripravnosti (vidi sliku 2). Ova komunikacija se odvija pomoću višesmjerne (multicast) IP adrese 224.0.0.2 (verzija 1) ili 224.0.102 (verzija 2).



Slika 2: HSRP arhitektura i tok mrežnog saobraćaja

3.2. Agregacija fizičkih linkova sviča – Port-Channel

Port-Channel predstavlja interfejs logičkog linka koji agregira više fizičkih portova. Agregacijom se povećava kapacitet linka između dva sviča, a postiže se i redundantnost, dok u isto vrijeme nije neophodna nabavka dodatnih uređaja za tu svrhu. Da bi se, između dva sviča, formirao ovaj oblik dinamičke veze neophodan je dogovor koji se odvija preko protokola za agregiranje linkova. Protokoli koji se koriste su LACP (Link Aggregation Control Protocol) i PAgP (Port Aggregation Control Protocol). Kod povećanog inteziteta saobraćaja kao i neophodnosti visoke pouzdanosti ovo rješenje je veoma pogodno i privatljivo. Ako u okviru jednog linka grupišemo dva fizička linka kapaciteta od 1 Gb/s onda će kapacitet logički link biti 2 Gb/s. U slučaju potrebe za većim kapacitetima moguće je agregirati više fizičkih linkova u jedan logički link. Koristeći Link Aggregation Control Protocol – LACP ograničeni smo na ukupno 16 fizičkih linkova u okviru jedne grupe što kod upotrebe fizičkih linkova od po 1 Gb/s nudi zbirni kapacitet logičkog linka od 16 Gb/s (Hucaby, 2007).

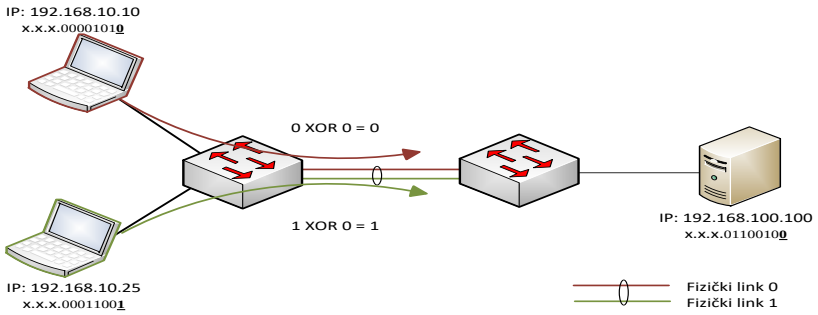


Slika 3: Grupisanje fizičkih linkova u jedan logički link

U okviru logičkog linka saobraćaj se distribuše preko fizičkih linkova uz ravnomjerno opterećenje (load-balancing), a u slučaju da bilo koji od fizičkih linkova „otkaže“ ostali fizički linkovi u grupi će nastaviti da prosljeđuju njegov saobraćaj. Ovim se postiže redundantnost što povećava pouzdanost na nivou linka između dva sviča. Ravnomjernost opterećenja fizičkih linkova mrežnim saobraćajem zavisi od konfiguracijskih parametara. Prilikom unosa konfiguracijskih parametara može da se koristi više opcija, kao na primjer:

- dst-ip/mac /balansiranje po odredišnoj IP ili MAC adresi/
- src-ip/mac /balansiranje po izvorišnoj IP ili MAC adresi/
- src-dst-ip/mac /balansiranje po izvorišnoj i odredišnoj IP ili MAC adresi/

U prva dva slučaja (dst-ip/mac i src-ip/mac) odabir fizičkog linka vrši na osnovu posljednjih bitova IP ili MAC adrese, a u trećem slučaju (src-dst-ip/mac) odabir linka se vrši na osnovu rezultata XOR posljednjih bitovi IP ili MAC adresa hostova između kojih se odvija saobraćaj (vidi sliku 4). Tada se saobraćaj između dva hosta uvijek odvija preko istog fizičkog linka u grupi, a što je intezivniji saobraćaj između dva hosta to je njihov fizički link opterećeniji.

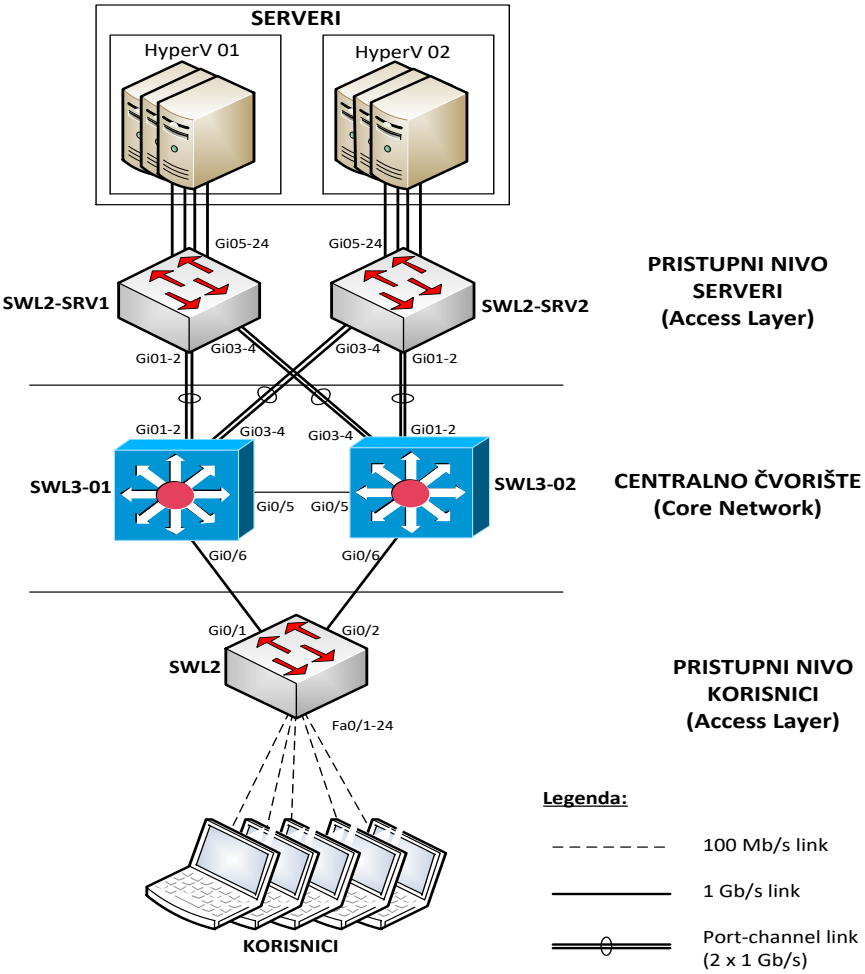


Slika 4: Protok saobraćaja po fizičkim linkovima u grupi (opcija src-dst-ip)

Radi odabira najboljeg modela za ravnomjerno opterećenje svih fizičkih linkova u grupi neophodno je izvršiti analizu mrežnog saobraćaja

4. IMPLEMENTACIJA VISOKE RASPOLOŽIVOSTI CENTRALNOG ČVORIŠTA NA ŽRS

U ovom konkretnom primjeru, u centralnom čvorištu, neophodno je instalirati dva višeslojna sviča (Multilayer/Layer 3 Switch) na kojima će se uz pomoć Redundantnog protokol mrežnog prolaza, u ovom slučaju HSRP (Hot Standby Router Protocol), obezbjeđivati redundantnost mrežnog prolaza (gateway) kako za serversku infrastrukturu tako i za računare korisnika. Pored toga, linkovi između svičeva pristupnog nivoa (Access layer switche) serverske infrastukture trebaju se povezivati sa višeslojnim svičevima u centralnom čvorištu agregiranjem po dva fizička linka u jedan logički link uz pomoć LACP protokola. Svi fizički linkovi između svičeva centralnog čvorišta i svičeva pristupnih nivoa treba da budu kapaciteta najmanje od 1 Gb/s. Računari korisnika treba da budu povezani na svič pristupnog nivoa linkovima kapaciteta od po 100 Mb/s (vidi sliku 5).



Slika 5: Idejno rješenje visoke raspoloživosti centralnog čvorišta Intraneta ŽRS

4.1. Konfiguracija port-channel

Primjer konfiguracije port-channel-a na sviječevima SWL3-01 i SWL2-SRV1:

```
SWL2-SRV1(config-if)#interface port-channel 1
SWL2-SRV1(config-if)#switchport mode trunk
SWL2-SRV1(config-if)#interface range g0/1-2
SWL2-SRV1(config-if-range)#switchport mode trunk
SWL2-SRV1(config-if-range)#channel-group 1 mode active
SWL2-SRV1(config-if-range)#exit
SWL2-SRV1(config)#port-channel load-balance src-dst-ip
```

```
SWL3-01(config)#interface port-channel 1
SWL3-01(config-if)#switchport mode trunk
SWL3-01(config-if)#interface range g0/1-2
SWL3-01(config-if-range)#switchport mode trunk
SWL3-01(config-if-range)#channel-group 1 mode active
SWL3-01(config-if-range)#exit
SWL3-01(config)#port-channel load-balance src-dst-ip
SWL3-01(config)#
```

Prikaz sumarnih informacija o statusu port-channel interfejsa:

```
SWL3-01#show etherchannel summary
Flags:  D - down        P - in port-channel
        I - stand-alone s - suspended
        H - Hot-standby (LACP only)
        R - Layer3      S - Layer2
        U - in use      f - failed to allocate aggregator
        u - unsuitable for bundling
        w - waiting to be aggregated
        d - default port


Number of channel-groups in use: 1
Number of aggregators:           1

Group  Port-channel  Protocol    Ports
------+-------------+-----------+-------------------------------

1      Po1(SU)           LACP   Gig0/1(P) Gig0/2(P)
```

4.2. Konfiguracija Hot Standby Router Protocol

Primjer konfiguracije HSRP na sviječevima SWL3-01 i SWL3-02:

```
SWL3-01(config-if)#interface vlan 10
SWL3-01(config-if)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
SWL3-01(config-if)#standby 10 ip 192.168.10.3
SWL3-01(config-if)#standby 10 preempt
SWL3-01(config-if)#standby 10 priority 110
SWL3-01(config-if)#
%HSRP-6-STATECHANGE: Vlan10 Grp 10 state Speak -> Standby

%HSRP-6-STATECHANGE: Vlan10 Grp 10 state Standby -> Active
```

```
SWL3-02(config-if)#interface vlan 10
SWL3-02(config-if)#ip address 192.168.10.2 255.255.255.0
SWL3-02(config-if)#standby 10 ip 192.168.10.3
SWL3-02(config-if)#standby 10 preempt
SWL3-02(config-if)#
%HSRP-6-STATECHANGE: Vlan10 Grp 10 state Speak -> Standby
```

Prikaz sumarnih informacija o statusu HSRP-a:

```
SWL3-01#sh standby brief
                     P indicates configured to preempt.
                     |
Interface   Grp  Pri P State    Active          Standby         Virtual IP
Vl10        10   110 P Active   local           192.168.10.2    192.168.10.3
Vl100       100  110 P Active   local           192.168.100.2   192.168.100.3
SWL3-01#


SWL3-02#sh standby brief
                     P indicates configured to preempt.
                     |
Interface   Grp  Pri P State    Active          Standby         Virtual IP
Vl10        10   100 P Standby  192.168.10.1    local           192.168.10.3
Vl100       100  100 P Standby  192.168.100.1   local           192.168.100.3
SWL3-02#
```

5. ZAKLJUČAK

Pravilnom instalacijom, povezivanjem i konfiguracijom mrežnih uređaja drugog i trećeg nivoa (Switches Layer 2 and 3) protokoli za aggregaciju linkova i redundantnost mrežnog prolaza su postali operativni na što ukazuju izlazne informacije dobijene naredbama "show etherchannel summary" i "show standby brief". Ovo rješenje je uspješno simulirano u simulatoru za računarske mreže, "Packet Tracer" i funkcionalno je. Ono se sada može implementirati u realnom okruženju, a njegovom realizacijom će se obezbjediti visoka raspoloživost svih servisa i aplikacija u Intranetu ŽRS. Smatramo da je postignut izbalansiran odnos između ispunjavanja savremenih zahtjeva kod implementacije ovakvih sistema, kao i racionalnog finansijskog ulaganja u njegovu nadgradnju..

6. LITERATURA

Cisco.com (2008). Campus Network for High Availability Design Guide

David Hucaby (2007). Building Converged Multilayer Switched Networks

Lanaco (2013), ŽRS - Projekat izvedenog stanja 39/13

The Internet Engineer Task Force - IETF (1998). Cisco Hot Standby Router Protocol (HSRP). https://tools.ietf.org/html/rfc2281

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

METHODS OF IMPROVING ENERGY EFFICIENCY IN HIGH SPEED TRAINS *

Ranko Babić
School of Railway Applied Studies, Zdravka Čelara 14, 11000 Belgrade, Serbia, babic57@mts.rs

Abstract: *To give systematic survey and discussion of factors which determine or influence energy consumption and methods for its reduction in high speed trains (HST). Literature we rely upon considers these factors mostly as particular items. With this paper we aim to interrelate some factors which synergy can give better results than the sum of their separate effects. Being a survey, this paper is based on broad literature and fits in state of the art research efforts of main world manufacturers of HST. The survey is both vertical and horizontal; it starts from percentage railway electrification in leading industrial countries, over energy share of railways in general transport services, to figures of effectiveness of rail transport in comparison to other means of transport; considers current strategies for consumption decrease in trains. Each of them is analysed and discussed with illustration of technical means which improve it. Only classical rail trains are considered, levitating ones not. It is presented integral and synthetic 2D picture of factors and methods related to reduction of energy consumption in modern S, HST and very HST. Such factor-correlated presentation of energy savings may spur research in combined and synergic treatment of some factors to attain more effects than in particular cases.*

Key words: *Energy consumption, Comfort, Air transport, Drag, Track geometry, CO2 Emission*

1. INTRODUCTION

Extensive rise of world population, transition of many undeveloped countries into developing and developed ones [1], imply rise of energy consumption worldwide, with even slight decrease of energy supply. Emissions of CO2 from fossil fuels follow such trends, and all these factors make strategies of energy saving and effective consumption urgent [2], [3].

Electrified railways network is an infrastructure for most HST. Only electric supply system can deliver energy necessary for such purpose. Also, it possess many unquestionable advantages, first of all, energetic efficiency: steam locomotive (5-7%), gas turbine electric locomotive (10%), disel-electic loc. (26-30%), electric loc. with thermal power plant (34-36%), electric loc. with hydro power plant (40-42%) [4], [5]. There is no diesel propeled HST. Diesel-electric engines as HST supply is not environmentally friendly, weight and storage of fuel, fire safety, pose other problems [6], [7], [8], [9].

The status of electricification in EU is illustrated by following figures (August 2012): EU27 (52,3%), France (52,4%), Germany (58,8), Spain (59,6), Poland (60,2), Austria (68,0), Italy (70,7), Sweden (71,4), Nederland (76,1), Belgium (85,5), Switzerland (99,3) [10]. For Serbian Raiways it is 62,5% [11]. Share of electrified railway tracks in leading industrial countries of the world, since 1975, is given on Fig.1 [12], [13].

Share of transport services by various modes, regarding passengers/freight (Road: 82,7/8,8%, Aviation: 10,6/0,7%, Navigation: 0,3/81,5%, Rail: 6,3/9%), clearly shows present

* ***Review paper***

situation in transport [12], [23]. The term "Navigation" means transport by ships (across oceans and seas, and via inland waterways (canals, rivers, lakes etc.).

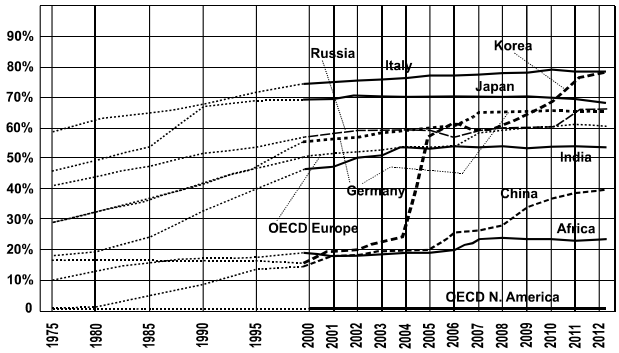


Figure 1. Railways electrification account for leading industrial countries since 1975 to 2012.

Table 1 shows figures of share of final energy consumption by sectors in leading industrial countries (2012) [12]. Table 1 also shows how this transport part of the whole energy is consumed by various sorts of transport, among them for rail transport.

Table 1 Whole energy consumption, by sector, and in transport sector

Share of final energy consumptionby sector and in transport (in %)	World	Europa	USA	Japan	Russian Fed.	India	PR of China
Sector share							
Industry/Construct	36,9	29,3	23,8	37,3	44,9	39,4	54,0
Residential	23,1	23,6	17,3	14,7	23,4	35,2	21,6
Other	11,9	14,8	15,5	21,2	10,0	10,0	9,2
Transport	28,1	32,3	43,4	26,8	21,7	15,3	15,2
Share in Transport sector							
Rail	**2,1**	**1,3**	**2,0**	**2,1**	**5,7**	**5,0**	**4,7**
Road	74,7	72,2	79,9	77,2	46,8	85,3	73,7
Aviation	10,3	12,4	10,9	11,3	12,9	7,2	7,2
Navigation	9,5	12,7	4,1	8,5	2,6	2,4	10,7
Pipeline	2,4	/	/	/	28,8	/	/
Other	1,0	1,4	3,1	0,9	3,2	0,1	3,7

Electric locomotives are very powerful devices and, hence, demanding consumers. Their power ranges up to 13120 kW (4E5K, 1-hour rating, 2014–present) [14], [15]. Usual values are about 4000 kW (e.g. classic 1970 series 441 (ASEA), B'o B'o configuration, 80 t weight, permanent/1h power 3860/4080 kW [16]. Electric current supply for one electric traction motor is 1180/1250/1700 A of premanent/1h/3min [16], or for all four electric motors 4720/5000/6800 A. Loco haul in traditional trains means use of one or two locomotives that contain all the traction motors. Modern HST, however, put traction motors in almost every car for better force distribution and a more comfortable ride. Distributing power over more axles also lets trains de/accelerate faster. Sending all the power through only two or three axles, especially at start, may cause empty spin of wheels. On Bombardier's HST Zefiro, configured as a 16-car train set, there are normally 32 traction motors, so half of the axles are powered. (Each car travels on a pair of two-axle bogies). Each motor contributes 600 kW, giving the entire train set over 19 MW of installed power [6]. These HST rely on permanent-magnet motors rather than asynchronous motors [17], [18].

2. ENERGETIC EFFICIENCY OF RAIL TRANSPORT - BASIC FACTORS

Effectivnes of rail transport, compared to other means of transport, is given in Table 2, which is a summary from several resources [19-33]. The values are based on average statistics of public transport, and for one person as regards cars. Coach is UK expression for passenger car.

Table 2. Energy per 100 km per passenger

Transport type	Walk	Run	Bike	Plane	Car	Motor bike	Velo mobil	Coach	Reg. train	Train	HST	Tram	Bus	Electric car
kWh	7.5	8.5	2.50	51.8	62.8	51.2	0.50	20.9	19.8	15.1	14.0	5.80	47.7	50.8
eq. l. gas.	0.8	0.9	0.25	5.3	6.4	5.2	0.05	2.1	2.0	1.5	1.4	0.6	4.8	5.2

Such favorable parameters for trains are not the final word regarding energy consumption. For passenger trains it involves two dominating factors: the *air drag* and the energy for *acceleration* to the cruising speed. Besides these factors, also the *rolling resistance* has some influence, and energy for *comfort* (heating, illumination, carbody tilt, etc.). Aviation is not considered as it highly exceeds amounts of other transport means [22].

Although the higher speed increases energy consumption by 63 %, by persistent improvement, in a modern passenger train (put in operation on years 2002-2005) it is reduced by typically 25–30 % per seat-km or per passenger-km, if compared with the older loco-hauled trains of 1994. It is fulfilled through energy consumption decrease strategies [34], clastered in three areas: vehicles, technical operations, and customer demand for rail services, or particularly: **Vehicles** More efficient traction concepts; Increased electrification; Mass reduction (Lower train mass per seat); Aerodynamics improvement and friction reduction (reduced air drag); Reduction of conversion losses; Regenerative braking and energy storage; Reduction of "hotel" loads; **Technical operations** Reduction of empty trips; Flexible train compositions; Energy efficient driving; Energy efficient timetabling; Better awareness of energy efficiency in personnel; **Customer demand for rail services** Load factor increase; Marketing strategies for demand increase.

The result of these efforts is indicated by negative slope of curves on Fig. 2. To compare values from Table 4 and Fig. 2. one uses conversion 1 kJ = 0.0002778 kWh or 1 kWh = 3600 kJ.

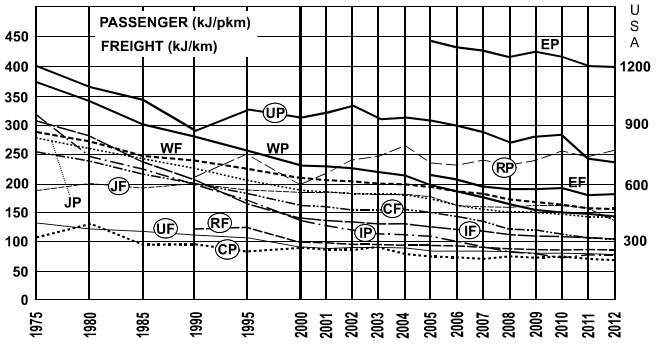


Figure 2. Railway specific energy consumption for leading industrial countries since 1975. Labels XY on diagram by X designate country (E – EU(28), U – USA, J – Japan, R – Russian Federation, I – India, C – China (People Republic of), W - World) and by Y designate tansport units (P – Passenger, F - Freight). Scale on the right is only for USA, UP and UF.

New types of electric engines can improve efficiency (eliminate the need for cooling fans) up to a 3%. To cut energy use, Bombardier's HST use permanent-magnet motors, which need 4% less energy than asynchronous motors [6]. New materials and composites are being used in the construction of train components, reducing the mass of the train and consequently the energy needed for traction up to 4%. For example, Bombardier developed unique aluminum carbody, with reduced weight while preserving full safety requirements [35].

Modern trains have wide and longer bodies (3.45 m external width) making it possible to increase the seating capacity by around 25 % compared to a carbody with normal width and length. This means e.g. 3 cars instead of the older 4-car train (plus a separate locomotive), and less train mass and a lower aerodynamic drag. Due to this factor energy consumption is reduced by 26 %, considered per passenger or ton.

Increasing the aerodynamic performance of rail vehicles, in comparison to older trains, can reduce energy consumption up to 8% in regional trains and up to 15% in high-speed trains. Modern trains are smoother along the roof and walls, and particularly underneath the main floor, where most equipment is covered. They have also longer and more streamlined noses in the front and rear ends. This factor alone reduces the energy consumption by a further 22 %.

Modern and HS electric trains feature regenerative braking. This energy can be used both internally to the train for the operation of auxiliary systems (e.g. to power lights, air conditioning, door opening and closing, or to charge a battery for later usage when possible) and externally - sent back to power other trains in the same section of catenary. If there is no special equipment to store recouped electricity efficiently onboard, part of the energy recovered is lost by dissipation - it gets burned off in roof-mounted braking resistors (rheostatic braking) or the train switches to friction braking. Energy recovery is 17 % of the input to the pantograph [34], [35].

Modern trains produce less energy loss on the overhead catenary cable and in the stationary supply stations, due to induction motor drives fed by advanced semiconductor converters. These converters allow the electrical alternating current to be fully in-phase with the line voltage. This, in turn, minimises the current taken from the overhead catenary, thus also minimising the energy losses, as the losses rises with the second power of the current.

*Energy consumed at idling (*standstill in workshop areas, before departure, during station stops*)* is estimated to around 2 % of the total energy consumption, as an average. Energy consumption **varies by season**. Low temperatures increase the need for heating in the trains (doors are opened frequently, in particular on regional and local trains). Air density is higher at low temperatures producing higher air drag. At the same air pressure the air density is about 10 % higher at −7 ºC than at +20 ºC, thus producing 10 % increased air drag. The latter is particularly important for high-speed trains running at speeds around 200 km/h or more; as these trains have normally more than 50 % of the energy consumption due to air drag [34]

Load factor is very important parameter when energy consumption is considered. It is measured and expressed per ton-km, train-km, car-km, seat-km or per passenger-km. For passenger trains it is usually defined as the ratio between the actual number of passengers and the number of offered seat-km *(*proportional to the number of seats in the train). The actual load factor varies largely on different trains (traffic day, week or season, different sections along the line; more or less populated areas). Trains in big city areas (local or commuter trains, regional trains, airport trains) have usually very pronounced peaks in load factor (rush hours).

The average load factor is usually quite modest – 20-40 %. Modern high-speed trains, with competitive travel time and ticket pricing, have average load factors of 50–75 %, comparable with most domestic air lines. Slower conventional long-distance trains have usually modest load factor. Thus, more passengers would principally result in higher energy consumption. This is most important for trains with frequent stops and subsequent accelerations to high speed. The increased energy consumption as an effect of increased train mass for additional passengers is, however, very small. For a train loaded with the maximum number of seated passengers (320 passengers, around 26 tonnes) the energy consumption is increased by about 3 %. It means the energy consumption is almost independent of the actual number of passengers, i.e. independent of the load factor. But if measured per passenger or passenger-km the energy consumption is very dependent of the actual load factor, approximately inversely proportional to its value.

For long-distance operations load factors are quite high, typically 55-60 % in Scandinavia, and in this market segment energy consumption is around 0,08 kWh per pass-km. For fast regional services with electric trains, the load factors vary from typically 20 to about 40 %, while the energy consumption varies from 0,07 kWh per pass-km (for the highest load factor) to 0,18 kWh/pass-km [35]. Not the whole consumed energy goes into traction, but about 20–25 % in auxiliary equipment (ventilation and cooling of propulsion equipment, supply of compressed air for brakes, so-called "hotel loads" or HVAC (heating, ventilation and air conditioning), lighting, power plugs, information screens, opening/closing of doors etc. Hotel loads range from 10-15%. Engineers managed for HVAC to reuse up to 80% of the energy. Overall, Bombardier efforts led to a 25% drop in energy used annually on HVAC [6]

3. ENERGY EFFECTIVE DESIGN CRITERIA OF HS TRAINS

HST (e.g. Bombardier's ZEFIRO) combine the highest capacity and exclusive comfort. With a top speed of 380 km/h, it can compete with air travel at distances up to 700 km. With up to 1,300 seats per train, they can hold twice as many passengers as the largest plane in the world, the Airbus A380 [36].

For such trains, which speed enters region beyond 300 km/h, some other aspects of energetic efficiency come into scope. They are mainly related to track geometry and air drag.

3.1 Track geometry and efficiency

Track trajectory is a compromise between terrain topography and railway transport features: gradient, horizontal and vertical curve, cant, passenger comfort [37]. High speed should be kept as constant as possible in order to minimize energy consumption on train accelerations on curved sections of track trajectory between destinations (only a few interstoppages) [38].

Therefore, track gradient, both positive and negative, and track curve, horizontal and vertical as well, should have appropriate values.

The ideal case of flat and straigh track line is very rarely achieved, because of terrain conditions. Otherwise, on corrugated terrain such track disposition is very expensive - chain of bridges and tunnels. The compromise is a track trajectory composed of curved and straight sections, where curve radii must have proper values, dependant of maximum speed planned for each section [39].

The curve radius, or curvature, causes centrifugal lateral acceleration. It is a complex factor, related to passenger (dis)comfort, possible dispacement of wagon loads, risk of vehicle overturning and derailment, or loosening of rail fastenings, which can be reduced by combining curvature with cant. If the traffic is mixed on the same line, as usually is for economic reasons (HS and freight trains), track parameters are non-optimal causing passenger discomfort at standstill or low speed, and risk of derailment of freight trains due to high cant.

There are different conditions in design of tracks for (a) all types of trains (including heavy freight trains), (b) high-speed and light freight trains and (c) high-speed trains only (passenger, light express goods and light mail)

The higher the speed, the more stringent design criteria of the track geometry and also of the deformation resistance of the railway subgrade body are required [37].

Gradient is not a simple track parameter as it may seem. The topographical conditions usually require longitudinal gradients. Bridges and tunnels are very expensive ways to manage topography. Constraints and restrictions on gradient amount are needed, because they affect railway traffic: (a) power supply and energy consumption increase with gradient, (b) heavy freight trains with ordinary locomotive may climb with difficulty, (c) breaking distances increase for high-speed and freight trains along descending gradients.

For heavy freight trains the largest permissible gradient is 10‰, or 12,5‰ if mean value of gradient does not exceed 10‰ over each kilometer.

Another parameter, close to gradient, is vertical curve, which provides smooth transition between successive tangent gradients in railway profile. With greater curvature vertical acceleration on a crest can be too great, especially for high-speed trains, and cause derailment, decrease magrin from vehicle overturning at side winds, and spoil passenger comfort. Recommended horizontal and vertical curve radius amounts are given in Table 3 [38], [40]. There can also be find recomendations for Germany and Japan. Further details about track geometry are in [41], [42]. Cant is also related to vehicle hanging system: tilt or elastic.

Table 3. Recommended and minimum amounts of horizontal and vertical curve radius

Speed [km/h]	200	250	280	300	330	350
Rec. horizont. rad. [m]	3200	5000	6300	7200	9700	9800
Min. hor. radius [m]	1888	2950	3700	4248	5140	5782
Rec. vertical rad. [m]	16900	26500	33200	38100	46100	51800
Min. vertical rad. [m]	6400	10000	12544	14400	17424	19600

3.2 Train aerodynamics and efficiency

Up to 60% of tractive force can be lost due to drag and friction. Aerodynamics must provide cross-wind stability, which decreases as train speeds increase.

Today's engineers concentrate on four basic areas: the lead car with its streamlined nose; spoilers atop and beneath the cars; stowing and deploying the pantograph; and fairings around the bogies, between cars, and covering the underside of the train. In Bombardier succeded to cut drag by 25%, which yielded a 15% drop in energy use and reduced the wind force on the lead car by enough to let them get rid of the 5 to 7 tons of dead weight the trains carried for ballast and stability. Covering roof-mounted equipment with streamlined fairings also cuts drag, as well as limiting the “sonic booms” the exposed equipment can cause when trains enter a tunnel. The smoother roof cuts overall outside noise, too (e.g. at 300 km/h HST produces 91

dB(A) of noise). On the inside, passengers are exposed to only about 72 dB(A), thanks to sound-dampening coatings [6].

To reduce air/wind energy transfer on HST three fundamental problems of HST aerodynamic arises

Open Country Operations - HSTs at speed create base drag between carriages and at its rear. Non/linear swirling winds striking the vehicle will create vortex shedding and instability increasing rail scrubbing and rolling resistance.

Over/Under Pass - HSTs approaching and departing under/over pass environs create a distinct pressure rise and fall. A static pulse of energy ("sonic booms") is formed that transfers to various "grab" points along its length (e.g. gaps between carriages) as it passes. The pulse incites vibration and harmonics that cascade the length of the train through the carriage couplings.

Approaching/departing tunnels - An energy pulse will develop similar to overpasses. However, on entering air is confined by the tunnel walls and pressures rise drastically, similar to a piston in a cylinder. This pressure will continue to rise as a function of speed, tunnel length and venting capabilities until speed is reduced or the tunnel exit approaches allowing for rapid pressure release [43].

4. DISCUSSION

Fast, safe, reliable and comfortable HST and VHST are now rivaling air travel as an efficient means of transportation for long distances. VHST of up to 380 km/h are becoming usual thing.

Traction power, even when distributed to many axels, when there's not enough friction cannot get a large train up an incline (ice, wet leaves etc.). HST trains carry dry sand to drop in front of powered wheels to increase frictional forces, as their old predecessors.

The train set includes all the passenger cars and the lead/driving car, with aerodynamic nose as a windshield to small driver compartment. The rest of of led car is outfitted for passengers.

Reducing energy consumption implies optimizing the aerodynamic shape of a vehicle, thus inevitably facing two main opposing factors: the best models for drag do not have a good crosswind stability, and viceversa. Using multi-objective, multi-disciplinary optimization platform, for VHST class 380 km/h, reduction of the aerodynamic resistance by 20% lead to decrease of energy consumption of about 10% [44].

Rail transportation is a concrete eco-friendly solution for sustainable mobility. Decrease of the aerodynamic resistance of trains means increase of energy efficiency and further reduction of CO2 emissions.

HST vehicles traditionally incorporate linear shapes to reduce aerodynamic forces, a style borrowed from aircraft design. But HST is an aircraft "flying" on the ground. Also, there is a great difference in air density at 10.000 m and at the ground. Pass of HST causes drag and air whirls enhanced by presence of ground, with significant disturbances at underpasses and tunnels. In addition, wind is a nonlinear force that increases vehicle instabilities, adding greater rolling resistance, fuel consumption and damage/wear to wheels or tires. For high speed trains

(HSTs >200km/h) these instabilities cause wheel flanges to alternatively scrub and release the rail, causing costly corrugation damage.

A solution incorporates random surface placement of irregular shaped vortex generators (VG) to reduce aerodynamic drag forces, the detrimental formation of harmonic, resonant frequencies and tunnel induced pressure rise damage [43]. The elongated nose of the HST locomotives requires special attention.

Random patterns of smaller VGs at the tip of the locomotive will be followed by progressively larger VGs up to the widest and tallest cross-section of the locomotive. The smaller VGs disturb the initial local onset airflow allowing larger VGs mounted downstream to continue to lift and spin the airflow. Additional VGs added in random patterns along the roof and sides of the carriages will reduce side vortices and aerodynamic drag.

The biggest challenge with using pantographs to take power from the catenary is keeping the contact forces between the two within a given range, not too much friction but enough contact to make a solid electrical connection.

Another issue that crops up with catenaries is when the weather conditions result in ice on the overhead wires. In that case, the train deploys two pantographs (there are often several on a train set) and the lead one knocks off the ice.

The esence of HST and especially of VHST is its speed, i.e. the travel time. Some of Europe states differs in rails gauge of 1435 mm (Iberian gauge 1,668 mm, Russian 1520 mm) and in electric supply greed voltage (1,5 kVdc, 3 kVdc 15 kV 16,7 Hz ac, 25 kV 50 Hz ac) [45]. To lose time at state borders to switch train on different gauge/voltage nullifies advantages of HST. Interoperability across state borders is attained by power supply sets for different voltages and variable-gauge bogies in the same train.

There is no universally accepted definition of high speed. E.g. Siemens uses the U.S.'s Federal Railway Agency's (FRA) definitions, which includes three categories of HST: (1) <145 km/h; (2) 145–200 km/h; and (3) 200–350 km/h.

For high-speed travel, tracks must be able to handle the higher loads while providing an extremely smooth ride and eliminate vibrations.

Exceptional passenger comfort is a key factor in design, if one wants HST to compete aircrafts. Acceleration is very important factor: longitudinal (about 0,5 m/s^2, at rolling, up to 1 m/s^2, the upper limit in terms of passenger comfort; braking deceleration is also about 1 m/s^2) and lateral, on HS turns (200 km/h means curve radii > 4,5 km, 350 km/h > 6,9 km, with cant of 150 mm).

HST, with length of up to 428 metres, or 16 cars, which weight, including 1200 passengers and their luggage, is around 1000 tons [17], traveling 320 km/h takes about 3,86 km to stop. Vibrations and noise also add to comfort.

The cost of building a two-track high-speed rail line, one that will let trains travel at top speed in both directions simultaneously, has been estimated by the U.S. Government Accountability Office at $50 million/mile, and vary depending on the train, and terrain (and road network).

Annual maintenance costs on HS rails in EU study are estimated at $140,000/yr/mile, while in a British study at $493,000/mile. It is so high because as speeds increase, tracks need to be inspected more often and to tighter alignment tolerances.

5. CONCLUSION

High speed train, and particularly high speed railways, is a very complex system and technology aimed to provide effective transport of passengers/freight, effective in the meanning of time, cost (consumed energy and infrastructure engagement) and passenger comfort, in order to compete with air transport in speed, but to preserve all advantages of railway transport (mass and weight), and to prevail it in comfort. During a couple last decades many efforts resulted in present situation - a real HS railway era. Further research and exploitation of HSR involves being familiar with many factors which determine optimal solutions in all its aspects. Factors do not influence performance of HSR and HST in particular way but rather in combined, synergic and correlated manner. Because of that one should know such interrelations between them in order to outthink still better solutions. Here we see the value of this work. Moreover, we are not preparing to design and build HST but to use them, to plan and build HS rail lines, including topography of the country. Because of that we shoud be familiar with HSR and HST surely not as R&D teams in world leading HST manufacturers, but not to be to much behind them in understanding all factors, as particular items or as their correlated combinations, and the way how they influence and determine HS railway system.

6. REFERENCES

1. UNDP Human Development Report 2014, Sustaining Human Progress
2. ENERGY SAVINGS 2020 - How to triple the impact of energy saving policies in Europe, 2010,
3. EU ENERGY IN FIGURES 2016, Statistical pocketbook 2016
4. Hay, William W (1982). "The economics of electrification". Railroad engineering. **1**. New York: Wiley. p. 137.
5. http://www.slideshare.net/utkarshsrivastav3/electric-traction-45321013
6. http://www.machinedesign.com/news/latest-high-speed-train-technology
7. Krug A., Steam vs. Diesel (http://www.railway-technical.com/trains/steam-vs-diesel.html)
8. Rhodes J., Steam vs. Diesel: A comparison of modern steam and diesel in the Class I railroad environment (http://www.internationalsteam.co.uk/trains/newsteam/modern50.htm)
9. Takaishi T. et al.,Approach to High Efficiency Diesel and Gas Engines, Mitsubishi Heavy Industries Technical Review. March 2008, 45 (1).
10. https://www.allianz-pro-schiene.de/en/press/press-releases/2012-19-electric-transport-federal-government-still-has-homework-to-do/
11. Strategija razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u republici srbiji od 2008. do 2015. godine, "Službeni glasnik RS", br. 4/2008
12. Energy consumtion and CO_2 emissions, International Energy Agency, Paris 2015
13. EU energy, transport and ghg emissions - trends to 2050
14. Kudinov I.A., Bondarev N.N., Эlektrovoz 4ЭS5K i эffekt ot ego primenenия, Vestnik Vserossiйskogo naučno-isledovatelьskogo i proektno-konstruktorskogo instituta эlektrovozostroenия, No:1 (69), God: 2015 Str: 3-13. (Kudinov I.A., Bondarev N.N., 4ES5K electric locomotive and its exploitation effect, OJSC VELNII)
15. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_largest_locomotives
16. https://www.scribd.com/doc/250463959/Elektricne-Lokomotive-Serije-441-1-Deo
17. http://www.bombardier.com/en/transportation/products-services/rail-vehicles/high-speed-trains.html
18. http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/038fce86fdc0a3bcc12578730053b5a3/$file/High-speed+rail+art.pdf

19. UK Department for Transport, Transport appraisal and strategic modelling (TASM) research reports and Rail network, https://www.gov.uk/government/publications/rail-demand-forecasting-estimation-study-phase-reports, 21 April 2017
20. Real Prospects for Energy Efficiency in the United States, Chapter: 3 Energy Efficiency in Transportation, National Academy of sciences, national academy of engineering, national research council of the national academieS, Washington, D.C. 2010 (https://www.nap.edu/read/12621/chapter/1)
21. Stodolsky, F., Gaines, L., Railroad and locomotive technology roadmap (https://www.osti.gov/scitech/biblio/925067)
22. Peeters P.M., Middel J., Hoolhorst A., Fuel efficiency of commercial aircraft: An overview of historical and future trends, National Aerospace Laboratory NLR, November 2005
23. Mangan J., Future of the Sea: Trends in the Transport of Goods by Sea, UK Government Office for Science, August 2017
24. Gellings C. W., Parmenter K. E., Energy Efficiency in Freight Transportation, Efficient use and conservation of energy – Vol. II - Encyclopedia of Life Support Systems
25. Rodrigue J-P., Comtois C., Transportation and Energy (https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch8en/conc8en/ch8c2en.html)
26. Takaishi, Tatsuo; Numata, Akira; Nakano, Ryouji; Sakaguchi, Katsuhiko (March 2008). "Approach to High Efficiency Diesel and Gas Engines" (PDF). Mitsubishi Heavy Industries Technical Review. 45 (1). Retrieved 2011-02-04.
27. Kondo K., Recent Energy Saving Technologies on Railway Traction Systems, IEEJ Trans. 2010; vol. 5, p. 298–303
28. https://truecostblog.com/2010/05/27/fuel-efficiency-modes-of-transportation-ranked-by-mpg/
29. http://sia.planning.unc.edu/pages/courses/EnergyTransportationLandUse/Plan547fall14/ Transportation Energy/
30. Molinski D., How to Transport Oil More Safely - Each method - pipeline, rail, boat or truck - has its pros and cons, Wall Street Journal, September 13, 2015
31. http://shrinkthatfootprint.com/shrink-your-travel-footprint (CO2)
32. Bouwman, Mirjan E An environmental assessment of the bicycle and other transport systems, University of Groningen, Netherlands, 2000
33. https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_efficiency_in_transportation#Trains
34. Andersson, E., Lukaszewitz, P., Energy consumption and related air pollution for Scandinavian electric passenger trains, Report KTH/AVE 2006, Stockholm
35. http://www.justmeans.com/blogs/energy-efficient-train-travels-over-230-mph-wins-german-design-award
36. http://www.bombardier.com/en/media/newsList/details.40976-bombardier-highlights-high-speed-expertise-at-seminar-in-china.bombardiercom.html
37. Hodas, S., Design of Railway Track for Speed and High-speed Railways, Procedia Engineering, Vol. 91, 2014, pp. 256-261
38. M. Lindal, Track geometry for high-speed railways, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2001
39. Vermeij, D. J., Design of high speed track, http://heronjournal.nl/45-1/3.pdf
40. Banverket, Spargeometrihandboken (Track geometry handbook), BVH 586.40, Banverket, Borlänge, 1996.
41. Bugarín, M., Orro, A., Novales, M., Geometry of High-Speed Turnouts, http://trrjournalonline.trb.org/doi/pdf/10.3141/2261-08
42. Lautala, P., Dick, T., Railway Alignment Design and Geometry, http://www.engr.uky.edu/~jrose/RailwayIntro/Modules/Module%206%20Railway%20Alignment%20Design%20and%20Geometry%20REES%202010.pdf
43. https://contest.techbriefs.com/2014/entries/automotive-transportation/4537
44. http://www.esteco.com/modefrontier/bombardier-uses-modefrontier-optimize-high-speed-trains
45. https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_electrification_system

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

PUT KOČENJA VOZA U ZAVISNOSTI OD NAČINA KOČENJA PRI PRIMENJENOM SISTEMU OSIGURANJA SIEMENS I60*

TRAIN BRAKING DISTANCE DEPENDING ON THE BRAKING METHODS AT APPLIED SAFETY SYSTEM SIEMENS I60

Dušan Vujović[a], Norbert Pavlović[b]

[a] *Visoka železnička škola strukovnih studija, Zdravka Čelara 14, 11000 Beograd, Srbija, dulevoz@gmail.com*

[b] *Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd, Srbija, norbert@sf.bg.ac.rs*

***Apstrakt**: U radu je pomoću različitih dijagrama kočenja prikazana promena brzine kretanja prilikom kočenja voza i način postizanja određene dužine zaustavnog puta. Sagledana je zavisnost između signalno sigurnosnih uređaja tipa Indusi I60 na pruzi i vozilima i mogućnosti i načina kočenja voza od strane mašinovođe. Za potrebe izrade dijagrama eksperimentalnim i iskustvenim putem prikupljani su podaci o mogućnostima i načinima kočenja teretnih i putničkih vozova u različitim situacijama. Pri proračunu dužine zaustavnog puta voza korišćeni su obrasci određenih UIC objava. Prikupljeni podaci i prikazi na dijagramima ukazuju na opasne situacije i brojne nepravilnosti do kojih dolazi pri kočenju vozova. Navedeni su uzroci nastanka opasnih situacija i sagledane moguće posledice kod prekoračenja propisane dužine zaustavnog puta. Izvedeni su zaključci za nekoliko karakterističnih opasnih situacija prilikom kočenja i predložene mere za ublažavanje i izbegavanje tih situacija u budućnosti.*

***Ključne riječi:** dijagrami kočenja, zaustavni put voza, SS uređaji Indusi I60, autostop uređaj*

***Abstract**: This paper shows the change of speed during train braking using different braking diagrams and the way to achieve a certain length of train stopping distance. It analyzes the correlation between the signaling and safety devices type Indusi I60 on the tracks and vehicles and the possibilities and ways of braking the train by the train driver. For the purposes to making train braking diagrams was used experimental and empirical data collected through the possibilities and ways of braking freight and passenger trains in different situations. In the calculation of the length of train stopping distance was used some UIC publication forms. The collected data and the diagram illustrations indicating dangerous situations and numerous irregularities which occur during braking of trains. These are the causes of hazardous situations and discussed possible consequences of exceeding the prescribed train stopping distance. Conclusions were made for several characteristic hazardous situation during braking and suggested measures for mitigation and avoid of these situations in the future.*

***Key words:** braking diagrams, train stopping distance, SS devices Indusi I60, train autostop device*

1. UVOD

Kako bi se obezbedila veća bezbednost u železničkom saobraćaju, rukovanje vožnjom voza ne treba prepustiti u potpunosti mašinovođi. Razvojem različitih sistema signalno –

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

sigurnosnih uređaja, mašinovođama je ograničena sloboda u samostalnom odlučivanju o načinu vožnje voza. Kod modernih sistema mašinovođa je u obavezi da stalno prati signale duž pruge ili signale kabinske signalizacije. Ukoliko ne postupi prema pravilima, u skladu sa pokazivanjima signalno – sigurnosnih uređaja, ovi uređaji mogu da zaustave voz nezavisno od volje mašinovođe.

Vremenom su razvijeni mnogobrojni tipovi signalno – sigurnosnih uređaja i sistema za automatsko zaustavljanje voza. Noviji tipovi uređaja rade na principu kontinualnog praćenja brojnih parametara kretanja voza. U pitanju je neprestano praćenje brzine kretanja voza u skladu sa postavljenim uslovima od strane signalno – sigurnosnih uređaja ili situacije na pruzi. Kod nekih sistema svako prekoračenje maksimalne dopuštene brzine kretanja voza u trajanju dužem od nekoliko sekundi automatski dovodi do kočenja voza.

Na klasičnim prugama, stariji sistemi koji su i dalje u upotrebi i široko rasprostranjeni, nemaju mogućnost kontinualnog praćenja brzine kretanja voza. Neki tipovi uređaja služe za kontrolu brzine kretanja samo onda kada je određenim signalnim znakom mašinovođi preneto naređenje da brzina voza mora da se smanji ili da se voz u potpunosti zaustavi. Kod tih sistema uređaji će omogućiti da se voz prinudno zaustavi onda kada to mašinovođa iz nekog razloga nije učinio.

Kod nas, najpoznatiji i najčešće korišćen tip signalno – sigurnosnih uređaja za automatsko zaustavljanje vozova je "Siemens Indusi 60". Neki od ovih uređaja rade na principu induktivnosti između različitih delova uređaja. Čine ih nepokretni, pružni delovi uređaja (balize pružnih signala) i pokretni delovi, lokomotivski prijemni delovi uređaja (lokomotivski prijemni deo „autostop" uređaja). U daljem delu rada biće govora samo o ovakvoj vrsti uređaja.

2. PRINCIP RADA SISTEMA ZA AUTOMATSKO ZAUSTAVLJANJE VOZA UREĐAJA TIPA SIEMENS I60

Prilikom prolaska lokomotivskog prijemnog dela autostop uređaja (lokomotivska prijemna glava) iznad pružnog dela autostop uređaja (u daljem tekstu pružna baliza ili baliza), strujno kolo lokomotivskog prijemnog dela autostop uređaja u nekim slučajevima stupa u interakciju sa strujnim kolom balize. Da li će da dođe do međusobne interakcije i kakva interakcija će da bude ostvarena između ova dva uređaja zavisi od signalnog znaka koji je dat signalom ili od ispravnosti delova pružnog signala, balize i lokomotivskog prijemnog dela autostop uređaja.

Ukoliko dođe do interakcije lokomotivske prijemne glave i pružne balize inicira se logički proces u autostop uređaju na lokomotivi. Taj proces može da se odvija u tri pravca:

- Prenošenje upozorenja mašinovođi da smanji brzinu kretanja voza;
- Zaustavljanje voza brzim kočenjem, ako mašinovođa ne postupi po proceduri;
- Brzo kočenje voza ako voz prođe pored balize signala sa crvenim pojmom (signalni znak „Stoj").

Sistem za automatsko zaustavljanje voza obuhvata:

- Lokomotivski uključni uređaj;
- Pneumatski kočioni sistem;
- Lokomotivske prijemne glave;

- Pružnu balizu;
- Brzinomerni uređaj.

Ovakav tip sistema za automatsko zaustavljanje voza i signalno – sigurnosnih uređaja primenjuje se za brzine kretanja do 160km/h.

Lokomotivska prijemna glava je sklop autostop uređaja u kome se induktivnim putem ostvaruje prenos informacija sa pružne balize na vozilo u pokretu. Sastoji se od tri namotaja sa feromagnetnim jezgrom koji sa odgovarajućim kondenzatorima obrazuju tri redna oscilatorna kola podešena na učestanost odgovarajućih tranzistorskih generatora (500Hz, 1000Hz, 2000Hz). U slučaju prelaska lokomotivske prijemne glave preko aktivne pružne balize (signalni kontakt u pružnoj balizi je otvoren) dolazi do induktivne sprege oscilatornog kola lokomotivske prijemne glave, podešenog na istu učestanost kao aktivno kolo pružne balize, odnosno do prenošenja energije iz strujnog kola lokomotivskog pružnog uređaja u strujno kolo pružne balize. U kolu lokomotivske prijemne glave dolazi do smanjenja struje što izaziva aktiviranje prijemnika impulsa u relejnoj grupi, koja je posebni deo lokomotivskog autostop uređaja.

Relejna grupa predstavnja deo logičkog kola lokomotivskog autostop uređaja. Uređaj prenosi informaciju o svom režimu rada na deo pulta u upravljačnici mašinovođe, koji služi za rukovanje autostop uređajem. U upravljačnici se informacije prikazuju kao svetlosna indikacija. Plava indikacija predstavlja režim rada autostop uređaja. Žuta indikacija govori o tome da je uključen režim provere brzine od strane autostop uređaja. Kada se mašinovođi prenosi opomena zvučnim signalom autostop uređaja i kada dođe do zavođenja brzog kočenja od strane uređaja, tada je upaljena crvena indikacija.

Pružne balize su drugi osnovni deo uređaja za indukcijsku automatsku kontrolu vozova, koje služe za prenos informacija sa pružnih signala na voz induktivnim putem, na bazi rezonantnih strujnih kola. Dakle, svrha pružne balize je da inicira logički proces u autostop uređaju, koji će dalje da upozorava mašinovođu da smanji brzinu voza, zaustavi voz ako mašinovođa ne postupi po proceduri i zavede brzo kočenje voza ukoliko je to potrebno.

Učestanost rada od 500 Hz koristi se na kontrolnim pružnim balizama. Ova pružna baliza ugrađuje se na rastojanju od 250m ispred glavnog signala (zaštitnog, ulaznog). Uloga joj je da se na tom mestu kontroliše brzina kretanja voza, ukoliko je signalnim znacima prethodnog signala definisano da brzina voza mora da se smanjuje do narednog signala (radi zaustavljanja voza ispred narednog signala ili zbog vožnje ograničenom brzinom posle narednog glavnog signala). Lokomotivska prijemna glava autostop uređaja, kada je autostop uređaj aktiviran prelaskom iznad prethodne pružne balize, po prelasku iznad kontrolne pružne balize vrši kontrolu brzine i ukoliko je bilo potrebno da se brzina kretanja smanji, a to nije učinjeno, autostop uređaj zavodi brzo kočenje voza.

Učestanost rada od 1000 Hz koristi se na pružnim balizama kada je na signalu neki od signalnih znakova za očekivanje ograničene brzine kretanja, ograničene brzine kretanja ili signalni znak za opreznu dalju vožnju. Dakle, pružna baliza radi na učestanosti od 1000 Hz onda kada se na signalu dvoznačne signalizacije nađe neki od sledećih signalnih znakova:

- „Oprezno, očekuj stoj“;
- „Slobodno, očekuj ograničenje brzine“;
- „Ograničena brzina, očekuj stoj“;
- „Ograničena brzina, očekuj ograničenje brzine“;

- „Ograničena brzina, očekuj slobodno ili oprezno“;
- „Oprezan ulazak u stanicu sa 10 km/h“(i „Oprezan prelazak preko rasputnice sa 10 km/h);

Odnosno, na signalu jednoznačne signalizacije:

- „Očekuj stoj“;
- „Očekuj ograničenje brzine“;
- „Ograničena brzina“.

Prelazak lokomotivske prijemne glave autostop uređaja iznad pružne balize u ovom slučaju inicira rad logičkog kola autostop uređaja za kontrolu brzine kretanja voza.

Kada je na signalu signalni znak: „Stoj“ ili kada je signal u mraku (neosvetljen), pružna baliza je aktivna za učestanost od 2000 Hz. Tada se prilikom prolaska lokomotivske prijemne glave autostop uređaja iznad pružne balize automatski inicira zavođenje brzog kočenja voza.

Kada je dozvoljena vožnja pored signala koji pokazuje signalni znak za zabranjenu dalju vožnju, onda mašinovođa „poslužuje“ autostop uređaj, korišćenjem tastera „vožnja pod nalogom“. Upotreba tog tastera sprečava da lokomotivski autostop uređaj aktivira proces brzog kočenja voza, kada lokomotivska prijemna glava autostop uređaja pređe iznad pružne balize, koja je aktivna na učestanosti od 2000 Hz.

U zavisnosti od vrste voza lokomotivski autostop uređaj radi u jednom od tri režima. Režimi rada autostop uređaja su 1, 2 i 3. Na Železnicama Srbije režim 1 rada autostop uređaja koristi se kod brzih i intercity vozova (ima nekoliko izuzetaka). Režim 2 koristi se u saobraćaju putničkih vozova. Ovaj režim rada koristi se i za brze vozove koji saobraćaju na pruzi Beograd – Bar. Režim 3 rada autostop uređaja koristi se za lokomotivske i teretne vozove.

Nezavisno od toga u kom režimu radi autostop uređaj, prilikom prolaska lokomotivske prijemne glave autostop uređaja iznad pružne balize, aktivne na učestanosti od 1000 Hz, mašinovođa je dužan da u roku od 4 sekunde pritisne taster „budnost“ i time spreči zavođenje kočenja voza. Pritiskom na taj taster, mašinovođa potvrđuje autostop uređaju da je svestan signalnog znaka na signalu. Iz bezbednosnih razloga autostop uređaj bi inicirao brzo kočenje voza, kada mašinovođa ne bi reagovao i pritisnuo taster „budnost“ u roku od 4 sekunde od trenutka prolaska iznad aktivne pružne balize.

2.1. Režim 1 rada autostop uređaja:

U režimu 1 autostop uređaja maksimalna dopuštena brzina vozova je 120 km/h (na Železnicama Srbije), a inače do 160 km/h. U trenutku prolaska lokomotivske prijemne glave iznad aktivne pružne balize u logičkom kolu autostop uređaja započinje merenje proteklog vremena. U 20. sekundi uređaj vrši kontrolu brzine kretanja voza i ukoliko je ona veća od 90km/h, uređaj inicira zavođenje brzog kočenja voza. Ukoliko je brzina kretanja voza u 20. sekundi manja od 90km/h, prestaje vremenska kontrola brzine od strane autostop uređaja.

2.2. Režim 2 rada autostop uređaja:

U režimu 2 autostop uređaja maksimalna dopuštena brzina vozova je 100km/h. U trenutku prolaska lokomotivske prijemne glave iznad aktivne pružne balize u logičkom kolu autostop uređaja započinje merenje proteklog vremena. U 26. sekundi uređaj vrši kontrolu brzine kretanja voza i ukoliko je ona veća od 65km/h, uređaj inicira zavođenje brzog kočenja

voza. Ukoliko je brzina kretanja voza u 26. sekundi manja od 65km/h, prestaje vremenska kontrola brzine od strane autostop uređaja.

2.3. Režim 3 rada autostop uređaja:

U režimu 3 autostop uređaja maksimalna dopuštena brzina vozova je 80km/h. U trenutku prolaska lokomotivske prijemne glave iznad aktivne pružne balize u logičkom kolu autostop uređaja započinje merenje proteklog vremena. U 34. sekundi uređaj vrši kontrolu brzine kretanja voza i ukoliko je ona veća od 50km/h, uređaj inicira zavođenje brzog kočenja voza. Ukoliko je brzina kretanja voza u 34. sekundi manja od 50km/h, prestaje vremenska kontrola brzine od strane autostop uređaja.

3. PRESTANAK RADA AUTOSTOP UREĐAJA KAO SIGURNOSNOG UREĐAJA

Kada dođe do zavođenja brzog kočenja voza, koje je inicirano od strane autostop uređaja, prestanak dejstva autostop uređaja nastupiće 7 sekundi posle pražnjenja glavnog vazdušnog voda. Tek tada može da se uspostavi proces otkočivanja voza.

Jasno je da u svakom režimu rada autostop uređaja po isteku vremenske kontrole brzine kretanja voza, kada je ona manja od predviđene, prestaje njegova sigurnosna uloga. Takođe, zadavanje komande brzog kočenja voza prestaje posle 7 sekundi od trenutka skoro potpunog pražnjenja glavnog vazdušnog voda. To može da predstavlja problem kod nekih vozova, koji se ne bi zaustavili, bez obzira što je glavni vazdušni vod ispražnjen.

Primer za to su lokomotivski vozovi i kratki vozovi za prevoz putnika, kod kojih značajan deo kočne mase pripada vučnom vozilu. Zapravo, većina vučnih vozila opremljena je tasterom za otkočivanje lokomotivske kočnice. Korišćenje tog tastera predviđeno je prilikom kočenja voza kočnikom produžne kočnice, kada je dovoljna kočna sila uspostavljena kočnicama vučenih vozila, kako bi se rasteretile kočnice vučnog vozila. Upotrebom tastera „otkočivanje lokomotivske kočnice“ ispušta se vazduh iz svih kočnih cilindara na lokomotivi.

Upotreba otkočnika na vučnim vozilima predviđena je kako bi se izvršilo delimično ili potpuno otkočivanje točkova, da ne bi došlo do proklizavanja ili klizanja točkova po šinama prilikom energičnog kočenja. Takođe, upotreba otkočnika masovno je prisutna i zbog manjeg trošenja venaca bandaža točkova vučnog vozila, koje je opremljeno klasičnim kočionim papučama, koje naležu na kotrljajuću površinu točka.

U slučajevima kada znatan deo kočne mase voza pripada vučnom vozilu, prilikom zavođenja brzog kočenja od strane autostop uređaja i istovremenom upotrebom otkočnika lokomotivske kočnice, voz nema dovoljnu kočnu masu da se zaustavi na potrebnoj dužini zaustavnog puta. Razlog tome je brzo pražnjenje glavnog vazdušnog voda, koje dovodi do kočenja kočnica samo na vučenim vozilima. Tako kočen voz u nekim slučajevima neće se zaustaviti ni po isteku 7 sekundi od trenutka potpunog pražnjenja glavnog vazdušnog voda. Tada prestaje dejstvo autostop uređaja i do ponovne aktivacije autostop uređaja može da dođe samo prilikom nailaska na sledeću pružnu balizu. Do tada kontrola brzine kretanja voza prepuštena je mašinovođi.

Dovođenje voza u nebezbednu situaciju, kretanjem prekoračenom brzinom, od strane mašinovođe, onda kada je signalni znak zadao smanjivanje brzine kretanja, a autostop uređaj

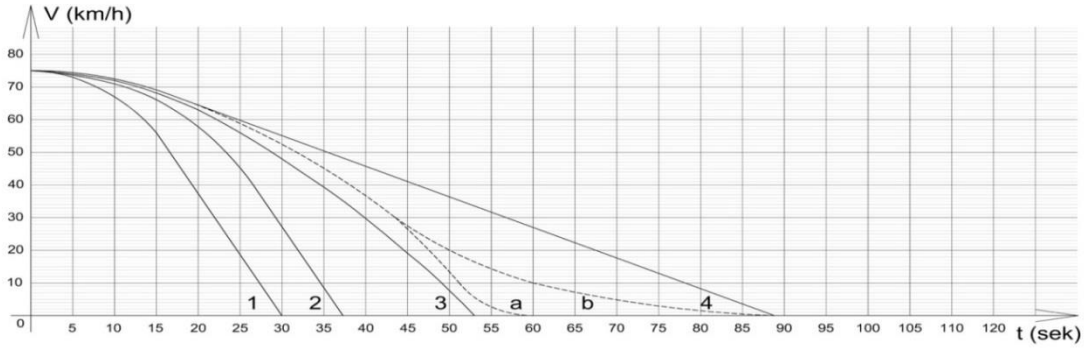
ispravno radi, može da se postigne na još jedan način. Mašinovođa je u obavezi da prilagodi brzinu kretanja voza, tako što će u određenom vremenu da je smanji ispod određene vrednosti, zavisno od režima rada autostop uređaja.

Kada se završi vremenska kontrola brzine kretanja voza od strane autostop uređaja, to se često postigne na velikoj udaljenosti od sledećeg signala (ulaznog signala) i na još većoj udaljenosti od mesta na kojem bi trebalo da se vozi ograničenom brzinom (skretničko područje iza ulaznog signala). U praksi mašinovođe neretko pribegavaju povećavanju brzine kretanja voza kada istekne vremenska kontrola brzine kretanja. Ukoliko je rastojanje do sledećeg signala veliko, brzina kretanja voza može toliko da se poveća, da prvim sledećim kočenjem voz ne može da se zaustavi ili dovoljno uspori do mesta predviđenog za zaustavljanje ili vožnju ograničenom brzinom. Tada ni zavođenje brzog kočenja od strane autostop uređaja ne može da spreči mogući nastanak vanrednog događaja (na primer preletanje sledećeg signala, koji pokazuje signalni znak „Stoj“).

4. KRETANJE VOZA U RAZLIČITIM SITUACIJAMA KADA JE POTREBNO ZAUSTAVITI VOZ ILI SMANJITI BRZINU KRETANJA

Prilikom neregularnog kočenja voza, a u skladu sa pravilima definisanim signalnim znacima signala i pravilima rada autostop uređaja, dolazi do promene vremena kočenja voza. Takođe, te neregularnosti dovode i do nebezbednog produžavanja puta kočenja i zaustavnog puta voza.

Da bi se lakše stekao uvid u ovu problematiku, potrebno je grafički prikazati problem. Dijagramima kretanja može da se predstavi grafička interpretacija promene brzine voza u vremenu. Na sledećem dijagramu (Slika 1) predstavljen je spektar krivih funkcija brzine u vremenu.



Slika 1. Dijagram promene brzine kretanja voza u vremenu prilikom kočenja uz upotrebu različite kočne sile (1 – brzo kočenje, 2 – potpuno kočenje, 3 – normalno kočenje prosečnom kočnom silom, 4 – kočenje početnim stepenom kočenja, a – pravilno kočenje radi smanjivanja zaustavnog vremena i zaustavnog puta, b – pravilno kočenje radi smanjivanja zaustavnog puta i izbegavanja trzaja prilikom zaustavljanja)

Postoje mnogobrojni slučajevi lošeg, nedozvoljenog ili nepravilnog rukovanja kočnicama voza od strane mašinovođe. U slučajevima propisanog načina rukovanja kočnicama u skladu sa signalnim znacima na signalima i u skladu sa režimima rada autostop uređaja, mogu da nastanu brojne nepravilnosti u radu. Postoji mnogo kombinacija rukovanja uređajima autostopa i kočnicama voza, koje spadaju u neregularnosti u radu. Iz praktičnih

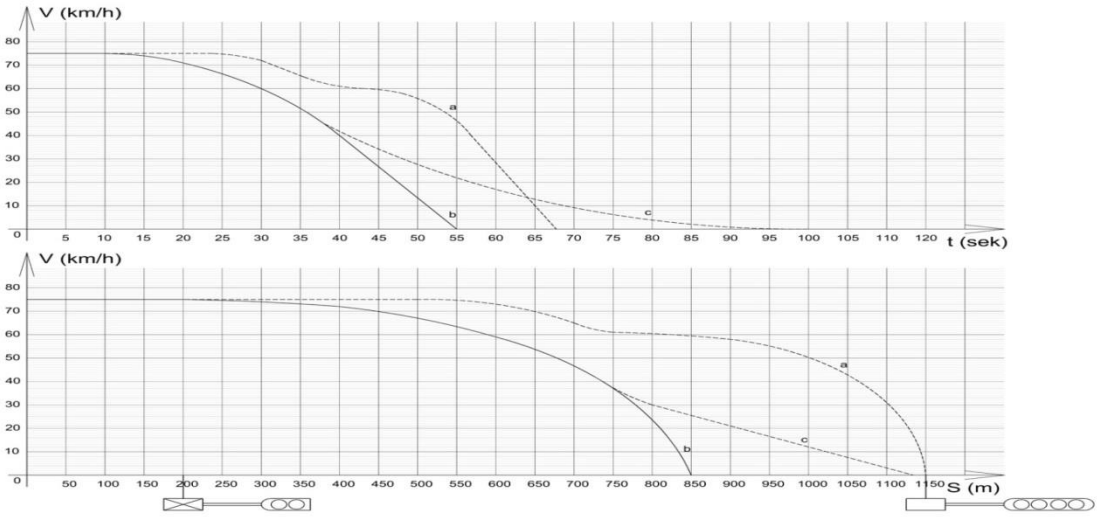
razloga biće prikazane samo neke od situacija nastalih tokom nepravilnog i nepropisnog rada. Uz njih biće prikazan i pravilan način rada. Neka su za sve razmatrane slučajeve sledeći uslovi:

- Na predsignalu ulaznog signala je signalni znak: „Očekuj stoj“;
- Na ulaznom signalu je signalni znak: „Stoj“;
- Brzina kretanja voza do predsignala je 75km/h;
- Režim rada autostop uređaja je 2;
- Rastojanje predsignala od ulaznog signala iznosi 950m;
- Posmatrani deo trase je u pravcu i horizontali;
- U pitanju je prosečni vozni sastav (Vujović, 2015.).

Dužina zaustavnog puta i vreme potrebno za zaustavljanje, za potrebe izrade ovog dela rada, biće usvojeni kao prosečne vrednosti, dobijene na osnovu krive 3 normalnog kočenja i krive 1 brzog kočenja, sa dijagrama kočenja prikazanog na slici 1 ovog rada.

Dužina zaustavnog puta voznog sastava, na delu trase bez nagiba, pri brzini od 75 km/h i uz prosečnu kočnu silu, pri zaustavljanju iznosi 650m, a zaustavno vreme 55 sekundi. Prilikom brzog kočenja moguće je zaustavljanje voznog sastava na kraćem rastojanju i ono iznosi 450m, uz zaustavno vreme od 30 sekundi.

4.1. Slučaj regularnog kretanja voza pri datim uslovima i oblast dopustivih vrednosti



Slika 2. Dijagrami promene brzine po vremenu i po pređenom putu, pri pravilnoj upotrebi autostop uređaja

Kriva a – kriva maksimalne brzine pri dva uzastopna brza kočenja;

Kriva b – kriva promene brzine prilikom potpunog kočenja bez otkočivanja;

Kriva c – kriva promene brzine prilikom postepenog otkočivanja do zaustavljanja

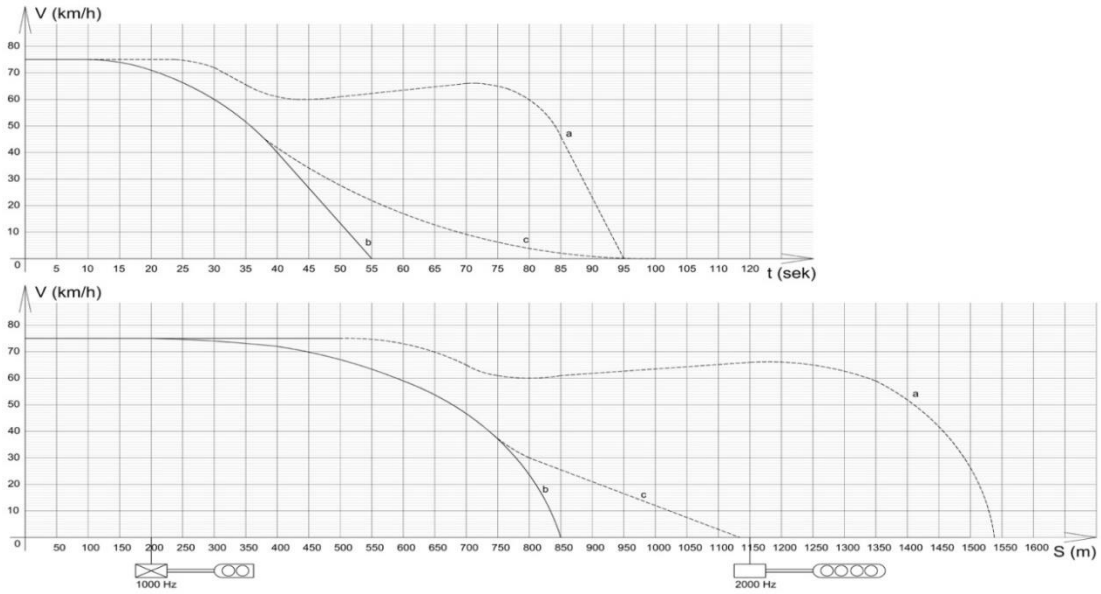
Oblast dopustivih vrednosti nalazi se u prostoru ispod isprekidane krive funkcije brzine od vremena, odnosno krive funkcije brzine od pređenog puta (Slika 2). Isprekidana linija predstavlja krivu promene brzine prilikom simulacije brzog kočenja sa jednim kratkotrajnim otkočivanjem.

Isprekidana linija krive funkcije „a“ predstavlja brzinu koja u periodu od 26 sekundi posle prolaska pružne balize predsignala, pri jednostepenom kočenju ne sme da bude prekoračena, jer bi došlo ili do brzog kočenja od strane autostop uređaja ili do preletanja ulaznog signala.

Prva situacija brzog kočenja prikazuje promenu brzine kada ona treba da bude svedena za 26 sekundi na brzinu od 64,5 km/h, a druga situacija kada voz mora da bude zaustavljen tačno na mestu ulaznog signala.

Puna linija krive funkcije „b“ predstavlja vrednost brzine, prilikom potpunog kočenja do zaustavljanja. Kriva isprekidana linija „c“ predstavlja nastavak na funkciju „b“, kada je nastupilo postepeno otkočivanje do zaustavljanja.

4.2. Slučaj nepravlnog kretanja voza pri datim uslovima (naknadno povećavanje brzine kretanja voza posle isteka vremenske kontrole od strane autostop uređaja), bez kontrolne pružne balize



Slika 3. Dijagrami promene brzine po vremenu i po pređenom putu, kod nepravilne upotrebe autostop uređaja

Kriva a – kriva maksimalne brzine kretanja i nepoštovanja pravila rada as uređaja;

Kriva b – kriva promene brzine prilikom potpunog kočenja bez otkočivanja;

Kriva c – kriva promene brzine prilikom postepenog otkočivanja do zaustavljanja

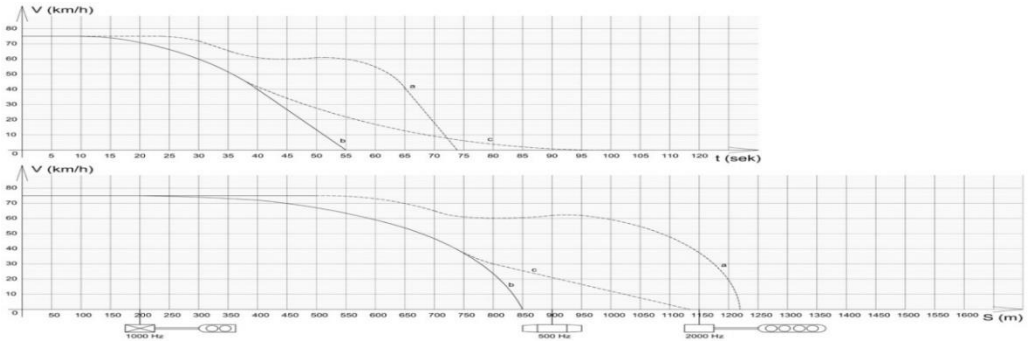
Pri načinu kretanja, koji je opisan krivom „a“ (Slika 3), primećuje se povećavanje brzine posle isteka vremenske kontrole brzine. Takav slučaj je veoma čest u praksi i može da bude veoma opasan. Zapravo, na mestima gde je udaljenost između predsignala i ulaznog signala (zaštitnog signala) dosta velika, mašinovođe često pribegavaju povećanju brzine kretanja, kako bi nadoknadili kašnjenje ili skratili vozno vreme. To rade obično na onim mestima gde po iskustvu očekuju promenu signalnog znaka na sledećem signalu, u periodu dok se približavaju istom. Ako ne nastupi promena signalnog znaka na signalu, uobičajeno je da se ponovnim zavođenjem procesa kočenja voz bezbedno zaustavi na za to predviđenom mestu (ispred signala). Ukoliko se ne sprovede proces kočenja voza na odgovarajući način ili ukoliko

mašinovođa bude sprečen da posle povećanja brzine ponovo sprovede kočenje, može da dođe do nedozvoljenog prolaska signala.

Pravilna procedura je da se od trenutka prolaska pored signalnog znaka na signalu, koji čini pružnu balizu aktivnom za učestanost od 1000 Hz, opsluži autostop uređaj u roku od 4 sekunde i da se brzina kretanja, u ovom režimu rada autostop uređaja, smanji ispod 65 km/h u roku od 26 sekundi. Ne postupajući po bilo kom od ova dva pravila, nastupa automatsko brzo kočenje voza. Postupanjem po pravilima, dužnost mašinovođe je da posle smanjivanja brzine kretanja ispod 65 km/h dalju brzinu kretanja voza prilagodi preostaloj dužini zaustavnog puta do sledećeg signala.

Ukoliko mašinovođa to ne učini, nastupa prinudno zaustavljanje voza, prolaskom pored sledećeg signala, čija je baliza aktivna na učestanosti od 2000Hz. Zaustavni put kočenja voza u ovom slučaju počinje pored signala, a završava se nekoliko stotina metara dalje. Ako je zaštićeno područje iza signala (najčešće skretničko područje) na udaljenosti manjoj od kraja zaustavnog puta, dolazi do ugrožavanja bezbednosti rada na zaštićenom području. Zaštićeno područje u stanicama počinje mnogo bliže signalu koji ga štiti, jer tu spada i deo pružnog koloseka namenjen obavljanju manevarskih radnji do signalnog znaka „granica manevrisanja“. Taj signalni znak nalazi se neretko na udaljenosti manjoj od 100m od ulaznog signala, jer je za mogući „put preletanja“ namenjen deo pružnog koloseka u dužini od oko 50m iza signala. U primeru predstavljenom na dijagramu vidi se da je zaustavni put voza iza signala u dužini od nepunih 400m, što bi ozbiljno moglo da ugrozi kompletno, signalom zaštićeno područje.

4.3. Slučaj nepravlnog kretanja voza pri datim uslovima (naknadno povećavanje brzine kretanja voza posle isteka vremenske kontrole od strane autostop uređaja), sa kontrolnom pružnom balizom



Slika 4. Dijagrami promene brzine po vremenu i po pređenom putu, kod nepravilne upotrebe autostop uređaja i ugrađene kontrolne pružne balize

Da bi se sprečilo moguće nesavesno ponašanje mašinovođe, kontrolna pružna baliza je jedini način da se voz automatski zaustavi, onda kada se kreće neprilagođenom brzinom. Kontrolna pružna baliza u ovom primeru postavljena je na udaljenosti 250m od pružne balize ulaznog signala (Slika 4).

Naknadno ubrzavanje voza prekida se u trenutku nailaska lokomotivske prijemne glave iznad kontrolne pružne balize jer nastupa prinudno brzo kočenje voza. Zaustavni put u ovom slučaju završava se neposredno iza ulaznog signala, tako da nema ugrožavanja bezbednosti na širem području iza signala, uključujući skretničko područje, koje je udaljeno 100m ili više od ulaznog signala.

Ugrađivanjem kontrolne pružne balize postiže se veća bezbednost saobraćaja, ali ne može u potpunosti da se spreči moguće nesavesno ponašanje mašinovođe. Kada se voz kreće propisanom brzinom i manjom od one koju definišu signalno – sigurnosni i autostop uređaji, prolazak pored signala koji pokazuje signalni znak „Stoj“ i dalje je moguć uz upotrebu tastera „Vožnja pod nalogom“. Iz tog i drugih opisanih razloga jasno je da primenjeni sistem sigurnosnih uređaja na našoj železnici i većini železnica u okruženju nije dovoljan da svede ljudski faktor, u odlučivanju pri upravljanju kretanjem voza, na zanemarljivu vrednost ili da ga u potpunosti eliminiše.

5. ZAKLJUČAK

U radu su navedene neke posledice do kojih dovodi nepoštovanje pravila rada u skladu sa primenjenim sistemom signalno – sigurnosnih i autostop uređaja. Uređaji treba da budu tako osmišljeni i konstruisani da spreče negativno dejstvo ili radnju lica koje njima rukuje. To se ogleda u smislu ograničavanja slobode prilikom izvršenja nekih radnji. Kako je kod klasičnih vozova veliki deo upravljanja i rukovanja vožnjom i samim procesom kočenja prepušten određenim licima, mogućnost nastanka ljudske greške je uvek prisutna i iz tog razloga neophodan je dodatni uticaj kontole od strane pojedinih uređaja. Što je stepen sigurnosti određenog voznog sredstva viši, potreban je i viši nivo osiguranja bezbednog i sigurnog rada tokom upravljanja. To se kod klasičnih vozova postiže raznim sigurnosnim i bezbednosnim merama i uređajima, kao što su vremenska kontrola i kontrola brzine kretanja od strane autostop uređaja i kontrola budnosti. Na savremenijim železnicama prisutna je i kontrola brzine kretanja, kako tokom vožnje, tako i prilikom kočenja.

Nepravilnosti u načinu rukovanja kočnim uređajima i signalno – sigurnosnim i autostop uređajima često dovode do nastanka vanrednih događaja. Da bi se utvrdio uzrok nastanka vanrednog događaja potrebno je dobro poznavanje rada ovih uređaja. Ovaj rad može da bude koristan iz razloga što su u njemu izložene različite neželjene posledice usled nepravilnosti u načinu postupanja u skladu sa primenjenim sistemom osiguranja, kao i neke mogućnosti za njihovo sprečavanje.

ZAHVALNOST

Rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru Projekta broj 36012 koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i kao rezultat istraživanja uokviru bilateralnog Projekta između Republike Srbije i Republike Slovačke, broj SK-SRB-2016-024: :”Increasing of effectiveness of the railway transport services using the decision support systems

6. LITERATURA

Pajić D., Beograd (1970). *Kočnice i sistemi uređaja za zbijeni vazduh na železničkim vozilima,*

Vainhal V., Beograd (1991). Zavod za novinsko – izdavačku i propagandnu delatnost JŽ, *Kočnice i kočenje vozova,*

Vujović D., Saobraćajni fakultet Beograd (2015). Master rad, *Princip rada kočnica na železničkim vozilima i faktori koji utiču na dužinu zaustavnog puta.*

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

REGISTAR ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE*

REGISTER OF RAILWAY INFRASTRUCTURE

Milan Popović, Mirjana Džudović, Dejan Tošić
Direkcija za železnice, Nemanjina 6, 11000 Beograd, Srbija, milan.popovic@raildir.gov.rs, mirjana.dzudovic@raildir.gov.rs, dejan.tosic@raildir.gov.rs

***Apstrakt**: Analiza potrebe uspostavljanja registra železničke infrastukture u cilju ostvarivanja zahteva iz 4. paketa EU Direktiva i najavljenih izmena COTIF-a. Analiza novina uDirektivi o interoperabilnosti 2016/797 i nacrtima APTU i ATMF (Dodaci COTIF-a) vezanih za izdavanje dozvole za korišćenje vozila i obavezu prevoznika u pogledu provere tehničke usklađenosti vozila sa tehničkim karakteristikama pruga na kojima će saobraćati, Utvrđivanje načina na koji se novi zahtevi mogu ostvariti. Analiza elemenata registra železničke infrastrukture propisanih Odlukom Komisije 2014/880/EU. Jedini efikasan način za ostvarivanje zahteva iz Direktive o interoperabilnosti 2016/797 i nacrta APTU i ATMF za proveru usklađenosti vozila sa nameravanim područjem upotrebe i pravilne upotrebe vozila na kompatibilnim prugama je uspostavljanje registra železničke infrastrukture. Rad objašnjava neophodnost uspostavljanja registra infrastrukture i daje predlog mera u cilju ostvarivanja potrebnih zahteva.*

***Ključne riječi:** korišćenje, vozila, usklađenost, pruge*

***Abstract:** Analysis of the need to establish a railway infrastructure register in order to meet the requirements from the 4th package of EU Directives and announced amendments of COTIF. Analysis of new developments in the Interoperability Directive 2016/797 and draft APTU and ATMF (COTIF Appendices) related to issuing of authorisation for placing in service regarding examination of technical conformity of vehicles with technical characteristics of lines intended for their operation. Determination of the manner to meet new requirements. Analysis of elements of the railway infrastructure register laid down by the Commission Decision 2014/880/EU. The only efficient way to meet the requirements from the Interoperability Directive 2016/797 and draft APTU and ATMF for examination of conformity of vehicles with the intended field of use and regular use of vehicles on compatible lines is to establish a railway infrastructure register. The paper explains the necessity to establish a railway infrastructure register and proposes the measures to be taken in order to meet the necessary requirements*

***Key words**: use, vehicles, conformity, lines*

1. UVOD

Ovaj rad zasnovan je na uporednoj analizi merodavnih međunarodnih i nacionalnih propisa koji se odnose na Registar železničke infrastrukture (u daljem tekstu: RŽI) i ima za cilj da pokaže potrebu uspostavljanja RŽI i u državama koje nisu članice EU.

RŽI je skup tehničkih parametara železničke infrastrukture koji se odnose na sledeće strukturne podsisteme:

- infrastruktura;

* ***Pregledni rad***

- energija;
- kontrola, upravljanje i signalizacija (pružni deo).

Glavna svrha RŽI je da osigura transparentnost svojstava železničke mreže. Informacije koje pruža RŽI upotrebljavaju se za planiranje projektovanja novih železničkih vozila, pomoć u oceni usklađenosti vozova s prugama pre početka rada i za korišćenje kao referentne baze podataka.

Pri projektovanju železničkih vozila parametri RŽI koriste se kako bi se utvrdila svojstva infrastrukture na kojoj je predviđena upotreba železničkih vozila.

Prijavljeno telo (Notified Body – NoBo) proverava usklađenost strukturnih podsistema sa relevantnim tehničkim specifikacijama interoperabilnosti (u daljem tekstu: TSI). Korišćenjem RŽI može se izvršiti provera tehničke usklađenosti interfejsa strukturnog podsistema – železničkog vozila sa mrežom u kojoj se podsistem koristi.

Telo koje imenuje svaka država članica (Designated Body – DeBo) proverava usklađenost podsistema kada se primenjuju nacionalni tehnički propisi, pri čemu RŽI u tim slučajevima takođe može poslužiti za proveru tehničke usklađenosti interfejsa strukturnog podsistema – železničkog vozila sa mrežom u kojoj se podsistem koristi.

Usklađenost voza sa planiranom rutom mora se proveriti pre nego što se podnese zahtev za dodelom trase, što se postiže korišćenjem RŽI. Železnički prevoznik mora biti siguran da je planirana ruta pogodna za njegov voz, pri čemu:

- sva vozila u vozu moraju ispunjavati zahteve koje postavlja planirana ruta;i
- voz kao celina mora biti usklađen sa tehničkim ograničenjima koje postavlja planirana ruta.

Osnov za uspostavljanje RŽI u državama članicama EU je član 35. Direktive o interoperabilnosti železničkog sistema u Zajednici 2008/57 (u daljem tekstu: Direktiva o interoperabilnosti 2008/57).

Članom 35. Direktive o interoperabilnosti 2008/57 propisano je da svaka država članica obezbeđuje objavljivanje i ažuriranje registra infrastrukture, koji sadrži glavne karakteristike svakog podsistema ili dela podsistema i njihovu povezanost sa karakteristikama navedenim u TSI. Takođe je propisano da Evropska komisija usvaja specifikacije registra infrastrukture.

Prve specifikacije RŽI donete su 15. septembra 2011. godine kao Odluka Komisije broj 2011/633. Iste su zamenjene novom Odlukom Komisije 2014/880 od 26. novembra 2014. godine.

Države koje nisu članice EU a članice su Međuvladine organizacije za međunarodni prevoz železnicom (OTIF), ratifikacijom Konvencije ove organizacije (COTIF) preuzele su obavezu primene njenih odredbi.

Obaveza da države ugovornice uspostave RŽI nije još propisana COTIF-om. Pravni osnov za propisivanje ovog i drugih vrsta registara već postoji u članu 13. Dodatka G Konvencije – ATMF.

Nažalost, Sekretarijat OTIF-a ne pokazuje zainteresovanost da se počne raditi na donošenju bilo kakvih propisa iz nadležnosti OTIF-a koji imaju veze sa infrastrukturom. Tu pre svega mislim na Jedinstvene tehničke propise (JTP) koji su ekvivalent TSI u zakonodavstvu EU. JTP za podsisteme infrastruktura, energija i kontrola upravljanje i

signalizacija još nisu doneti, niti se njihova izrada planira u dogledno vreme, iako je u okviru COTIF-a definisan železnički sistem i strukturni i funkcionalni podsistemi koji ga čine (na isti način kao i u zakonodavstvu EU), a članom 8. Dodatka F Konvencije – APTU propisano je da se za svaki podsistem izrađuju JTP. S obzirom da JTP za stabilne podsisteme još nisu doneti, logično je da nije propisana ni obaveza uspostavljanja RŽI.

S druge strane, COTIF takođe propisuje da su železnički prevoznici odgovorni da su njihovi vozovi i vozila u njima usklađeni sa tehničkim karakteristikama rute (JTP Lokomotive i putnička vozna sredstava – Dodatak K). Kako proveriti tu usklađenost bez postojanja RŽI, nije objašnjeno.

Države članice EU su u obavezi da uspostave RŽI po osnovu zakonodavstva EU. Ostale države nemaju takvu obavezu postavljenu na međunarodnom nivou.

Usklađivanje nacionalnih zakona sa propisima EU zavisi od proklamovane politike za pristupanje EU. Konkretno, Republika Srbija je kao država kandidat za članstvo u EU u velikoj meri uskladila svoje propise iz oblasti železničkog saobraćaja sa propisima EU. Zakonom o bezbednosti i interoperabilnosti železnice propisana je obaveza uspostavljanja i vođenja RŽI, a podzakonskim aktom je propisana specifikacija tog registra tako što je u njega transponovana Odluka Komisije 2014/880.

2. METODE

U cilju pokazivanja neophodnosti uspostavljanja RŽI izvršena je analiza relevantnih međunarodnih propisa i nacionalnih propisa u Republici Srbiji koji se odnose ne samo direktno na uspostavljanje RŽI već i onih njihovih odredbi za čije pravilno i potpuno sprovođenje je neophodno koristiti RŽI.

Analizirani su sledeći propisi:

- Direktiva o interoperabilnosti 2008/57;
- COTIF sa dodacima F i G;
- Direktiva o interoperabilnosti 2016/797;
- Zakon o bezbednosti i interoperabilnosti železnice i relevantna podzakonska akta.

3. REZULTATI

Izdavanje dozvola za korišćenje vozila, kakvo je propisano Direktivom o interoperabilnosti 2008/57 i COTIF-om, potrebno je objasniti, kako bi se videla razlika između dosadašnjeg principa i novina koje donosi 4. paket direktiva, konkretno Direktiva o interoperabilnosti 2016/797 i uloga RŽI u tome.

3.1. Direktiva o interoperabilnosti 2008/57 i COTIF

Za izdavanje dozvole za korišćenje vozila podnosi se zahtev nadležnom organu uz koji se prilaže propisana potrebna dokumentacija.

Važenje dozvole za korišćenje vozila regulisano je na sledeći način:

- Ako je vozilo potpuno usklađeno sa relevantnim TSI/JTP tj. nije predmet otvorenih pitanja, specifičnih slučajeva ili odstupanja od primene TSI/JTP, dozvola važi u svim državama članicama EU i državama ugovornicama OTIF;
- Ako vozilo nije u potpunosti usklađeno sa relevantnim TSI/JTP tj. predmet je otvorenih pitanja, specifičnih slučajeva ili odstupanja od primene TSI/JTP, dozvola za njegovo korišćenje važi samo u državi gde je izdata, a da bi se koristilo u međunarodnom saobraćaju potrebno je tražiti i dobiti dodatnu dozvolu za korišćenje od nadležnog organa u svakoj narednoj državi;
- Dodatna dozvola za korišćenje izdaje se i za vozilo koje je u potpunosti usklađeno sa relevantnim TSI ako će se koristiti na infrastrukturama koje nisu usklađene sa TSI. Ovaj treći princip postoji samo u Direktivi 2008/57 ali ne i u COTIF-u, verovatno zato što JTP za fiksne podsisteme nisu doneti pa nema ni smisla govoriti o infrastrukturi koja jeste ili nije usklađena sa JTP.

EU propisi i propisi COTIF-a su ekvivalentni i nije bilo problema oko međusobnog priznavanja dozvola i primopredaje vozila između železničkih prevoznika iz EU i ne-EU država.

3.2. Direktiva o interoperabilnosti 2016/797

Direktiva o interoperabilnosti 2016/797 donosi nekoliko značajnih novina u odnosu na prethodnu.

Jedna novina se odnosi na proširenje elemenata koje sadrže TSI. Nove TSI sadržaće i parametre vozila i fiksnih podsistema koje proverava železnički prevoznik i postupke koji se primenjuju za proveru tih parametara nakon izdavanja odobrenja za stavljanje vozila na tržište, a pre prvog korišćenja vozila kako bi se osigurala usklađenost između vozila i pruga na kojima će oni saobraćati.

Druga novina odnosi se na zahtev za izdavanje odobrenja za stavljanje vozila na tržište (dozvola za korišćenje). Pored i do sada potrebne dokumentacije, u zahtevu se mora navesti planirano područje upotrebe vozila i priložiti dokaz o tehničkoj usklađenosti između vozila i infrastrukture na području upotrebe.

Treća novina odnosi se na važenje dozvole. Dosadašnji koncept važenja dozvole u zavisnosti od stepena usklađenosti sa TSI više ne postoji, već dozvola važi samo na području upotrebe koje se navodi u dozvoli. Pored toga u dozvoli se navode i vrednosti parametara navedene u TSI i, ako je primenjivo, u nacionalnim tehničkim propisima, za proveru tehničke usklađenosti između vozila i područja upotrebe.

U slučaju proširenja područja upotrebe podnosi se zahtev za ažuriranjem dozvole, uz dostavljanje dokaza o tehničkoj usklađenosti vozila sa proširenim područjem upotrebe. Parametri mreže na području upotrebe sa kojima treba proveriti usklađenost vozila definisani su u RŽI.

3.3. Najavljene izmene COTIF-a zbog usklađivanja sa novim EU propisima

Prateći nastale novine u zakonodavstvu EU, Tehnička Komisija OTIF-a je u junu 2017. g. pripremila izmene Dodatka Konvencije F – APTU i G –ATMF, koje će biti usvojene početkom 2018. godine.

U Dodatku APTU, u delu koji definiše sadržinu JTP, dodati su parametri vozila i fiksnih podsistema koje proverava železnički prevoznik i postupke koji se primenjuju za proveru tih parametara, kako bi se osigurala usklađenost između vozila i pruga na kojima će oni saobraćati. Ovo je ekvivalentno sa odgovarajućim odredbama Direktive o interoperabilnosti 2016/797.

U Dodatku ATMF, koji uređuje proceduru izdavanja dozvola za korišćenje vozila kao i principe njihovog važenja, uveden je pojam „područje upotrebe vozila" ali kao obična fraza bez praktične primene, jer nije istovremeno uvedena i obaveza dokazivanja da je vozilo koje se odobrava tehnički usklađeno sa infrastrukturom na području upotrebe. Zadržan je postojeći princip važenja dozvola kakav je objašnjen u podnaslovu Direktiva o interoperabilnosti 2008/57 i COTIF, tj. važenje dozvola u odnosu na potpunu ili delimičnu usklađenost sa JTP.

Takođe u Dodatku ATMF propisano je da dozvola za korišćenje vozila, pored ostalih podataka mora da sadrži i područje upotrebe vozila i vrednosti parametara navedene u JTP i, ako je primenjivo, u nacionalnim tehničkim propisima, za proveru tehničke usklađenosti između vozila i područja upotrebe. Čak je napisano da područje upotrebe vozila koja su potpuno usklađena sa JTP obuhvata sve države ugovornice, bez obzira da li je vozilo tehnički usklađeno sa njihovim infrastrukturama.

Ovim je ozbiljno narušen do sada strogo poštovan princip ekvivalentnosti između COTIF-a i EU propisa, koji je omogućavao nesmetanu razmenu i kretanje vozila.

Samo neki od problema koji mogu nastati zbog ovakve sadržine Dodatka ATMF su:

- Kako će se vozilo odobriti u EU ako podnosilac zahteva navede u području upotrebe i države koje nisu članice EU? Bez uspostavljenih RŽI u tim državama ne može se utvrditi i dokazati tehnička usklađenost vozila sa infrastrukturom na području upotrebe;
- Kako će železnički prevoznici proveriti parametre vozila i fiksnih podsistema kako bi se osigurala usklađenost između vozila/voza i pruga na kojima će oni saobraćati, ako ne postoji obaveza uspostavljanja RŽI? Ovo je naročito ozbiljno pitanje za strane železničke prevoznike ako im je omogućen pristup transportnom tržištu;
- Odredba da područje upotrebe vozila koja su potpuno usklađena sa JTP obuhvata sve države ugovornice može u praksi da bude opasna ako se pogrešno razume i primeni. Područje upotrebe po EU propisima podrazumeva i tehničku usklađenost vozila sa područjem upotrebe, dok to po COTIF-u uopšte nije slučaj.

3.4. Struktura i način korišćenja RŽI

Osnovni elementi RŽI su:

- deonice pruge;
- službena mesta;
- glavni koloseci;
- sporedni koloseci.

Deonica pruge je deo železničke pruge između susednih službenih mesta i može se sastojati od više koloseka (jednokolosečna, dvokolosečna i višekolosečna pruga).

Službeno mesto je bilo koje mesto za obavljanje radnji vezanih uz železnički prevoz, gde usluge prevoza vozovima mogu početi, završiti ili promeniti trasu i gde se mogu pružati

usluge železničkog prevoza putnika ili robe; službeno mesto ujedno može biti bilo koja lokacija na granici između dve države ili dva upravljača infrastrukture.

Glavni kolosek je svaki kolosek koji se koristi za kretanje vozova tokom pružanja usluge železničkog prevoza.

Sporedni kolosek je svaki kolosek unutar službenog mesta koji se ne koristi za kretanje vozova (npr. koloseci za gariranje, manevrisanje, pranje i čišćenje i sl.). Ovde spadaju i industrijski koloseci

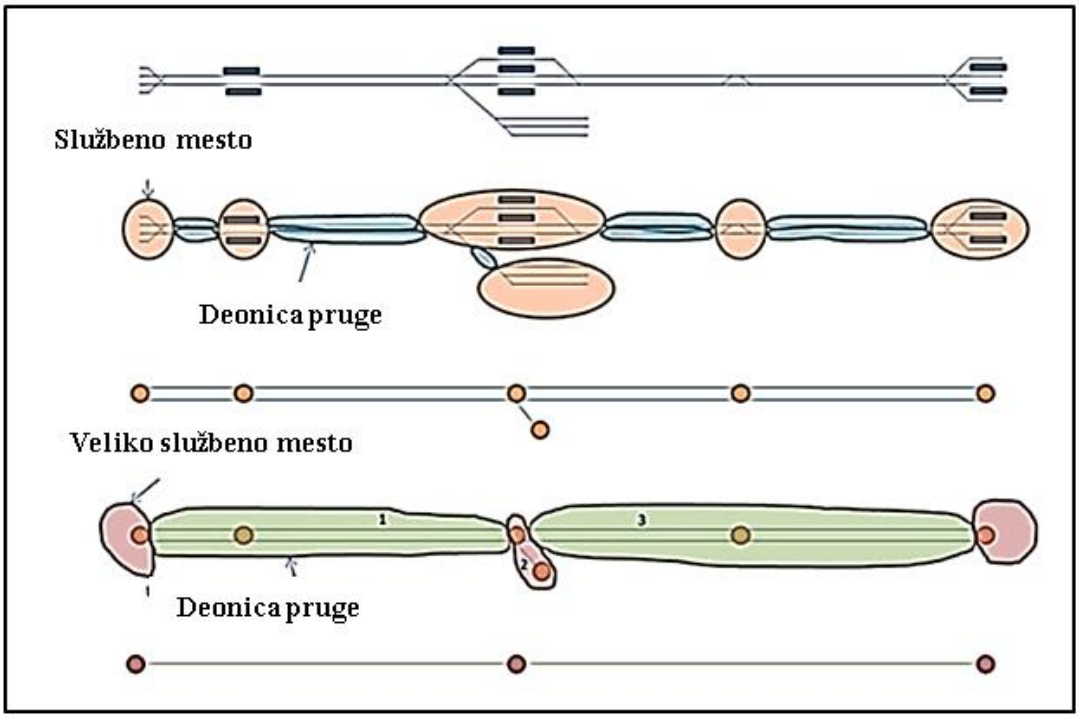
Podaci koji se objavljuju za deonice pruge odnose se na podsisteme:

- infrastruktura;
- energija;
- kontrola, upravljanje i signalizacija (pružni deo);

i dodeljuju se elementu glavni kolosek.

Podaci koji se objavljuju za službeno mesto odnose se samo na podsistem infrastruktura i dodeljuju se elementima glavni kolosek i sporedni kolosek.

Pruga se može prikazati detaljno (veći broj službenih mesta) ili uprošćeno (samo najveća službena mesta – rasporedne i ranžirne stanice i sl.). Na Slici 1 dat je primer detaljnog i uprošćenog prikaza pruge.



Slika 1. Detaljan i uprošćen prikaz pruge

Odluka Komisije 2014/880 o specifikaciji RŽI definiše parametre za svaki element i pripadajuće podsisteme na 25 strana u vidu tabele, tako da ih je u ovom radu nemoguće prikazati.

RŽI je dostupan za korišćenje putem zajedničkog korisničkog interfejsa – common user interface (CUI) koji uspostavlja i vodi Agencija za železnice Evropske Unije.

CUI je internetska aplikacija kojom se olakšava pristup podacima koje sadrže nacionalni RŽI.

Sistem RŽI obezbeđuje dva glavna interfejsa putem CUI:

- jedan interfejs namenjen je RŽI svake države članice kako bi dostavile/podignule kopije svojih celokupnih podataka za RŽI;
- drugi interfejs upotrebljavaju korisnici CUI kako bi se spojili sa sistemom RŽI i preuzeli informacije iz njega.

U centralnu bazu podataka CUI unose se kopije celokupnih podataka koji se nalaze u RŽI svake države članice. Konkretno, nacionalna registarska tela izrađuju datoteke u kojima će se nalaziti celokupni niz podataka dostupan u njihovom RŽI prema propisanim specifikacijama. Nacionalna registarska tela redovno ažuriraju, najmanje svaka tri meseca, podatke koji se nalaze u njihovom RŽI. Jedno ažuriranje mora se podudarati sa datumom godišnjeg objavljivanja Izveštaja o mreži.

Nacionalna registarska tela zatim šalju datoteke CUI preko interfejsa posebno određenog za tu svrhu. Poseban modul obezbeđuje validaciju i slanje podataka koje dostavljaju nacionalna registarska tela.

Podaci koje pošalju nacionalna registarska tela javno su i bez ikakve izmene dostupni u centralnoj bazi podataka CUI. Osnovna funkcionalnost CUI omogućuje korisnicima da pretražuju i preuzimaju podatke iz željenog RŽI.

Uspostavljanje RŽI je dugotrajan posao. Odluka Komisije 2014/880 o specifikaciji RŽI definiše rokove za unos podataka o prugama u periodu od 9 do 26 meseci od njenog stupanja na snagu, u zavisnosti od značaja pruga i vremena njihovog puštanja u rad, a podatke o privatnim kolosecima treba uneti u roku od 4 godine.

U nacrtu Pravilnika o specifikaciji Registra infrastrukture Direkcija za železnice predvidela sledeću dinamiku unosa podataka u RŽI:

- podaci o magistralnim prugama prikupiće se i uneti u RŽI najkasnije godinu dana od stupanja na snagu pravilnika;
- podaci o regionalnim i lokalnim prugama prikupiće se i uneti u RŽI najkasnije dve godine od stupanja na snagu pravilnika;
- podaci koji se odnose na industrijske koloseke prikupiće se i uneti u RŽI najkasnije tri godine od stupanja na snagu ovog pravilnika;
- podaci koji se odnose na pruge i industrijske koloseke puštene u rad nakon stupanja na snagu pravilnika, unose se u RINF odmah po puštanju u rad.

Republički sekretarijat za zakonodavstvo je osporio postojanje zakonskog osnova za propisivanje ovih rokova, tako da je pravilnik donet bez njih i stupio je na snagu 22.2.2017. godine.

U toku je izrada novog Zakona o interoperabilnosti železničkog sistema u kome je predviđeno da se podzakonskim aktom o RŽI definišu i rokovi za unos potrebnih podataka.

4. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu navedene novine kako u zakonodavstvu EU tako i u COTIF-u, značaj propisivanja obaveze uspostavljanja RŽI na nivou COTIF-a dolazi do punog izražaja.

RŽI je moćna i efikasna alatka za proveru usklađenosti između vozila i infrastrukture na kojoj će se vozila koristiti. To ne isključuje mogućnost da nadležni organi zahtevaju i izvršenje testova vozila na određenim prugama kada to ocene neophodnim, ali se provera tehničke usklađenosti vozila i infrastrukture u najvećoj meri može ostvariti korišćenjem RŽI.

Jednostavnim upoređivanjem karakteristika vozila definisanim u njihovoj tehničkoj dokumentaciji i parametrima navedenim u dozvoli za korišćenje sa karakteristikama konkretnih železničkih pruga prikazanim u RŽI može se lako utvrditi međusobna tehnička usklađenost. Bez postojanja RŽI to je praktično nemoguće utvrditi.

Posebno je važno uspostaviti registar infrastrukture u državama ugovornicama OTIF koje nisu članice EU jer države članice EU već imaju tu obavezu. Potrebno je da zainteresovane države zajednički podnesu predlog OTIF-u da propiše obavezu uspostavljanja registra infrastrukture i njegovu specifikaciju, ali istovremeno i da predlože da se napišu i usvoje i odgovarajući JTP koji se odnose na fiksne strukturne podsisteme.

5. LITERATURA

Direkcija za železnice, (2017). Pravilnik o specifikaciji registra infrastrukture. *Službeni glasnik RS broj 10/17*.

European Commission, (2014). Commission implementing decision of 26 november 2014 on the common specifications of the register of railway infrastructure and repealing Implementing Decision 2011/633/EU(2014/880/EU), 32014D0880. *OJ L 356, 12.12.2014, p. 489–519.*

European parliament and the council, (2016). Directive (EU) 2016/797 of the european parliament and of the council of 11 May 2016 on the interoperability of the rail system within the European Union, 32016L0797. *OJ L 138, 26.5.2016, p. 44–101*.

Narodna skupština Republike Srbije, (2013,2015). Zakon o bezbednosti i interoperabilnosti železnice. *Službeni glasnik RS br. 104/13, 66/15 -dr. zakon i 92/15*.

OTIF, (2017). Draft modified APTU, TECH-17002-CTE10-6.2 (http://otif.org/en/?page_id=1025, 15.08.2017).

OTIF (2017). Draft modified ATMF, TECH-17003-CTE10-6.3a (http://otif.org/en/?page_id=1025, 15.08.2017).

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

DEFINISANJE I VREDNOVANJE KRITERIJUMA ZA OCJENU EFIKASNOSTI ŽELJEZNIČKIH OPERATERA*

DEFINING AND ASSESSMENT OF CRITERIA FOR THE EVALUATION OF EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF RAILWAY UNDERTAKING

Aleksandar Blagojević[a], Gordan Stojić[b], Mladen Kuravica[c], Sanja Petković[d], Života Đorđević[e]

[a] *Visoka škola za primijenjene i pravne nauke „Prometej“ Knjaza Miloša 10a, Banja Luka, 51000, BiH, aleksandar.blagojevic23@gmail.com*

[b] *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, 21000, Srbija, gordan_st@yahoo.com*

[c] *Železnice RS, Svetog Save 71, Doboj, 74000, BiH, kuravicam@gmail.com*

[d] *Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Mišića 52, Doboj, 74000, BiH sanja_88_simic@yahoo.com*

[e] *Železnice Srbije, Nemanjina 6, Beograd, 11000, Srbija, zivota.djordjevic@srbrail.rs*

***Apstrakt**: Osnovni cilj evropske politike železničkog transporta je osnivanje jedinstvenog železničkog prostora. Otvaranjem železničkog sektora tržišnoj konkurenciji železnički operateri primorani su da se ponašaju kao i sva druga savremena preduzeća na drugim tržištima i u drugim industrijama, što znači da moraju konstantno razvijati i održavati konkurentske prednosti, odnosno da budu bolja od drugih. U današnjim konkurentski vrlo intenzivnim uslovima to je i najteže postići. Pred železničkim operaterima je postavljen izazov koji podrazumijeva pronalaženje optimalnih rješenja da posluju efikasno i efektivno, da bi na transportnom tržištu ne samo opstali, već i da razviju i održavaju svoje konkurentske prednosti. Širok je spektar kriterijuma koji mogu biti proučavani kada je u pitanju efikasnost železničkih operatera. Cilj ovog istraživanja je da se definišu i vrednuju kriterijumi koji utiču na efikasnost železničkih operatera i povećanje konkurentske sposobnosti istih.*

***Ključne riječi:** železnički operater, efikasnost, kriterijum, fazi AHP*

***Abstracts**: The main objective of the European policy of rail transport is the development of a single railway area. The opening of railway sector to market competition impose that railway undertakings behave like any other modern enterprises in other markets and in other industries. It means, they must constantly develop and maintain competitive advantages, and be better than others. In today's very intense competition conditions this is the most difficult to achieve. The railway undertakings are challenged to find optimal solutions to operate efficiently and effectively, in order not only to survive on the transport market, but also to develop and maintain a competitive advantage. A wide range of criteria can be studied when it comes to the efficiency of railway undertakings. The aim of this study is to define and evaluate the criteria that influence the efficiency of railway undertakings and increasing of their competitive ability and to propose a model for the evaluation of the effectiveness and efficiency of railway undertakings in order to increase the competitive ability.*

***Key words:** Railway undertaking, efficiency, criteria, fuzzy AHP*

* ***Originalni naučni rad***

1. UVOD

Danas, savremeno poslovanje prvenstveno podrazumijeva izrazito zahtjevnu tržišnu borbu, bez obzira na to da li se radi o proizvodnji ili pružanju transportnih usluga. Oštra konkurencija zahtijeva da organizovanost kompanija postane centralna determinanta poslovanja, a aktivnosti koje se sprovode budu potpuno usklađene i finansijski isplative, kako za nosioca, tako i korisnika usluga. U cilju opstanka na tržištu, kompanije nastoje da pronađu optimalan odnos između uloženih resursa i ostvarenih ciljeva.

Željeznički sistem u Evropi nalazi se u ciklusu velikih promjena. Promjene se događaju u svim dijelovima saobraćajnog sistema, a najveći je u željezničkom sektoru i to na području organizacije preduzeća i položaja željeznice u saobraćajnom sistemu država. Imajući u vidu da je većina željezničkih uprava bila organizovana na nacionalnom nivou, a da su pri tome imali monopolski položaj na nacionalnom željezničkom tržištu, kao logično rješenje nametnulo se uvođenje jedinstvenog željezničkog tržišta i konkurencije na njemu. Evropska unija želi efikasniju željeznicu, koja nije sputana granicama država i koja će poslovati po principima tržišne ekonomije. Otvaranjem željezničkog sektora tržišnoj konkurenciji željeznički operateri primorani su da se ponašaju kao i sva druga savremena preduzeća na drugim tržištima i u drugim industrijama, što znači da moraju konstantno razvijati i održavati konkurentske prednosti, odnosno da budu bolja od drugih. U današnjim konkurentski vrlo intenzivnim uslovima to je i najteže postići. Pred željezničkim operaterima je postavljen izazov koji podrazumijeva pronalaženje optimalnih rješenja da posluju efikasno i efektivno, da bi na transportnom tržištu ne samo opstali, već i da razviju i održavaju svoje konkurentske prednosti. Da bi se ocijenilo pravilno izvođenje operacija u prevozu putnika i robe željeznicom, odnosno efikasnost željezničkih operacija, neophodno je definisati i odrediti odgovarajuće indikatore. Imajući u vidu da efektivnost u željezničkom saobraćaju čini broj usluga u ponudi i sadržaji usluga koje su realizovane, neophodno je da se odrede kriterijumi koji mogu da definišu efikasnost.

Donošenje odluke o izboru kriterijuma za ocjenu efikasnosti i efektivnost željezničkih operatera je veoma složen proces i spada u domen strateških odluka. Donošenje ove odluke je u funkciji upravljanja željezničkim operaterom i kao takva, ova aktivnost je složena, kreativna i permanentna. Da bi donijeli odluku o izboru kriterijuma za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera, neophodno je vrednovanje predloženih varijantnih rješenja različitih kriterijuma. Kako ih vrednovati ključno je pitanje kod opredjeljenja metode. Širok je spektar kriterijuma koji mogu biti proučavani kada je u pitanju efikasnost i efektivnost željezničkih operatera. U većini slučajeva postoji više kriterijuma koji su vrlo često međusobno konfliktni. Za izbor najbolje metode vrednovanja ili odlučivanja kod izbora kriterijuma dosadašnja iskustva i literatura iz ove oblasti ukazuju da problem treba rješavati metodama višekriterijumskog odlučivanja. U ovom radu je ekspermentisano sa jednom od najpopularnijih metoda za donošenje odluka danas - Fazi Analitičko Hijerarhijski Proces (FAHP).

2. FAZI ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES (FAHP)

Metoda Analitički hijerarhijski proces (AHP) koju je razvio Tomas Saaty je vrlo raširena, u upotrebi je već preko 25 godina i razvijen je veći broj softvera za njenu podršku u primjeni. Ova metoda predstavlja alat u analizi odlučivanja, kreiran da pruži pomoć donosiocima odluke u rješavanju kompleksnih problema odlučivanja u kojima učestvuje veći

broj donosilaca odluke, veći broj kriterijuma i u višestrukim vremenskim periodima. Detaljna objašnjenja ove metode su data u mnogim literaturama koja tretiraju teoriju odlučivanja. U tom smislu u radu se prikazuje novi pristup metode AHP primjenom intervalnih fuzzy brojeva i primjena modifikovane metode fuzzy AHP u definisanju i vrednovanju kriterijuma koji utiču na ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera.

Različite metode za prevođenje prethodno pomenute AHP metode u njen fazi oblik date su u literaturi (Bottani, 2005.; Mikhailov, 2002). Dalje, u radu (Van Laarhoven i Pedrcyz, 1983) predlaže se prva studija koja uvodi principe fazi logike u AHP metod, u kojoj se koriste trouglasti fazi brojevi. Istovremeno, istraživanje iz Buckley (1985), inicira da se trapezoidnim fazi brojevima izražavaju procjene donosilaca odluka dok su autori studije (Boender i sar. 1989) predstavili modifikaciju fazi višekriterijumske metode koja je predložena u radu Chang (1996). U istraživanju iz rada (Chang, 1996) težine kriterijuma se izračunavaju kao minimizacija logaritamske regresione funkcije. Na taj način, težine alternativa se računaju po svakom kriterijumu ponaosob, dok se agregacijom izračunatih težina može odrediti fazi konačan rezultat alternativa. Studija (Cebi i Bayraktar, 2003) predstavlja jedan novi pristup za rješavanje fazi AHP (FAHP) koji koristi trouglaste fazi brojeve. Ovaj pristup nazvan je prošireni analitički metod koji se može sumirati na sljedeći način: definisati funkciju pripadnosti za svaki atribut i pod-atribut, zatim izračunati njihov stepen pripadnosti i na kraju primijeniti fazi AHP za agregaciju težina. Takođe, Vesković S., i dr. (2015) primjenjuju FAHP za vrednovanje kriterijuma obaveza javnog prevoza.

Fazi skupovi generalno koriste trouglaste, trapezoidne i Gausove fazi brojeve, koji konvertuju neizvjesne brojeve u fazi brojeve. Korišćenje komplikovanijih fazi brojeva kao što su trapezoidni ili Gausovi, omogućava precizniji opis problema odlučivanja. Međutim, trouglasti fazi brojevi se takođe dosta primjenjuju i to naročito u sljedećim okolnostima:

- kada postoji veća kompleksnost izračunavanja kao posljedica složenosti funkcija,
- kada se pojednostavljuju fazi matematičke operacije usljed korišćenja trouglastih fazi brojeva,
- kada se teže definišu funkcije pripadnosti kao posljedica složenosti fazi brojeva i
- kada trouglasti fazi brojevi efikasno reprezentuju procjene koje su donijete od strane većeg broja donosilaca odluka.

Za rješavanje problema definisanja i vrednovanja kriterijuma za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera u ovom radu korišćeni su trouglasti fazi brojevi (Chang, 1996).

3. KRITERIJUMI ZA OCJENU EFIKASNOSTI I EFEKTIVNOSTI ŽELJEZNIČKIH OPERATERA ZA TRANSPORT PUTNIKA

U svrhu definisanja i vrednovanje kriterijuma izvršeno je istraživanje najčešće korišćenih kriterijuma za efikasnost i efektivnost željezničkih preduzeća iz dostupne literature. Na osnovu sprovedenog istraživanja zaključeno je da se koristi veći broj kriterijuma. Grupisanje kriterijuma u željezničkom sistemu se može izvršiti na različite načine. Sa aspekta nivoa mjerenja moguće je definisati kriterijume na strateškom, taktičkom i operativnom nivou. Željeznički sistemi predstavljaju kompleksne sisteme sa brojnim, međusobno uslovljenim podsistemima, procesima i aktivnostima. Svaki podsistem, proces ili aktivnost karakterišu određeni kriterijumi. Na osnovu literature i određenih saznanja definisani su sljedeći kriterijumi za operatere za transport putnika koji su prikazani u tabeli 1, a po sličnom principu se mogu definisati i kriterijumi za operatere za transport robe.

Tabela 1. Kriterijumi za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkog operatera za transport putnika

Grupa	Kriterijumi
Kriterijumi resursa (kapaciteta)	Dužina mreže Raspoloživi broj voznih sredstava Broj zaposlenih
Operativni kriterijumi	Komercijalna brzina vozova za prevoz putnika Broj prevezenih putnika Putnički kilometri Vozni kilometri Realizacija reda vožnje – broj otkazanih vozova
Finansijski kriterijumi	Ukupan prihod Dobit po zaposlenom Troškovi električne energije Troškovi goriva Troškovi naknada za korišćenje željezničke infrastrukture
Kriterijumi kvaliteta usluga	Raspoloživost usluge Pogodnost - sposobnost ponuđenih usluga Stabilnost usluga Pouzdanost usluga
Kriterijumi bezbjednosti	Broj ozbiljnih nesreća po voznom kilometru Broj nesreća po voznom kilometru Broj incidenata po voznom kilometru

Detaljna obrazloženja, suština i značenje svih grupa kriterijuma data je u nastavku rada. Svi kriterijumu su sa linearnom preferencijom i ocjenjuju se prema lingvističkoj skali značaja date u tabeli 2.

1) Kriterijumi grupe resursa (kapaciteta). Prva grupa kriterijuma je razmatrana na osnovu dužine mreže, ukupnog broja zaposlenih i raspoloživog broja voznih sredstava željezničkih operatera. Efikasnost i efektivnost koju željeznički operateri postižu obavljajući svoju djelatnost, zavisi od rezultata rada koji su postignuti korišćenjem resursa (kapaciteta). Postoji potreba da se zna stanje resursa i u kojoj mjeri su resursi korišćeni. Kriterijum dužina mreže se odnosi na karakteristike mreže i uveliko utiče na efikasnost željezničkog operatera, odnosno za operatere je bitno da željeznička mreže bude razgranata i dobro povezana, a osim toga bitno je da je dobro povezana i sa međunarodnim linijama. Raspoloživi broj voznih sredstava su jedan od ključnih kriterijuma konkurentnosti željezničkih operatera na otvorenom transportnom tržištu. Osnovna sredstva željezničkih operatera koja imaju funkciju sredstava rada u procesu proizvodnje transportnih usluga su vozna sredstva. Vozna sredstva obuhvataju vučna sredstva, odnosno lokomotive i druga sredstva sa sopstvenim pogonom i vučena sredstva, odnosno sve vrste kola za transport putnika. Za željezničkog operatera od posebnog je značaja postići optimalan kapacitet koji podrazumijeva takvo korišćenje voznih sredstava kojim će se postići relativno najpovoljniji odnos između trošenja njihovih upotrebnih svojstava, s jedne, i njihovog proizvodnog učinka, s druge strane. Liberalizacijom tržišta dolazi do sve jače konkurecije između operatera kako po obimu tako i po kvalitetu transportne usluge pa je veoma važno raspolagati sa savremenim voznim sredstvima. Broj zaposlenih jedan je od najosjetljivijih segmenata procesa restrukturiranja željezničkog sektora. Sistemi željezničkih preduzeća opterećeni su znatnim viškom broja zaposlenih koji je sve više izražen zbog negativnog trenda željezničkog saobraćaja, dok se s druge strane javlja deficit radne snage koja posjeduje znanja i iskustva potrebna za zadovoljavanje novih zahtjeva tržišta. Broj zaposlenih je važna komponenta efikasnog poslovanja željezničkih operatera, jer u današnje vrijeme osnovu postizanja konkurentskih prednosti čine niski troškovi. Fiksni i operativni

troškovi poslovanja pod sve većim su pritiskom i uglavnom bilježe trendove rasta. Željeznički operateri su po svojoj prirodi radno intenzivno industrija, što znači da jedan od glavnih pokretača troškova predstavlja trošak zaposlenih. Navedena tvrdnja poprima još veću težinu, ako se uzme u obzir činjenica da gotovo sve tranzicijske države, odnosno sistemi njihovih željeznica, imaju vrlo nepovoljnu produktivnost broja zaposlenih.

2) Kriterijumi operativne grupe. Druga grupa kriterijuma je razmatrana na osnovu komercijalne brzine vozova za prevoz putnika, broja prevezenih putnika, realizovanih putničkih i voznih kilometara, ali i realizacije reda vožnje-broj otkazanih vozova. Komercijalna brzina se može posmatrati kao operativni i kao kriterijum kvaliteta usluge. Efikasnost i efektivnost željezničkih operatera indirektno zavisi od komercijalne brzine i vremena zadržavanja u željezničkim stanicama. Ako se uzme u obzir da organizacione mjere ne mogu značajno uticati na brzinu i vrijeme puta u toku obrta kola, može se zaključiti da, prema tom kriterijumu, odvijanje željezničkog saobraćaja zavisi od vremena zadržavanja, odnosno kriterijuma koji mogu biti pod uticajem organizacionih mjera. Drugim riječima, manja vremena zadržavanja, znače manji obrt kola i efikasniji transport. U uslovima daljeg razvoja željezničkog saobraćaja i uslovima sve većih zahtjeva koje privreda i stanovništvo postavljaju u pogledu brzine putovanja, odnosno transporta putnika, brzina saobraćajnih sredstava igraće sve značajniju ulogu u odlučivanju korisnika transporta pri izboru saobraćajnog puta. Zato će brzina transporta svakako biti jedan od najvažnijih faktora, koji se mora imati u vidu kada se vrše uporedne analize efikasnosti željezničkih operatera. Kriterijumi proizvodnog zadatka, transporta putnika, kao osnovne djelatnosti željezničkog operatera izražavaju se kroz broj prevezenih putnika. Željeznički operater transportom putnika ubire određene prihode preko kriterijuma koji daju mogućnost sagledavanja količine izvršenog rada. U transportu putnika to su putnički kilometri (proizvod broja prevezenih putnika i daljine prevoza). Željeznički operater izvršavajući transport izvršava određeni rad u putničkim kilometrima, što se smatra ostvarenom transportnom uslugom za koje se naplaćuje cijena za putnički kilometar. U kvantitativne kriterijume spadaju: broj otpremljenih i prispjelih putnika, kao i broj putnika koji tranzitiraju posmatranu prugu ili područje, ostvareni, odnosno planirani putnički kilometri. Za svaku stanicu utvrđuje se broj otpremljenih putnika na osnovu računa o prodatim voznim kartama, ili trebovanim službenim kartama. Broj prispjelih putnika posebno se ne evidentira, nego se obično uzima uslovno da je jednak broju otpremljenih putnika. *Putnički kilometri* određuju se po formuli:$\sum AL = \sum_{i=1}^{m}(\sum_{j=1}^{n} A_j\, l_j)_i$ gdje je *j=1,2,.,.,n* - broj različitih struktura putnika sa veličinom toka "A_j" prema dužinama relacija njihovog putovanja "l_j" na posmatranom pravcu, odnosno dionici "*j*". *Vozni kilometri* karakterišu rad lokomotiva i kola (elektro ili dizel motornih garnitura) na jednoj mreži ili po pojedninim prugama i određuju se na sljedeći način: $\sum NL = \sum_{i=1}^{m}(\sum_{j=1}^{n} N_j\, l_j)_i$ gdje je: N_j - broj putničkih vozova na posmatranoj relaciji "*j*", dužine "l_j" kilometara, na pruzi, dionici ili željezničkom transportnom preduzeću. Analogno se mogu odrediti kolski kilometri putničkih vozova ako se u prethodnom obrascu umjesto $\sum_{j=1}^{n} N_j\, l_j$ uzme $\sum_{j=1}^{n} N_j\, l_j m_j$, gdje je "$m_j$" srednji broj kola u sastavu voza na relaciji "*j*". Realizacija reda vožnje (broj, odnosno procenat otkazanih vozova) označava odvijanje prevoza po tačno predviđenom redu vožnje. Organizacija saobraćaja predviđena redom vožnje uslovljena je u transportu putnika da zadovolji potrebe putnika te su polasci i dolasci vozova opredijeljeni ovim ciljevima. Održavanje reda vožnje posebno je važno u međunarodnom i međugradskom saobraćaju jer se na te prevoze nadovezuju brojne priključne veze istih i drugih saobraćajnih sredstava. Broj otkazanih vozova u velikoj mjeri utiče na efikasnost željezničkog saobraćaja i opredjeljenje putnika za izbor i vrstu transportne usluge.

3) Kriterijumi finansijske grupe. Treća grupa kriterijuma je razmatrana na osnovu ukupnog prihoda, dobiti po zaposlenom, troškovima električne energije, troškovima goriva i troškovima naknada za korišćenje željezničke infrastrukture. Prihod željezničkog operatera se ostvaruje prodajom proizvoda i usluga. Osnovna djelatnost željezničkog operatera je transport putnika i transport robe, a prihodi iz ove djelatnosti utvrđuju se kao transportni prihodi. U tom smislu, prihod predstavlja pouzdan kriterijum efikasnosti, ali i preduslov opstanka preduzeća. Ukoliko ne ostvari prihod, preduzeće ne može da opstane na tržištu. Otuda i obaveza željezničkih operatera da dobro spoznaju funkciju tražnje za njihovim uslugom, jer na taj način mogu da procjenjuju kojem nivou prihoda treba da teže odnosno da ga ostvare. Ukupan prihod preduzeća se realizuje kao proizvod transportne usluge i cijene usluge. Za transportnu uslugu, kao specifičan proizvod, odnos utrošenih proizvodnih faktora (troškova proizvodnje, usluge) i ostvarenih prihoda je utoliko značajniji, jer se istovremeno sa proizvodnjom ostvaruje i njena konačna potrošnja, realizuju efekti ulaganja u proces transporta i ostvaruju proizvodni ciljevi (finansijski rezultat poslovanja željezničkog operatera). Transportni troškovi se definišu kao vrijednost činilaca utrošenih u procesu proizvodnje transportnih usluga, odnosno u procesu transporta putnika. U tom smislu, prema ekonomskoj suštini procesa proizvodnje transportnih usluga, osnovna struktura transportnih troškova obuhvata troškove predmeta rada koji su vrlo heterogena grupa ulaganja u proces transporta, a čine ih troškovi električne energije i troškove goriva. Visina ovih troškova za određeni obim proizvodnje i tehnološki proces rada, uslovljena je objektivno normiranim utroščima prema količini, strukturi i vrijednosti u određenom realnom vremenu i u velikoj mjeri utiče na ocjenu efikasnosti i efektivnosti operatera. Troškovima naknada za korišćenje željezničke infrastrukture se direktno utiče na stanje na transportnom tržištu. Novo uvedene naknade utiču na mjesto i ulogu domaćeg/domaćih operatera na tržištu. U zavisnosti od stanja u kome se nalazi domaći operater (stanje tehničkih sredstava, tehnologije, organizacije, komercijalnog sektora i dr.) zavisiće i njegov opstanak. Kada je domaći operater/operateri u stanju da pruži odgovarajući nivo kvaliteta transportne usluge, visokim naknadama se destimuliše konkurencija na željezničkom tržištu. Ukoliko su naknade visoke neće postojati interes privatnog sektora za uvođenje novih operatera. Takođe ni strani operateri neće dolaziti u države i na željeznice gdje su ove naknade visoke. Sa druge strane, niske naknade povećavaju broj operatera i na slobodnom tržištu pobjeđuju bolje opremljeni, sposobniji, konkurentniji prevoznici. Ovo posebno važi za zemlje u tranziciji i zemlje u kojima su tek uvedene naknade. U zemljama i na željezničkim tržištima koja su nerazvijena i gdje domaći operater/operateri ne može da pruži odgovarajući nivo kvaliteta usluge, situacija je upravo obrnuta. Tamo, visoke naknade može da podnese samo bolji a to je obično strani operater, tako da se «guši» domaći. Niskim naknadama se stimuliše konkurencija pa će opet u ravnopravnim uslovima teško biti «odbraniti» domaćeg operatera. Iz ovoga se može izvući veoma važan zaključak a to je da naknade direktno utiču na ocjenu efikasnosti operatera.

4) Kriterijum grupe kvaliteta usluge. Četvrta grupa kriterijuma je razmatrana na osnovu raspoloživosti usluge, pogodnosti-sposobnosti ponuđenih usluga, stabilnosti usluga i pouzdanosti usluga. Kvalitet usluge je ono što predstavlja ogledalo željezničkih operatera, ono što kupac vidi kao njihovu sliku. Kupac ne vidi poslovne prostore, opremu, tehnologiju, sistem upravljanja ili organizacionu strukturu. Sve što vidi jeste kvalitet usluge transporta. Kvalitet usluge željezničkih operatera predstavljaju ključne kompetencije, odnosno održive konkurentske prednosti u odnosu na druge operatere i značajno utiču na ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera. Pogodnost-sposobnost ponuđenih usluga jeste kriterijum čiji je cilj da se željeznički operater prilagodi zahtjevima korisnika usluge u pogledu potrebnih kapaciteta, pokretljivosti i elastičnosti kako bi zadovoljili traženu uslugu. Pouzdanost je srž

kvaliteta usluge željezničkog operatera imajući u vidu da se pouzdanost javlja kao najznačajnija kvalitativna karakteristika sa aspekta korisnika. Istraživanja pokazuju da je značajno veći efekat pouzdanosti kao mjere kvaliteta, na zadovoljstvo korisnika usluga nego korisnika proizvoda. Ovo proizilazi, prvenstveno, iz specifičnosti transportne usluge: inolviranost korisnika u procesu proizvodnje, te sinhronizovanosti procesa proizvodnje i potrošnje, što ujedno, otežava mjerenje i održavanje zadanog ranga pouzdanosti usluge. S toga je nivo pouzdanosti željezničke usluge veoma važan za željezničkog operatera.

5) Kriterijum grupe bezbjednosti. Četvrta grupa kriterijuma je razmatrana na osnovu broja ozbiljnih nesreća, nesreća i incidenata po voznom kilometru. Bezbjednost je bitan činilac u opredijeljenju korisnika transporta za pojedine saobraćajne grane, a time i značajan faktor veličine transporta i prihoda. Pored uticaja na veličinu transporta i prihoda, bezbjednost saobraćaja utiče na efikasnost operatera, tim što se željezničkim nesrećama, oštećuju i uništavaju sredstva rada velike vrijednosti, prouzrokuju velike materijalne štete i prekidi saobraćaja koji takođe predstavljaju trošak željezničkom operateru. Ozbiljna nesreća označava svaki sudar ili iskliznuće vozova iz šina koje rezultira smrću najmanje jedne osobe ili ozbiljnim povredama pet ili više osoba ili veliko oštećenje voznih sredstava (označava oštećenje koje odmah može biti procijenjeno od strane željezničkog istražnog organa na ukupnu vrijednost od najmanje EUR 2 miliona), infrastrukture ili čovjekove okoline, kao i svaku drugu sličnu nesreću sa očiglednim uticajem na regulisanje bezbjednosti na željeznici ili upravljanje bezbjednosti. Nesreća označava neželjeni ili nenamjerni iznenadni događaj ili poseban lanac takvih događaja koji imaju teške posljedice. Nesreće se dijele u sljedeće kategorije: sudari, iskliznuće iz šina, nesreće na pružnim prelazima, nesreće prema osobama prouzrokovane od strane voznih sredstava u pokretu, požari i ostalo. Incident označava svaki događaj, koji nije nesreća ili ozbiljna nesreća, a koji je povezan sa saobraćajem vozova i utiče na bezbjednost funkcionisanja. U cilju održavanja bezbjednosti na visokom nivou Evropska unija je u svojim dokumentima propisala granicu zajedničkih bezbjednosnih ciljeva.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Ocjena kriterijuma izvršena je na osnovu Fuzzy AHP (FAHP) metode. U ocjenjivanju relativne važnosti pojedinih kriterijuma za svaku grupu učestvovali su eksperti iz željezničkog sektora u BiH. Oni su popunili anketu u kojoj su ocijenili važnost svakog od kriterijuma prema lingvističkoj skali preferencije za svaku grupu. U tabeli 2. prikazana je konverzija lingvističkih varijabli u trouglaste fazi brojeve (Kilincci i Onal, 2011).

Tabela 2. Lingvistička skala značaja

Lingvistička skala značaja	Trouglasti fazi brojevi	Recipročna vrednost trouglastih fazi brojeva
Jednako	(1.1,1)	(1,1,1)
Umjereno	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)
Snažno	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
Veoma snažno	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)
Izrazito	(7/2,4,9/2)	(2/9,1/4,2/7)

Rješavanju problema izbora kriterijuma najvišeg značaja za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera između naprijed pomenutih grupa, pristupilo se primjenom FAHP pristupa. Radi ilustrovanog primjera izbora kriterijuma najvišeg značaja u ovom radu prikazan je primjer izbora kriterijuma za grupu resursa. U tabeli 3. predstavljena je fazi

matrica poređenja kriterijuma iz grupe kriterijuma resursa (dužina mreže-A1, Raspoloživa vozna sredstva-A2, broj zaposlenih-A3).

Tabela 3. Komparaciona matrica za grupu kriterijuma resursa za transport putnika

		A_1	A_2	A_3
A_1	E1	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)
	E2	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)
	E3	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)
	E4	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5	(2/3,1,2)
	E5	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)
A_2	E1	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
	E2	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
	E3	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
	E4	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(1,1,1)
	E5	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
A_3	E1	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)
	E2	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)
	E3	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)
	E4	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)
	E5	(1/2,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

Fuzzy težina kriterijuma se izračunava uzimanjem geometrijske sredine odgovora stručnjaka (Lee, 2009.), ovo je prikazano u tabeli 4.

Tabela 4. Fazi komparaciona matrica za kriterijume grupe resursa

	A_1	A_2	A_3
A_1	(1,1,1)	(0.350, 0.425, 0.543)	(0.602, 0.870, 1.605)
A_2	(1.840, 2.352, 2.860)	(1,1,1)	(0.891, 1.319, 1.697)
A_3	(0.623, 1.149, 1.661)	(0.589, 0.758, 1.122)	(1,1,1)

U daljem radu primjenjuju se standardni koraci FAHP metode (Stević, Ž. i dr. 2015). Relativne fazi težine svakog kriterijuma prikazane su u tabeli 5.

Tabela 5. Prosječne i normalizovane relativne težine kriterijuma za grupu resursa

Kriterijumi	W'	**W**
Dužina mreže – A_1	0.094	**0.064**
Raspoloživa vozna sredstva-A_2	1	**0.683**
Broj zaposlenih – A_3	0.370	**0.253**

Izvršena komparativna analiza primjenom metode FAHP, pokazala je da poređenjem tri kriterijuma iz grupe resursa koji utiču na ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera najveću težinu za eksperte ima kriterijum raspoloživa vozna sredstva sa relativnom težinom 0.683. Takođe, analogno po istom principu izvršeno je poređenje kriterijuma po parovima za svaku grupu. Relativni rang važnosti pojedinih kriterijuma na osnovnu poređenja kriterijuma po parovima za sve grupe u transportu putnika dat je u tabeli 6.

Iz tabele se može zaključiti da za grupu kriterijuma resursa najveću relativnu težinu ima raspoloživi broj voznih sredstava (0.683), za grupu operativnih kriterijuma broj prevezenih putnika (0.228), za grupu finansijskih kriterijuma troškovi naknada za korišćenje željezničke infrastrukture (0.221), za grupu kvaliteta usluga pogodnost – sposobnost ponuđenih usluga (0.367) i za grupu kriterijuma bezbjednosti najveću relativnu težinu ima kriterijum broj ozbiljnih nesreća (0.571) na osnovu ankete eksperata željezničkog sektora.

Tabela 6. Relativni rang važnosti pojedinih kriterijuma na osnovnu poređenja po parovima za sve grupe u transportu putnika

Grupa	Kriterijumi	W'	W
Kriterijumi resursa (kapaciteta)	Dužina mreže	0.094	0.064
	Raspoloživi broj voznih sredstava	1	**0.683**
	Broj zaposlenih	0.370	0.253
Operativni kriterijumi	Komercijalna brzina vozova za prevoz putnika	0.739	0.168
	Broj prevezenih putnika	1	**0.228**
	Putnički kilometri	0.881	0.201
	Vozni kilometri	0.925	0.211
	Realizacija reda vožnje – broj otkazanih vozova	0.843	0.192
Finansijski kriterijumi	Ukupan prihod	0.973	0.215
	Dobit po zaposlenom	0.968	0.214
	Troškovi električne energije	0.880	0.195
	Troškovi goriva	0.702	0.155
	Troškovi naknada za korišćenje železničke infrastrukture	1	**0.221**
Kriterijumi kvaliteta usluga	Raspoloživost usluge	0.595	0.219
	Pogodnost - sposobnost ponuđenih usluga	1	**0.367**
	Stabilnost usluga	0.641	0.235
	Pouzdanost usluga	0.487	0.179
Kriterijumi bezbjednosti	Broj ozbiljnih nesreća po voznom km	1	**0.571**
	Broj nesreća po voznom km	0.567	0.324
	Broj incidenata po voznom km	0.183	0.105

5. ZAKLJUČAK

Efikasan železnički transport je veoma bitna komponenta ekonomskog razvoja na globalnom i nacionalnom nivou. S toga je od posebne važnosti restrukturirati železnice i razviti njihove konkurentske sposobnosti. Da bi na transportnom tržištu ne samo opstali, već i da bi mogli da razvijaju i održavaju konkurentske prednosti, moraju da posluju efikasno i efektivno. Efektivnost i efikasnost transportnih aktivnosti značajno utiče na profitabilnost poslovanja svih subjekata uključenih u proces, ali se ne mogu obezbijediti bez velikih napora u cilju procesa upravljanja kvalitetom i transportnim aktivnostima. Na osnovu analize železničkih operatera i pregleda literature iz ove oblasti identifikovani su kriterijumi za transport putnika koji utiču na ocjenu efikasnosti i efektivnosti. (ukupno 20 kriterijuma) a koji su razvrstani u grupe. Korišćena metoda FAHP, pokazala je iz svake grupe kriterijume koji su prioritetni za ocjenu efikasnosti i efektivnosti železničkih operatera. Pomoću ovih kriterijuma menadžment železničkih operatera može pratiti proces upravljanja kvalitetom i transportnim aktivnostima, a takođe i definisati odgovarajuće korektivne akcije. Na taj način bi se prevazišla određena ograničenja i unaprijedio proces ocjene efikasnosti i efektivnosti železničkih operatera

Ovaj rad otvara mogućnost daljih pravaca istraživanja koji mogu da budu identifikovanje novih kriterijuma koji se odnose na efikasnost i efektivnost železničkih operatera i istraživanje drugih metoda za vrednovanja kriterijuma primjenom različitih tehnika višekriterijumske analize.

ZAHVALNICA

Rad je proistekao iz istraživanja na projektu 36030 koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

6. LITERATURA

Azadeh, A., & Salehi, V. (2014). Modeling and optimizing efficiency gap between managers and operators in integrated resilient systems, *Process Safety and Environmental Protection 92*, 766-778.

Blagojević, A. (2016). Modeliranje efikasnosti i efektivnosti železničkih operatera, *Doktorska disertacija*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija.

Blagojević, A., Okolić, S., & Sarić, Z. (2010). Simulacija uticaja naknada za korišćenje železničke infrastrukture na poslovanje Železnica Republike Srpske, *Zbornik radova naučno - stručne konferencije o železnici "ŽELKON'10"*, 227-230.

Boender, C.G.E., De Graan, J.G., & Lootsma, F.A. (1989). Multiple-criteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons, *Fuzzy Sets and Systems 29*, 133-143.

Bottani, E., & Rizzi, A. (2005). A fuzzy multi-attribute framework for supplier selection in an e-procurement environment. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 8(3), 249-266.

Buckley, J. (1985). Fuzzy hierarchical analisys, *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233-247.

Cantos, P., Pastor, J.M., & Serrano, L. (2010). Vertical and Horizontal Separation in the European Railway Sector and its Effects on Productivity, *Journal of Transport Economics and Policy 44, Part 2*, 139-160.

Cebi, F., & Bayraktar, D. (2003). An integrated approach for supplier selection, *Logistics Information Management*, 16(6), 395-400.

Chang, D.A.Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655.

Jianjun, Wang. (2012). The Research on Efficiency and Effectiveness of Rail Transport, *IERI Procedia* 3, 126-130.

Kilincci, O., & Onal, S. (2011). Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company, *Expert Systems with Applications* 38, 9656-9664.

Mikhailov, L. (2002). Fuzzy analytical approach to partnership selection in formation of virtual enterprises, *Omega, International Journal of Management Science Vol. 30 No*. 5, 393–401.

Stević, Ž., Tanackov, I., Ćosić, I., Vesković, S., & Vasiljević, M. (2015). Poređenje AHP i fuzzy AHP za procenu težine kriterijuma, Zbornik radova V Međunarodnog simpozijuma "*NOVI HORIZONTI'15*", 198-202.

Stojić, G. (2010). Razvoj modela za vrednovanje načina upravljanja železničkom infrastrukturom, *Doktorska disertacija*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija.

Stojić, G., Tanackov, I., Vesković, S., Milinković, S., & Simić, D. (2009). Modeling and evaluation of railway reform using fuzzy logic, *"IDEAL'09" Proceedings of the 10th international conference on Intelligent data engineering and automated learning, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg*, 695-702.

Van Laarhoven, P.J.M., & Pedrcyz, W. (1983) A fuzzy extension of Saaty's priority theory, *Fuzzy Sets and Systems* 11, 229-241.

Vesković, S., Stević, Ž., Stojić, G., Rajilić, S., & Vasiljević, M. (2015). Application of fuzzy AHP method for profit analysis of railway operators with PSO*, Zbornik radova naučno - stručne konferencije o železnici "ŽELKON'15*", 105-108.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

TRACK/BRIDGE INTERACTION – THE ASPECT OF BRIDGE STRUCTURE*

Nikola Mirković, Zdenka Popović, Luka Lazarević, Milica Vilotijević
University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia, nmirkovic@grf.bg.ac.rs, zdenka@grf.bg.ac.rs, llazarevic@grf.bg.ac.rs, mvilotijevic@grf.bg.ac.rs

***Abstract**: The paper presents basic principles of bridge structure behaviour from the aspect of track-bridge interaction in the case of temperature gradient, breaking and acceleration of railway vehicles. The paper analyses influence of different bridge structures to the bridge expansion length. In addition, influence of bridge superstructure, as well as bridge support stiffness was analysed. In the conclusion, there were presented basic observations of conducted analyses that could be applied for the calculation of different railway bridge structures. The aim of this paper is providing the basis for improvement of the existing technical regulations in the field of railway infrastructure, as well as its harmonisation with EU regulations.*

***Key words:** interaction, railway, railway bridge, expansion length, railway substructure.*

1. INTRODUCTION

Bridges shall be designed to support vertical loads in accordance with the load models, defined in (CEN, 2010): Load Model 71 and Load Model SW. The mentioned load models shall be multiplied by the factor alpha (α) as defined also in (CEN, 2010). The minimal values of factor α for the design of new bridges are prescribed in (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

Dynamic analysis is required for bridges designed for max. speeds over 200 km/h. In the design of bridge structure following should be taken into account (CEN, 2010; EUROPEAN COMMISSION, 2014):

- centrifugal force in the case of curved track over the whole or part of the bridge length,
- nosing force (frictional lateral force),
- acceleration and breaking forces (longitudinal forces).

In addition, influence of the vehicles (vertical loads, longitudinal acceleration/breaking forces, lateral nosing and centrifugal forces), and temperature changes in bridge deck significantly affect the choice of railway bridge system. Any movement of the bridge deck induces a movement of the CWR (continuous welded rail) track and an additional rail stresses. Track/bridge interaction requires a mutual harmonisation of track superstructure, bridge structure and transition structures for the bridge.

The most important parameters of the bridge structure (support stiffness, expansion and span length, as well as bending stiffness and height of the bridge deck), which influence track/bridge interaction, were considered in this paper. In addition, the longitudinal CWR track

* ***Original scientific paper***

resistance (longitudinal slipping restraint and/or longitudinal displacement resistance of rail) was considered.

The goal of this paper is harmonisation of tehnical requirements for railway bridge design and maintenance on interoperable lines in order to achieve the free flow of passengers and freight with the use of rail transport.

2. PARAMETERS OF THE BRIDGE STRUCTURE

Interaction of vehicle/track/bridge plays a key role in design and maintenance of railway bridges.

Forces induced by the vehicles (vertical load and longitudinal forces during acceleration/breaking of the vehicles), as well as temperature changes and bridge displacement affect track superstructure, especially the rails. Control of the vehicle/track/bridge interaction requires appropriate calculations that correspond to the structure and length of the bridge.

Parameters of the track/bridge interaction, the principles of the calculation, as well as the overview of open points will be presented in the next part of the paper.

2.1. Bridge expansion lengths

Bridge expansion lengths depend on the static system and the bridge span. According to (UIC, 2001), maximum bridge expansion lengths with one or more tracks, either ballasted or slab track, with continuously welded rails are determined:

- 60 m for steel bridges,
- 90 m for concrete and composite bridge structures.

Recommended maximum expansion length of the steel rail bridges is greater than the expansion lengths of the concrete and composite bridge structures because the steel bridges have a greater response to the temperature change in the bridge deck (Table 1).

Table 1. Maximum expansion lengths of bridges in Serbia according to (Službeni glasnik RS, 2016)

Track with continuous welded rails		
	Expansion length of bridge [m]	Necessary measures
Ballasted track	Steel and composite bridges: ≤ 40 m	-
	Concrete bridges: ≤ 60 m	-
	Steel and composite bridges: > 40 m	Calculation of track / bridge interaction
	Concrete bridges: > 60 m	Calculation of track / bridge interaction
Slab track	≤ 40 m for all types of bridges	-
	> 40 m for all types of bridges	Calculation of track / bridge interaction

Table 1 gives the values of bridge expansion lengths according to (Službeni glasnik RS, 2016). The ratio of expansion lengths recommended by (DIN, 2009; UIC, 2001) and the ''*Regulations for Serbian railway bridges*'' are:

- for concrete bridges 90 m /60 m = 1.5,
- for steel bridges 60 m /40 m = 1.5.

2.2. Stiffness of the bridge substructure

Due to the traffic loads and temperature changes, the structure of the bridge deck bends, which leads to additional stresses in the track with CWR (Figure 1).

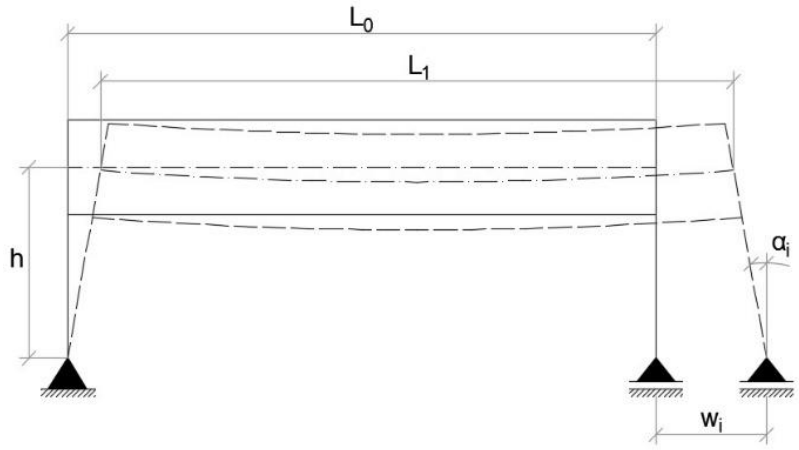


Figure 1. Bending and longitudinal displacement of the bridge structure

Furthermore, additional stresses in the rail due to temperature changes in the bridge deck depend on the stiffness of the supports. Figure 2 shows the additional stresses in CWR in the case of a simply supported beam, taking into account the stiffness of the fixed support.

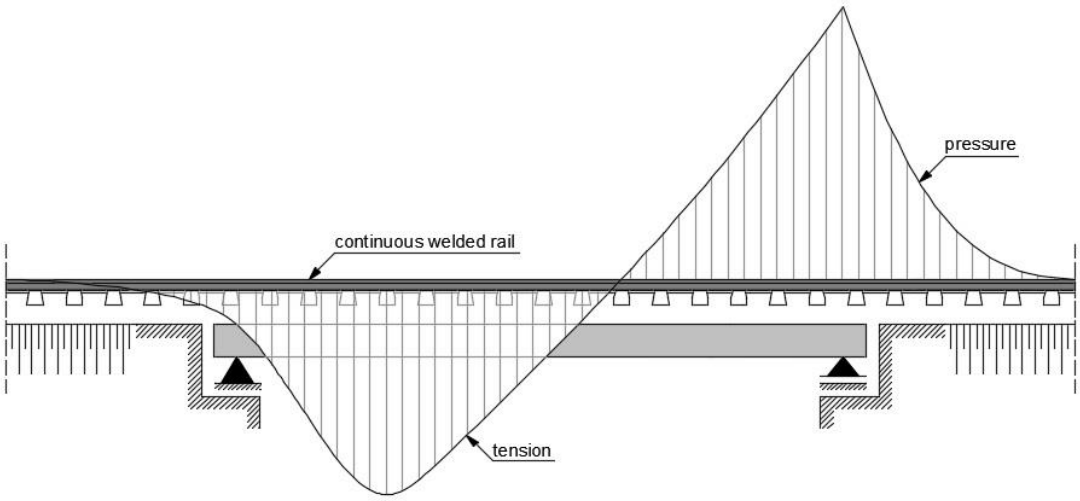


Figure 2. Diagram of additional stresses in the rail due to temperature change in the bridge deck in summer conditions

The share of the load in the fixed bearing or in the track depends to a maximum extent on the stiffness of the bridge substructure (see Figure 2). The total displacement of the support (Figure 3) depends on the stiffness of the bridge substructure, which consists of: (δ_p) bending of the support, (δ_Φ) rotation of the foundation, and (δ_h) displacement of the foundation. The longitudinal stiffness of the support can be determined as the quotient of the longitudinal reaction F_1 and total stiffness.

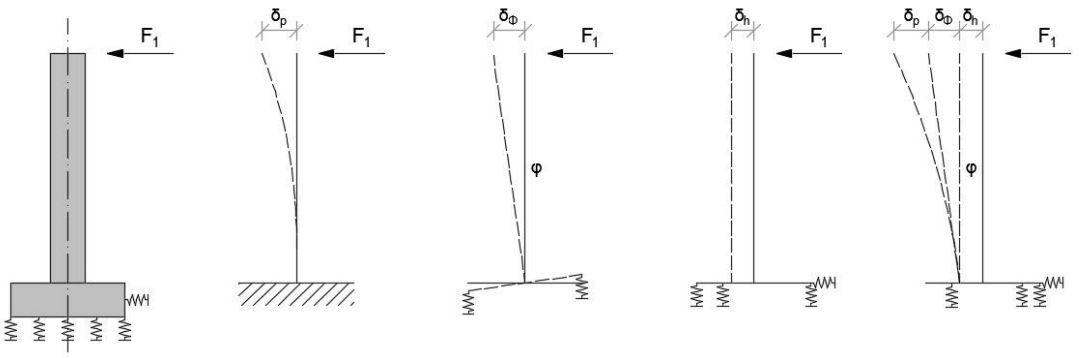


Figure 3. Displacement of the bridge substructure

2.3. Bending stiffness and heigth of the bridge deck

Additional stress in rails may occur due to:

- longitudinal forces,
- the vertical load causing the displacement of the bridge deck ends due to the bending (Figure 4).

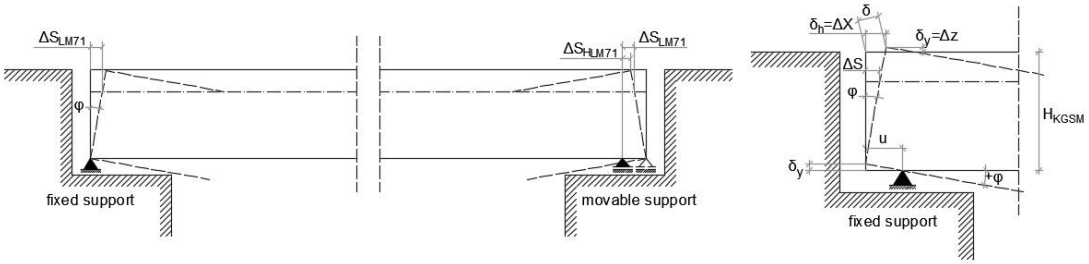


Figure 4. Longitudinal and vertical displacement at the ends of the bridge deck (Freystein, 2010)

In the case of movable support, the resulting longitudinal displacement at the end (Figure 4 on the left) is determined as the difference of displacement due to the bending (ΔS_{LM71}) and longitudinal displacement of the supports (ΔS_{HLM71}).

Vertical displacement due to the rotation of the ends of bridge deck under the traffic influence depends on the length of the overhang "u" behind the axis of the support (Figure 4 right, Table 2). This is of particular relevance in the case of large height of the structure of the bridge deck, e.g. bridges with box cross sections. In such cases, the overhang "u" should be designed to be as least as possible.

Table 2. Limit values of displacement of the end of the bridge deck due to vertical load from traffic (Freystein, 2010)

Limit value of deformation on overhang due to traffic load		
End span length	Design speed V	Limit value δ
≤ 3 m	V ≤ 160 km/h	δ= 5 mm
≤ 3 m	160 km/h < V < 230 km/h	δ= 4 mm
≤ 3 m	V > 230 km/h	δ= 3 mm
≥ 25 m	for all V	δ= 9 mm
3 m < L < 25 m	Intermediate values are obtained by linear interpolation	

3. THE EFFECTS OF BREAKING AND ACCELERATION OF THE VEHICLE ON THE BRIDGE

The breaking and acceleration forces from the vehicle act on the track structure and the bridge deck. They have a short-term effect as opposed to the forces due to temperature changes.

The breaking and acceleration forces from the vehicle are limited with the maximum available friction in the wheel/rail contact (steel on steel). Behind the breaking vehicle, tensioning stress occurs. On the other hand, the pressure stress in the rail is generated in front of the vehicle (Figure 5).

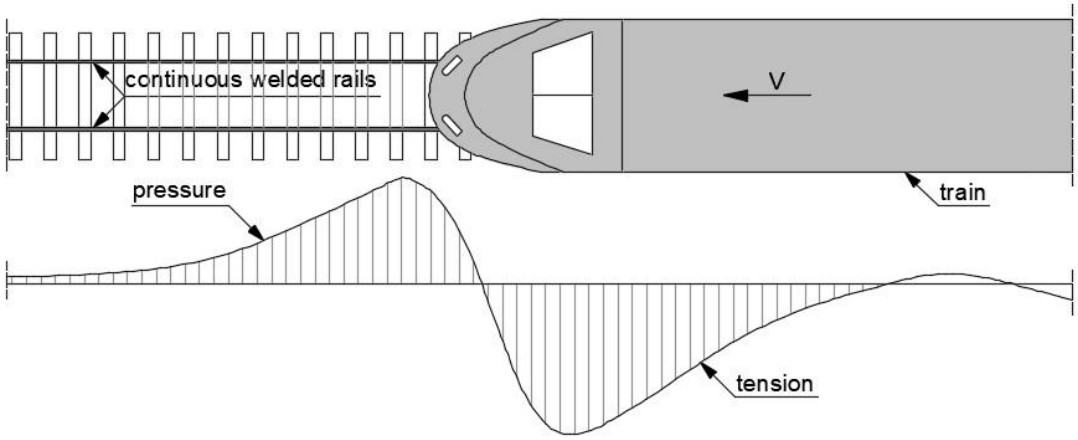


Figure 5. The diagram of the stress in the rail due to the braking of the train

According to (DIN, 2011; UIC, 2001), following maximum acceleration and breaking forces for railway vehicles have been determined:

- Acceleration force of vehicle Q_{Iak} for load models 71, SW/0, SW/2 and HSLM:
  $Q_{Iak} = 33 \text{ kN/m} * L_{Iak} [\text{m}] \leq 1000 \text{ kN}$, (1)
- Breaking force Q_{Ibk} for load models 71, SW/0 and HSLM:
  $Q_{Ibk} = 20 \text{ kN/m} * L_{Ibk} [\text{m}] \leq 6000 \text{ kN}$, (2a)
  and for load model SW/2:
  $Q_{Ibk} = 35 \text{ kN/m} * L_{Ibk} [\text{m}]$ (2b)

The usual values of the impact lengths and the breaking and acceleration forces are shown in Table 3.

Table 3. Parameters of breaking and acceleration load

Type of Track	Acceleration loads		Breaking loads	
	Magnitude of Load	Loaded length	Magnitude of Load	Loaded length
High-speed railway	33 kN/m/track	33 m	20 kN/m/track	400 m
Normal railway	24 kN/m/track	33 m	12 kN/m/track	300 m

4. EXPANSION JOINTS IN THE TRACK ON BRIDGE

If the maximum expansion length of 60 m or 90 m cannot be maintained due to the topography or other constraints, it is necessary to reduce the additional strain in the rails in

another way. One way implies installing the expansion joints in the track above the movable support at the end of the bridge in order to reduce the strain in the rails due to the displacement of the bridge deck (Figure 6).

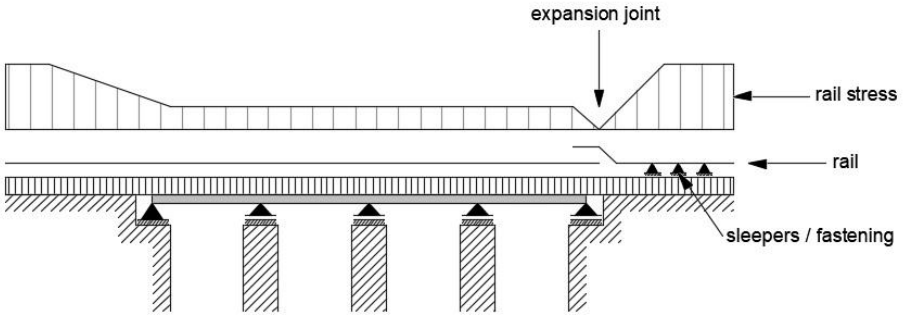


Figure 6. Strain in the rail at the movable end of the bridge with rail expansion joint

However, rail expansion joints should be omitted due to their:

- high price of production and installation,
- high maintenance costs, and
- adverse influence to the driving comfort.

The total longitudinal displacements of the railway bridge deck are shown in Figure 7.

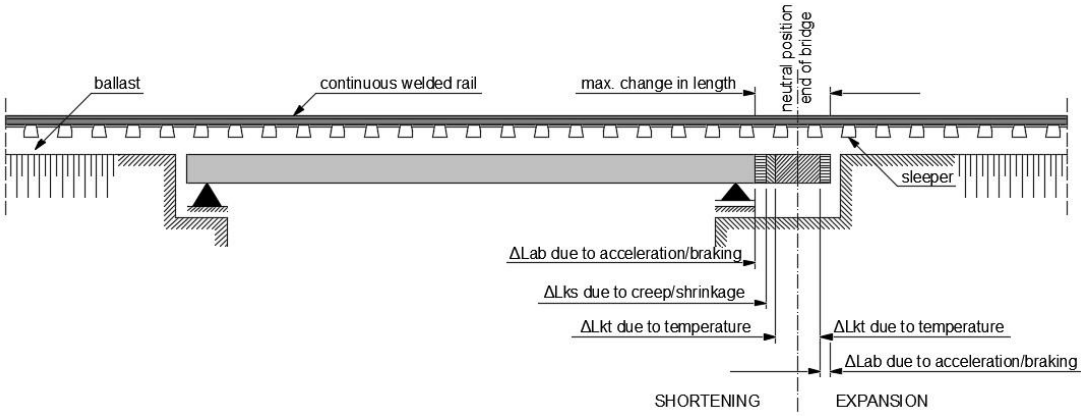


Figure 7. Parameters for designing the required capacity of the expansion joints

5. DISCUSSION AND CONCLUSION

Railways of Serbia are a part of the European rail network and their development should be in compliance with the European transport policy. Two European traffic corridors pass through Serbia: The Danube corridor VII and the road – railway corridor X. Sustainable transport policy in Serbia define directions of development in order to upgrade railway traffic (Popović et al., 2017). The main goal for the railway corridor X through Serbia is reconstruction of the existing railway lines, which implies construction of the second track on the single track sections and electrificaton in order to enable railway corridor for train speeds up to 200 km/h. One of the prerequisities to achieve this goal is harmonisation of Serbian technical regulations in the field of railway infrastructure (Popović et al., 2013).

Considerations in this paper should provide the basis for harmonisation of technical regulations in the field of railway bridges in order to comply with interoperability requirements.

Managing the problems of track/bridge interaction means that the bridge fully fulfills its function and carries the load from the track structure without damaging it. This applies both to the slab track, as well as to the ballasted track on the bridge.

For the research of track/bridge interaction, the following should be known:

- static system of the bridge,
- behaviour of the bearings,
- behaviour of supports (bearings and piers),
- total stiffness of supports (bearings and piers),
- behaviour of the bridge deck during bending.

Cases that could lead to the track/bridge deck interaction are:

- thermal displacement of the bridge deck in case of continuously welded rails,
- thermal displacement of the bridge deck and rails when rail expansion joint is installed in the track,
- horizontal forces due to acceleration/breaking of vehicle,
- rotation of the bridge ends due to the bridge deck bending under vertical load,
- displacement of the bridge deck due to creep and shrinkage of concrete, and
- longitudinal displacement of bridge supports due to the temperature difference in piers.

It should be noted that in the case of track with continuously welded rails, temperature change in the rails does not lead to displacement of the track, therefore there is no interaction with the bridge.

In addition, forces due to vehicle acceleration/breaking should be combined with appropriate vertical loads on the bridge. In the case of a bridge with multiple tracks, the acceleration forces on the one track must be combined with breaking forces on the other track. Only two tracks should be taken into account.

The impact of the vertical load must be examined in terms of rotation and displacement of the bridge deck ends. Impacts for each support at the ends of bridge deck should be examined.

The total stress in continuously welded rails is determined according to calculation of the track stability. The total stress includes the additional stresses in the rails due to the interaction.

Displacement of the bridge deck and track must remain within the certain limits, in order to prevent deconsolidation of the ballast and large longitudinal stresses in the rails.

Rail expansion joints on the bridge should be omitted if it is possible. However, rail expansion joint should be placed at the free end of the bridge deck if the total additional rail strain and/or displacements exceed the prescribed values.

In the case of change of the track conditions (e.g. maintenance works, breaking of continuously welded rails by installing fishplate joints), rail traffic conditions on the bridge must be adjusted (e.g. not to use breakes).

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia through the research project No. 36012: "Research of technical-technological, staff and organization capacity of Serbian Railway, from the viewpoint of current and future European Union requirements".

6. REFERENCES

CEN/TC 250: EN 1991-2:2003/AC, (2010)

DIN: Fachbericht 101, Einwirkungen auf Brücken, 2. Auflage (2009)

DIN 1055-7:2002-11 Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 7: Temperatureinwirkungen. First published: January (2011)

European commission: regulation (EU) No 1299/2014 on the technical specifications for interoperability relating to the 'infrastructure' subsystem of the rail system in the European Union, *Official Journal of the European Union, L 356/1*, (2014).

Freystein H. (2010): Interaktion Gleis/Brücke – Stand der Technik und Beispiele, *Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin Stahlbau 79, Heft 3, 220-231, DOI: 10.1002/stab.201001299*

Track/bridge Interaction –Recommendations for calculations, *International union of railways (UIC), UIC Code 774-3*, Paris, (2001)

Popović, Z., Lazarević, L., Vukićević, M., Vilotijević, M., Mirković, N. (2017). The modal shift to sustainable railway transport in Serbia, *MATEC Web of Conferences, Vol. 106, p. 05001, EDP Sciences*

Popović, Z., Lazarević, L., Ižvolt, L. (2013). Potential of the railway infrastructure in Serbia, *Railway transport and logistics 3*, 9-22

Pravilnik o tehničkim uslovima i održavanju gornjeg stroja železničkih pruga, *"Službeni glasnik RS", broj 39*, (2016)

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

METHODS FOR TRACK STIFFNESS MEASUREMENT - STATE OF THE ART*

Milica Vilotijević, Ljiljana Brajović, Luka Lazarević, Nikola Mirković
University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia, mvilotijevic@grf.bg.ac.rs, brajovic@ grf.bg.ac.rs, llazarevic@ grf.bg.ac.rs, nmirkovic@ grf.bg.ac.rs

***Abstract**: Track stiffness is a parameter which significantly influences to the track geometry deterioration, rail fatigue and deterioration of other superstructure and substructure components during the track service life. Track stiffness measurement has great theoretical and practical importance for the design of new railway lines, as well as for upgrade and maintenance of existing railway lines. This paper analyses standstill and continuous measurement methods for static and dynamic track stiffness, which are used worldwide. In addition, it presents measurement principles and performances used for inspection vehicles and devices, and guidelines for selection of the optimal method for stiffness measurement depending on the user requirements.*

***Keywords:** railway, track, stiffness, measurement methods*

1. INTRODUCTION

Track stiffness is the significant parameter from the aspect of designing, construction and maintenance of the railway superstructure and substructure. During the life cycle of the track, track stiffness significantly influences track geometry deterioration, rail fatigue, and deterioration of the other components of the railway superstructure (Puzavac et al., 2012).

The total track stiffness reflects the stiffness characteristics of the whole track structure. In general, the track stiffness measurement relates to the measurement of total track stiffness (Wang et al., 2016). The stiffness of single track components (for example rail fastening) can be measured in laboratory conditions, while the stiffness of the track foundation can be measured using field test methods or laboratory testing (for example soil samples) (INNOTRACK, 2006).

The modern definition of stiffness implies inelastic and nonlinear behaviour of the superstructure and substructure components, as well as the difference between the stiffness under static and under dynamic load (Puzavac et al., 2012).

Quasi-static and dynamic vehicle excitations lead to ground-borne vibrations. The quasi-static excitation is determined by the static component of the wheel loads, axle distances and vehicle speed. On the other hand, the dynamic excitation is induced by wheel, rail and track geometry irregularities, as well as by uneven track stiffness along the track (Nielsen et al., 2013; Popović and Radović, 2013).

The dynamic wheel–rail contact forces are an important source to ground-borne vibrations and noise, which are generated by irregularities in track geometry, uneven track stiffness along the track (transition zones, hanging sleepers, culverts, etc), and/or wheel out-of-roundness (Nielsen et al., 2013; Popović et al., 2015). Therefore, in order to efficiently

* ***Review paper***

control ground-borne vibrations and perform optimal maintenance, it is necessary to use accurate measurement systems (Nielsen et al., 2013).

There are different vehicles and devices for standstill and continuous track stiffness measurements. The standstill track stiffness measurements are carried out using a quasi-static or dynamic axial load. The result of this kind of measurement is the load-deflection diagram, which could be used for stiffness assessment. While standstill measurements are more often used for research purposes, continuous measurements are used for maintenance purposes. The most existing methods imply measurement of the displacement in the vertical plane due to the wheel or axle load (Hosseingholian et al., 2009).

However, comparison of the results obtained using two or more methods on the same track section would show different vertical track stiffnesses. Different results could occur due to different: static preloads, excitation frequencies and vehicle speed, spatial resolutions, model dependency and degree of influence from track geometry irregularities (Hosseingholian et al., 2009; INNOTRACK, 2006; Nielsen et al., 2013).

2. STANDSTILL METHODS FOR TRACK STIFFNESS MEASUREMENT

The standstill measurement of total track stiffness implies that a measurement point is defined in advance. Hence, total track stiffness could be calculated by measuring displacement due to the vertical force (Wang et al., 2016).

The total track stiffness could be measured using the following methods: traditional hydraulic jack-loading method, impact hammer method, FWD (falling weight deflectometer) method, TLV (track loading vehicle) method, "PANDA" method, as well as using different types of sensors (devices) - strain gauges, accelerometers, displacement transducers, etc (INNOTRACK, 2006; Wang et al., 2016).

Traditional hydraulic jack-loading method applies a certain force on the rail while measuring the rail deflection with a displacement meter, thus providing the load-deflection diagram (Figure 1). The total track stiffness could be calculated according to definition of secant or tangent stiffness (Puzavac et al., 2012; Wang et al., 2016).

Figure 1. Traditional hydraulic jack-loading and displacement meter (Wang et al., 2016)

Impact hammer method measures track vibrations with accelerometers installed on rails or sleepers. Track vibrations are induced using an impact hammer as an impulse load (Figure 2, left). The receptance could be determined by double integration of the vibration diagram (Berggren, 2009). The impact hammer method covers frequency interval between 50 Hz and 1,500 Hz, which depends on the material of the hammer head. A soft-rubber hammer head is

suitable for lower frequencies than a hardmetal one. The impact hammer method is not reliable for the frequencies less than 50 Hz (Wang et al., 2016).

Although FWD (Falling Weight Deflectometer) is used for standstill measurements of total track stiffness, measurements are performed quickly and easily. FWD principle implies weight that falls on the sleeper and simultaneous measurement of the sleeper vibrations. The standard FWD method uses a 125 kN weight which falls onto the sleeper from known height. The vibrational response is generally measured with velocity transducers or geophones (Berggren, 2009; INNOTRACK, 2006; Wang et al., 2016).

TLV (Track Loading Vehicle) uses its own weight as track load, which is transferred using hydraulic jacks. Comparing to the traditional hydraulic jack-loading method, this method is easier to perform and could provide a larger vertical force. The Swedish TLV weights 49 t and could statically load rail up to 150 kN and dynamically up to 200 Hz (Figure 2, right). The main advantage of TLV for standstill measurement compared to the rolling measurement is that preload, dynamic load and frequency range might vary to a greater extent. However, the measurement process is more time consuming and demands track closure (Berggren, 2009; Wang et al., 2016).

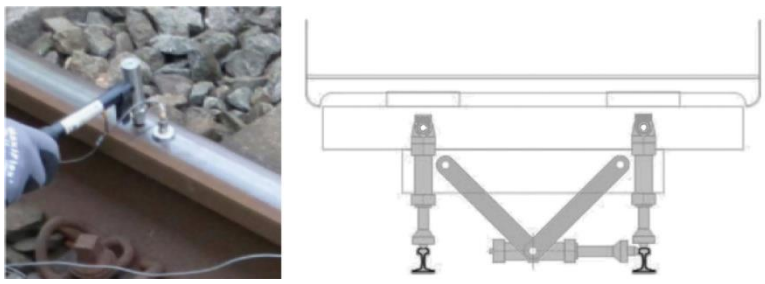


Figure 2. Impact hammer method (left) and the Swedish TLV (right) (Wang et al., 2016)

Penetration testing (static or dynamic) is mostly used. Penetrometer called "PANDA" has been used for determination of the local track stiffness. This penetrometer determines the resistance of the track structure layers to the penetration of the cone (Figure 3). Using field measurements with "PANDA" in combination with endoscopy, different layers of track structure could be indentified, as well as layer thickness and cone penetration resistance (INNOTRACK, 2006).

In addition, track deflection could be measured by following methods: particle image velocimetry or digital image correlation, as well as different conventional sensors, optical sensors, geophones, MDD (multi-depth deflectometers) shown in Figure 4 (left) and LVDT (linear variable differential transformers) shown in Figure 4 (right) (Kouroussis et al., 2015).

Although measurements using strain gauges were considered as the most accurate methods to detect the dynamic load and train speed, their application have certain disadvantages (electromagnetic interference, fragility, excessive size, and high dependence on the temperature). MPQY (Multi-Purpose Q and Y load detector), which consist of strain gauges directly attached to an intermediary device, could be placed on the rail web and provide the possibility of simultaneous measurement of the vertical, lateral and longitudinal forces acting on the rail (Figure 5, left). Modern sensors are efficiently applied in monitoring of various engineering constructions. Their advantages are high temperature capacity, multiplexing, insensitivity to the electromagnetic interferences (Kouroussis et al., 2015).

Figure 3. "PANDA" penetrometer (http://www.macben.be/s9-draagkracht/?lang=en, 28.06.2017) and identification of track structure layers using endoscopy (http://bsh-muc.com, 28.06.2017)

Figure 4. MDD (left) and LVDT (right) devices (https://www.slideshare.net/RailwaysandHarbours/rail-deflection, 28.06.2017)

Different types of motion transducers are used for track deflection measurements. Although displacement transducers contribute only to the measurement of relative displacement, accelerometers represent the most commonly used types of absolute displacement transducers due to their simple mounting, as well as their large dynamic and frequency ranges. In addition, geophones (seismic sensors) could be used due to their advantages, such as the ability to measure large displacement amplitudes, easy power supply, low cost, etc. On the other hand, laser Doppler velocimetry and high-speed video camera could be used to determine the rail deflection. However, these two methods cost relatively much, comparing to geophones (Nielsen et al., 2013).

The usage of accelerometers in combination with adequate signal processing offers an efficient alternative to continuous displacement measurements. Modern accelerometers such as MEMS (micro electro-mechanical systems) are interesting and economically viable transducers, which could be bundled together with other sensors (inclinometers, strain gauges, distance sensors) into compact systems for cost-effective monitoring of railway infrastructure using wireless networks (Nielsen et al., 2013).

Direct measurement of rail deflection using laser beam sensors and indirect measurement of rail deflection using geophone were conducted on the high speed line Madrid-Barcelona, as it was described in (INNOTRACK, 2006). The laser beam receiver and the geophone were clamped to the rail foot next to each other (Figure 5, right). After the signal processing, it was determined that the maximum displacement amplitudes measured by the geophones corresponded to the amplitudes obtained by the laser system.

Figure 5. MPQY detector (left) (Molatefi and Mozafari, 2013) and mounted laser beam receiver and geophone (right) (INNOTRACK, 2006)

3. CONTINUOUS METHODS FOR TRACK STIFFNESS MEASUREMENT

Standstill methods are used for measurements on the level of track section, and continuous methods are used for measurements on the level of railway network.

China Academy of Railway Sciences (CARS) was among the first to develop a vehicle for the continuous measurement of static stiffness. The measurement vehicle consists of one heavy and one light car at the end of the vehicle. The axle load of the heavy car could be changed by adjusting the number of concrete blocks up to a maximum of 250 kN. Accordingly, the impact of different axle loads on the measured results could be obtained. The light car weights 40 kN and it is used to reduce the influence of the track geometry irregularities on the stiffness measurements. The vehicle travels at speeds up to 60 km/h and measures the track geometry using the chord method. The deflection measured under the lower load represents the track geometry irregularity, and the difference between measured deflections under the high and low load represents the track flexibility. More details about this vehicle are provided in (INNOTRACK, 2006; Wang et al., 2016).

Transportation Technology Center, Inc. in Pueblo, Colorado (TTCI) has developed a track loading vehicle for measurements of lateral and vertical static stiffness at standstill measurements, as well as at speed up to 16 km/h. The measurement principle is based on the chord method, where different axial loads are used in order to make the difference between the track geometry irregularity and the track deflection. As shown in Figure 6, this vehicle consists of heavy car, light car and towing locomotive. The heavy car has a central (fifth) wheelset, which could be loaded hydraulically (vertically and laterally) between 4 kN and 267 kN. The stiffness is measured under the load up to 44 kN or 178 kN, and the track geometry irregularity is measured under the load up to 8.9 kN. Under the load of 178 kN, the displacement measurement includes track and subgrade, while the measurement under the load of 44 kN includes rails, sleepers and ballast (INNOTRACK, 2006; Wang et al., 2016).

The vehicle speed for continuous static stiffness measurement developed by the Swiss Federal Railways (SBB) ranges from 10-15 km/h (Figure 7, left). The measurement method consists in measuring the relative track deflection between light and heavy cars. Track deflection under the light car could be considered as negligible due to the very low axle load. The axle load of heavy car is 20 t. Measurements are usually not used to detect hanging sleepers, but there are investigations of the longer wavelength irregularities resulting from variations of soil properties, at bridges, and due to the influence of the USP (Under Sleeper Pads), etc (Nielsen et al., 2013). More details about described vehicle are presented in (Nielsen et al., 2013; Wang et al., 2016).

Figure 6. TTCI vehicle for track stiffness measurements (http://www.drgw.net/trips/report.php?tr=TTCI.3, 28.06.2017)

The company M-Rail commercialised the method developed by the University of Nebraska at Lincoln (UNL) in USA (Figure 7, right). The measurement vehicle uses two laser sources mounted on the bogie, which measure the relative rail deflection. The measurement principle is shown in Figure 8. The relative deflection is measured using two lasers and camera that measures the distance (d) between two laser lines. As the sensor moves closer or further from the rail surface, the distance between laser lines changes. The relation between the measured deflection and track stiffness is based on the Winkler foundation model (INNOTRACK, 2006; Nielsen et al., 2013; Wang et al., 2016).

Figure 7. SBB vehicle for track stiffness measurements (left) (Nielsen et al., 2013; Wang et al., 2016) and mounting position of the UNL measurement system (right) (Wang et al., 2016)

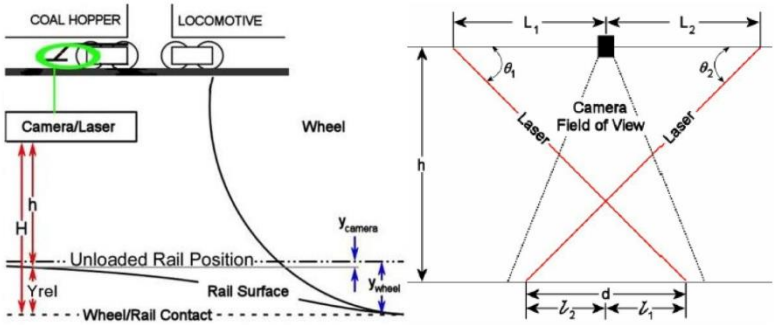


Figure 8. Schematic view of the UNL measuring system (Berggren, 2009; Greisen, 2010)

ZOYON Technology Co., Ltd of Wuhan University and Delft University of Technology developed the method based on measuring of the deformation rate for the purpose of its application in stiffness measurement vehicles. According to this method, the ratio of the vertical track deflection rate at a point and the load moving rate along the railway line determines the slope of track deflection line at that point (Figure 9). High-speed deflectograph was used for measurements of the track deflection rate. The measuring principle is based on several laser Doppler sensors mounted to a railway vehicle which could travel at speed up to 130 km/h. However, this method for static stiffness measurement has limited application since

it does not take into account the influence of the track geometry irregularity (Wang et al., 2016).

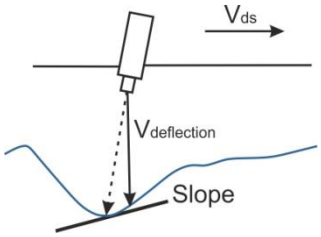


Figure 9. The measurment principle of ZOYON method (Wang et al., 2016)

The aim of Eurobalt II (EUropean Research for an Optimised BALlasted Track) project, which was conducted by Swedish Railways Administration (Banverket), was development of the trolley for continuous measurement of quasi-static and dynamic vertical track stiffness (Figure 10). The static load of this trolley is 60 kN, the dynamic load is 20 kN and the maximum speed is 30 km/h. The trolley could not be used in the curves with radius lower than 1200 m or in switches. This trolley could be excited using different frequencies, but only one frequency for each run. Several tests with different combinations of excitation frequency and speed were carried out using this trolley in order to confirm repeatability of mesurements (Berggren, 2009; Wang et al., 2016).

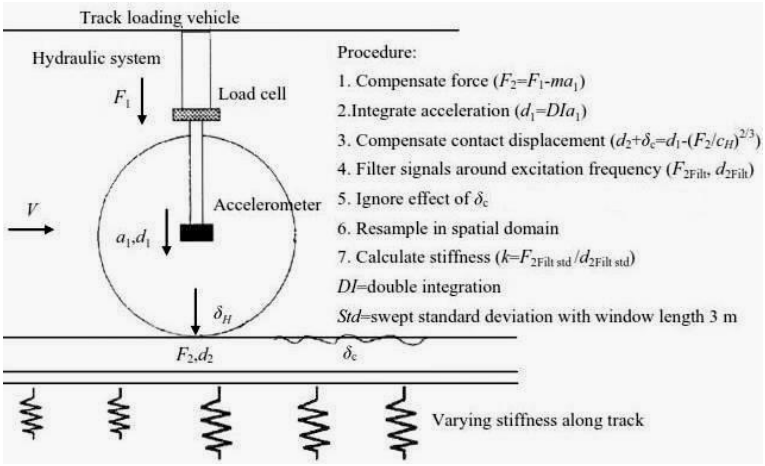


Figure 10. Principle of Banverket's trolley for continuous track stiffness measurement (Wang et al., 2016)

After development of the previously described trolley, Banverket and Royal Institute of Technology (KTH) in Sweden started the new research project. The aim of this project was improvement of the existing measurement technique through the development of the new vehicle named RSMV (Rolling Stiffness Measurement Vehicle). RSMV measures the quasi-static and dynamic vertical track stiffness, and determines the relation between track stiffness and degradation/maintenance of the track (Berggren, 2009). RSMV presents rebuilt two-axle freight wagon, supplied with the equipment for applying the load and conducting the measurements (Figure 11). The track is dynamically excited with two oscillating masses above one of the wheel axles (oscillating mass of 4,000 kg). The static axle load is 180 kN (or higher) and the maximum dynamic axle load amplitude is 60 kN. The RSMV could measure dynamic track stiffness at frequencies up to 50 Hz. It is possible to perform measurements at speed up to 50 km/h, as well as detailed tests at speed up to 10 km/h (INNOTRACK, 2006; Nielsen et

al., 2013; Wang et al., 2016). The main advantage of using RSMV for investigation of ground-borne vibrations is its ability to detect resonance frequencies of track sections on soft soils (Nielsen et al., 2013).

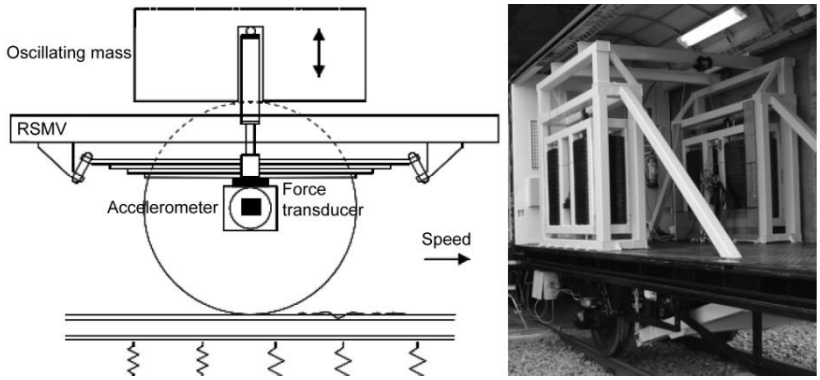


Figure 11. Measurement principle and equipment of RSMV (Wang et al., 2016)

Sponsored by the Innotrack project, the Centre d'Expérimentation et de Recherche and the Engineering Department of SNCF (French Railway Company), developed the Portancemetre vehicle with a vibrating wheelset for measurements of the dynamic track stiffness. This measurement vehicle consists of two parts, the measurement core system called demonstrator, and the technical carriage system (Figure 12, left). The static load of the Portancemetre may vary between 70 and 120 kN, and the maximum dynamic load amplitude may increase up to 70 kN. The Portancemetre can measure the stiffness by exciting the track with a frequency up to 35 Hz. The maximum measurement speed is about 15 km/h, due to the force–displacement hysteresis. The Portancemetre demonstrator is equipped by following sensors (Figure 12, right): unsprung mass accelerometer (vibrating wheelset), suspension mass accelerometer, phase sensor and incremental distance encoder (Hosseingholian et al., 2011; INNOTRACK, 2006; Wang et al., 2016).

Figure 12. Schematic view and on-site measurement with Portancemetre (left) and sensors on the Portancemetre demonstrator (right) (Hosseingholian et al., 2011)

Ensco and Volpe National Transportation System Center, sponsored by FRA (Federal Railroad Administration), carried out the research with the idea to mount accelerometers on two axles with different static load. The system is similar to TTCI and SBB. The measuring system is much simpler, and development of sensor technology would provide futher improvement in measurement accuracy (INNOTRACK, 2006).

The EVS method (EBER Vertical Stiffness) is based on two cases of track geometry measurements - the first case relates to the geometry irregularity of the unloaded track, and the second case relates to the track geometry due to the loaded axle. The aim of this method is to separate the unloaded track geometry and the loaded track geometry, in order to reduce the influence of track geometry irregularities on stiffness measurements. This method has been implemented on the Infranord vehicle IMV100, which has the ability to measure at speed up to 100 km/h. It was concluded that the method is suitable for detection of large variations in track stiffness due to the effect of hanging sleepers (Nielsen et al., 2013).

4. CONCLUSION

Maintenance of railway lines is mainly based on the application of inspection methods for the superstructure, while the condition of the substructure is often unknown and only limited to visual inspection. The poor track foundation (including the substructure) could lead to a decrease of track geometry quality, and further to the increased dynamic load of the whole track structure and faster track geometry degradation, as well as deterioration of other components of the track structure (Hosseingholian et al., 2011; INNOTRACK, 2006; Puzavac et al., 2012).

The track stiffness measurement is significant for the design of new railway lines, upgrading of existing railway lines for higher axle load and speed, as well as for railway maintenance works. Results of stiffness measurements could be used as the indicator of track geometry deterioration, hanging sleepers, as well as for evaluation of transition zones (INNOTRACK, 2006; Lazarević et al., 2016; Nielsen et al., 2013).

The paper describes the existing standstill and continuous methods for track stiffness measurements. The methods for standstill track stiffness measurements are: time consuming, generally applicable for shorter track sections, and requiring track closure or longer stop of traffic for conducting measurements. In addition, they could not provide the information related to the stiffness variation along the railway line. Due to the neccessity to conduct measurements on the level of railway network, different methods and vehicles for continuous stiffness measurements were developed in order to realise optimal track maintenance. However, a few Infrastructure Managers have the ability to provide vehicles for the continuous track stiffness measurement, primarily due to their price (INNOTRACK, 2006).

The information about the track stiffness depends to a large extent on the analysis of the measured data. Up to now, there are no quantitative research on the relation between track stiffness and applied load, running speed, and the exciting frequency, which is the main reason for inadequate analysis of continuous track stiffness data (Wang et al., 2016).

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia through the research project No. 36012: "Research of technical-technological, staff and organizational capacity of Serbian Railways, from the viewpoint of current and future European Union requirements".

5. REFERENCES

Berggren, E. (2009). Railway track stiffness: dynamic measurements and evaluation for efficient maintenance (Doctoral dissertation, KTH).

Greisen, C. J. (2010). Measurement, simulation, and analysis of the mechanical response of railroad track (Doctoral dissertation, University of Nebraska at Lincoln).

Hosseingholian, M., Froumentin, M., & Lavacher, D. (2009). Continuous method to measure track stiffness a new tool for inspection of rail infrastructure. *World Applied Sciences Journal, 6*(5), 579-589.

Hosseingholian, M., Froumentin, M., & Robinet, A. (2011, May 22-26). Dynamic track modulus from measurement of track acceleration by portancemetre. In 9th world congress on railway research.

INNOTRACK. Methods of track stiffness measurements. Report D2.1.11, 2006.

Kouroussis, G., Caucheteur, C., Kinet, D., Alexandrou, G., Verlinden, O., & Moeyaert, V. (2015). Review of trackside monitoring solutions: from strain gages to optical fibre sensors. *Sensors, 15*(8), 20115-20139.

Lazarević, L., Vučković, D., & Popović, Z. (2016). Assessment of sleeper support conditions using micro-tremor analysis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, 230*(8), 1828-1841.

Molatefi, H., & Mozafari, H. (2013). Analysis of new method for vertical load measurement in the barycenter of the rail web by using FEM. *Measurement, 46*(8), 2313-2323.

Nielsen, J., Berggren, E., Lölgen, T., Müller, R., Stallaert, B., & Pesqueux, L. (2013). Overview of methods for measurement of track irregularities important for ground-borne vibration. *Railway Induced Vibration Abatement Solutions (RIVAS)*.

Popović, Z., & Radović, V. (2013). Analysis of cracking on running surface of rails. *Građevinar, 65*(03.), 251-259.

Popović, Z., Lazarević, L., Brajović, L., & Vilotijević, M. (2015). The Importance of Rail Inspections in the Urban Area-Aspect of Head Checking Rail Defects. *Procedia Engineering, 117*, 596-608.

Puzavac, L., Popović, Z., & Lazarević, L. (2012). Influence of track stiffness on track behaviour under vertical load. *PROMET-Traffic&Transportation, 24*(5), 405-412.

Wang, P., Wang, L., Chen, R., Xu, J., Xu, J., & Gao, M. (2016). Overview and outlook on railway track stiffness measurement. *Journal of Modern Transportation, 24*(2), 89-102.

http://bsh-muc.com/ , 28.06.2017.

http://www.drgw.net/trips/report.php?tr=TTCI.3, 28.06.2017.

http://www.macben.be/s9-draagkracht/?lang=en, 28.06.2017.

https://www.slideshare.net/RailwaysandHarbours/rail-deflection, 28.06.2017.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

RAZVOJ MOBILNIH APLIKACIJA U CILJU POVEĆANJA ZADOVOLJSTVA KORISNIKA ŽELEZNIČKIH USLUGA*

DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATIONS WITH THE AIM TO IMPROVE CUSTOMERS' SATISFACTION IN THE RAILWAY TRAFFIC

Ana Uzelac, Slađana Janković, Snežana Mladenović, Slavko Vesković
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd 11000, Srbija,
ana.uzelac@sf.bg.ac.rs, s.jankovic@sf.bg.ac.rs, snezanam@sf.bg.ac.rs, veskos@sf.bg.ac.rs

***Apstrakt**: Jedan od činilaca koji utiče na zadovoljstvo korisnika železničkih usluga je informisanost. U železničkom saobraćaju, iz različitih razloga, realizovani red vožnje ponekad odstupa od planiranog. Neblagovremeno obaveštavanje o poremećajima u realizaciji reda vožnje negativno utiče na zadovoljstvo korisnika, a time i na ukupni kvalitet železničke usluge. O očekivanom vremenu polaska voza iz izabrane stanice i eventualnom kašnenju, putnici u Srbiji trenutno se mogu informisati samo telefonskim pozivom „call centra". Međutim, u eri sveprisutnih mobilnih telefona, većini putnika je prihvatljivije da takvu informaciju dobiju putem mobilne aplikacije. Informisanje putnika o trenutnom kašnjenju voza može biti rešeno korišćenjem pametnih telefona i razvojem odgovarajućih mobilnih aplikacija. U radu je prikazan model i arhitektura demo verzije mobilne aplikacije koja bi omogućila pravovremeno dobijanje informacije o trenutnoj lokaciji voza. Takođe, diskutuju se i dodatne funkcionalnosti koje bi bilo korisno uključiti u takvu aplikaciju.*

***Ključne reči:** android aplikacija, zadovoljstvo korisnika, železnički saobraćaj*

***Abstract**: One of the factors that affects the users' satisfaction with the railway services is information. In the field of railway traffic, there are variety of reasons why the realized time-table sometimes differ from the planned one. Untimely notification about irregularities in the realization of the driving order negatively affects users' satisfaction hence influencing the overall quality of the railway service. In Serbia, passengers can only be informed about the expected time of train departure from the desired station and its possible delay by calling a call center. However, in the era of ubiquitous mobile phones, many travelers would prefer to get such information using smartphone application. Informing the passengers about train delays can be accomplished by using smartphones with developed mobile applications. This paper presents the model and the architecture for the demo mobile application that would enable timely information about the current train location. Additionally, additional functionalities that would be useful to include in such application are discussed.*

***Key words:** android application, customer's satisfaction, railway traffic*

1. UVOD

Pametni telefoni nisu samo sredstva za komunikaciju već predstavljaju moćne platforme i otvorene programabilne uređaje na kojima je moguće razviti veliki broj aplikacija. Potencijal pametnih telefona je prepoznat i u železničkom saobraćaju pa nastaju mobilne aplikacije koje poseduju različite funkcionalnosti kojima se podiže kvalitet pruženih usluga, bezbednost, itd.

* ***Stručni rad***

Jedan od zahteva koji se postavlja pred saobraćajne sisteme, pa i železnički, je podizanje kvaliteta usluga. Mobilne aplikacije mogu da podignu kvalitet železničkih usluga tako što povećavaju komfor putnika i obezbeđuju njegovu bolju informisanost. Povećanje komfora se ostvaruje pojednostavljenom kupovinom karata. Prevoz do lokacije gde je moguće kupiti kartu, kao i dugo čekanje u redovima se zamenjuje mobilnom aplikacijom koja omogućuje u bilo kom trenutku i na bilo kom mestu bez čekanja, kupovinu karata za željenu destinaciju jednostavnim klikom na nekoliko dugmadi. Poslednjih par godina razvijeno je više takvih aplikacija (Kulkarni i dr., 2012; Kumar, 2015; Siddiqui i Askari, 2016; Bakal i dr., 2017; Nasution, 2012). Najčešće funkcionalnosti koje date mobilne aplikacije poseduju su registracija, logovanje, mogućnost pretrage stanica, odabira polazne i krajnje tačke, i, naravno, rezervacija, kupovina i verifikacija karata. Karte kupljene na ovaj način mogu da sadrže i bar-kodove koji se mogu očitati i proveriti pomoću optičkog skenera. Na ovaj način se smanjuju troškovi izdavanja karata, a korisnici postaju zadovoljniji jer ne moraju da čekaju u redovima kako bi kupili željenu kartu.

Kao primer dobre mobilne aplikacije koja poseduje veliki broj funkcionalnosti a za cilj ima podizanje kvaliteta usluga u železničkom saobraćaju, izdvaja se Ixigo. Ixigo je razvijena u Indiji, zemlji čiji je železnički sistem drugi po veličini u svetu a sastoji se od 65000 km pruga, 8000 stanica u kojem svakodnevno saobraća 19000 vozova (Indian Railways, 2016). Ixigo predstavlja najbolje ocenjenu mobilnu aplikaciju koja se koristi za rezervaciju karata u Indiji (Venugopalan i Vyas, 2016). Pored rezervacije karata, aplikacija sadrži brojne funkcionalnosti koje pomažu korisnicima u planiranju puta: omogućuje lociranje kola i njihov virtuelni prikaz na mapi, prikaz podataka o platformi gde će voz biti lociran, prikaz rute kojom će se voz kretati, kao i trenutno dostupna sedišta. U aplikaciji je prikazan i status datog voza u realnom vremenu, dostupne su informacije o izmenama u redu vožnje, otkazanim vozovima, a moguće je podesiti i upozorenja koja će se oglasiti na određenom rastojanju od željene stanice. Pored funkcionalnosti koje se odnose na železnički saobraćaj, omogućene su i neke dodatne koje omogućuju pretragu obližnjih hotela, itd.

Pored aplikacija koje podižu kvalitet, razvijene su i mobilne aplikacije koje podižu nivo bezbednosti u železničkom saobraćaju, tako što pružaju podršku obezbeđenju putno-pružnih prelaza (Pandya i Hooli, 2014; Mapari i dr., 2016) ili imaju ulogu u sprečavanju sudara (Ibrahim i dr., 2015; Warnan i Balamurugan, 2016). U radu (Pandya i Hooli, 2014) koristi se android uređaj opremljen GPS senzorom koji se nalazi u vozu, a za komunikaciju se koristi GSM-R standard. Računa se brzina voza i određuje rastojanje do putno-pružnog prelaza, pa na osnovu brzine i rastojanja kao i sačuvanih istorijskih podataka, računa se očekivano vreme za koje će se voz približiti putno-pružnom prelazu. Nakon izračunavanja očekivanog vremena, na putno-pružnom prelazu se uključuje brojač na kome se prikazuje očekivano vreme pristizanja voza koje je praćeno zvučnim upozorenjem – zvuk se pojačava kako se voz približava. Kontrolu podizanja i spuštanja branika bez prisustva čoveka moguće je ostvariti korišćenjem pametnih telefona i odgovarajućih aplikacija (Mapari i dr., 2016). Samo dizanje i spuštanje branika je regulisano signalom koji se aktivira pomoću mikrokontrolera. Kada se voz približava putno-pružnom prelazu sa bilo koje strane, infracrveni senzori smešteni na šinama na određenom rastojanju od putno-pružnog prelaza detektuju voz i kontrolišu branik.

U radu (Ibrahim i dr., 2015) prikazana je aplikacija Route Tracker koja omogućuje praćenje rute voza u pokretu. Mobilni telefon sa instaliranom aplikacijom se smešta u voz koji se kreće, a potom se očitavaju lokacije voza u pokretu, koje se čuvaju u bazi, a na osnovu njih se konstruiše mapa koja se prikazuje na pametnom telefonu koji je smešten u centru telekomande. Podaci u bazi se koriste za izračunavanje rastojanja između vozova u pokretu.

Kada se vozovi nađu preblizu, dispečer na telekomandi u centru telekomande može da upozori mašinovođe oba voza da prilagode brzinu i izbegnu potencijalni sudar. Drugi sistem koji se bavi sprečavanjem sudara vozova, ali i naletanja vozova na razne druge objekte, sa mogućnošću kontrole brzine i alarmom za požar predstavljen je u radu (Warnan i Balamurugan, 2016). Sistem je zasnovan na GPS senzorima koji se nalaze na android uređajima, a za prenos koristi se GSM tehnologija. Ovim sistemom je obezbeđeno sigurno rastojanje od bar 1 km između vozova.

Pored gore opisanih, mobine aplikacije su našle primenu i kod konstrukcije inteligentnog železničkog sistema (Rahul i dr., 2017). Sistem opisan u radu je zasnovan na RFID tagovima i čitačima koji su zakačeni za prugu i upravljački procesor. Upravljački procesor automatski dobija podatke o ispravnoj putanji detektovanjem RFID tagova: ako je putanja ispravna onda voz nastavlja, dok se u slučaju neregularnosti šalje signal kontrolnoj stanici a voz se zaustavlja. Druga karakteristika ovog sistema je automatska skretnica pomoću koje se automatski vrši promena pruge ili koloseka, u zavisnosti od trenutne pozicije voza. Napravljena android aplikacija se koristi za prenos i prikupljanje podataka, a za njihov transfer je korišćena bluetooth tehnologija.

Kontinuirano praćenje železničkih pruga korišćenjem kombinacije senzora je predstavljeno i u radu (Imdad i dr., 2015). Senzori skupljaju podatke a njihovom analizom otkrivaju se i identifikuju neregularnosti. Sakupljeni podaci pomažu prilikom pronalaženja oštećenja na prugama čime se izbegavaju katastrofe. U radu su korišćeni piezo-električni senzori (senzori koji detektuju vibracije) koji su smešteni ispod pruge i imaju mogućnost da registruju promene u pritisku, akceleraciji, temperaturi, istegnuću (engl. strain) i snazi (engl. force). U radu se koristi i senzor za merenje pukotina u različitim strukturama - u ovom slučaju železničkom prugama. Ovde android aplikacija služi samo za daljinski prikaz podataka očitanih putem senzora.

Kao što se može videti iz prethodnog razmatranja, primene pametnih uređaja u železničkom saobraćaju su brojne i raznovrsne i omogućuju unapređenje različitih aspekata železničkog saobraćaja. Svrha ovog istraživanja je razvoj modela korišćenja mobilnih aplikacija od strane železničkog osoblja i putnika u cilju podizanja kvaliteta usluge u železničkom saobraćaju. Model će biti prilagođen organizaciji železničkog saobraćaja u Republici Srbiji. Od implementacije predloženog modela očekuje se podizanje nivoa informisanosti putnika o realizaciji planiranog reda vožnje. Trenutno, jedini način informisanja putnika o očekivanom vremenu prispeća voza u stanicu u Republici Srbiji je pozivom „call centra“. Cilj istraživanja je da predloži model komfornijeg real-time informisanja putnika, koji će biti baziran na korišćenju mobilnih telefona i internet konekcije, a koji neće zahtevati ugradnju bilo kakvih pametnih uređaja u vozna sredstva i/ili saobraćajnu infrastrukturu.

2. OPIS PROBLEMA

Postoje brojni zahtevi koji se svakodnevno postavljaju pred sve saobraćajne sisteme, pa i pred železnički, a jedan broj njih se svakako odnosi na kvalitet pruženih usluga. Da bi bio konkurentan drugim vidovima saobraćaja, neophodno je podići globalni nivo kvaliteta železničkih usluga.

Kašnjenja vozova nisu retka u našoj zemlji a i u svetu, a razlozi zbog kojih dolazi do poremećaja u realizaciji reda vožnje mogu biti saobraćajne nezgode, prirodne katastrofe,

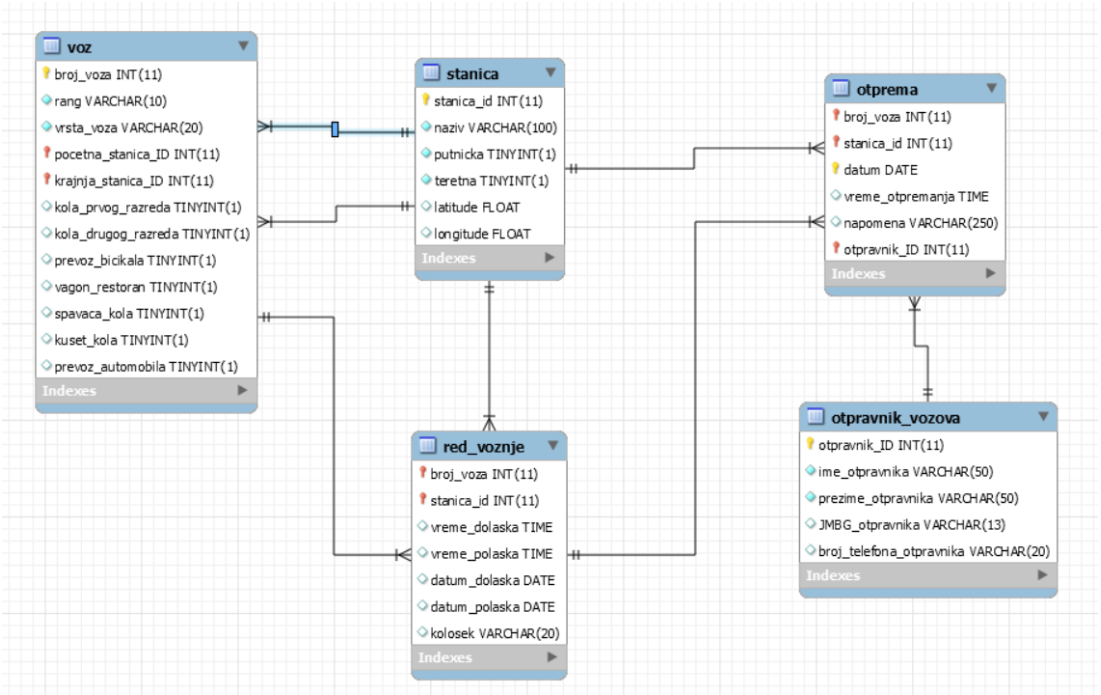
tehnički problemi, ljudski faktor, itd. S druge strane, dobijanje informacije o poremećaju u realizaciji reda vožnje u našoj zemlji je moguće samo pozivom „call centra“ što nije komforno korisnicima. Nemogućnost blagovremenog i jednostavnog informisanja korisnika železničkih usluga stvara kod njih nezadovoljstvo, što negativno utiče na ukupni kvalitet železničke usluge.

Sveprisutnost pametnih telefona omogućava laku i trenutnu razmenu informacija. Oni nisu samo sredstva za komunikaciju, već je moguće napraviti i veliki broj aplikacija koje bi bile korišćene posebno u putničkom saobraćaju. Prema podacima iz 2016. godine, najčešći uređaj pomoću koga se pristupa internetu u našoj zemlji je upravo pametni telefon (76.5%), što predstavlja povećanje od 8.6% u odnosu na prethodnu godinu (Republika Srbija, 2016), i opravdava upravo razvoj mobilne aplikacije i daje joj prednost nad „web aplikacijom“. Razvijene mobilne aplikacije bi imale za cilj da olakšaju dolaženje do informacije o kašnjenju vozova, ali bi sadržale i druge funkcionalnosti. Korisnici prve aplikacije su otpravnici vozova, koji na komforan način mogu memorisati trenutak otpreme voza iz njihove stanice. Korisnici druge aplikacije mogu dobiti informaciju kada je određeni voz napustio poslednju stanicu u svom putu vožnje i koliko je bilo njegovo kašnjenje u tom trenutku.

3. PRIKAZ DEMO MOBILNE APLIKACIJE

Kako bi se povećala informisanost putnika i drugih zainteresovanih lica o kašnjenju voza, razvijene su dve mobilne aplikacije – jednu koriste otpravnici vozova, a drugu putnici i druga zainteresovana lica. Prilikom njihovog razvoja korišćen je programski jezik Java a za okruženje je odabran Android Studio. Android Studio predstavlja integrisano razvojno okruženje razvijeno od strane Google-a koje se koristi za razvoj mobilnih aplikacija a sadrži editor za pisanje koda, različite razvojne alate i emulator. Kao skup alata za razvoj android aplikacija korišćen je Android SDK. SDK predstavlja skup softverskih razvojnih alata koje omogućavaju kreiranje aplikacija za određenu razvojnu platformu.

Informacije o vremenima otpremanja vozova iz stanica je neophodno čuvati i s tim ciljem je projektovana relaciona baza podataka *demo_realizacija_reda_voznje* koja je realizovana korišćenjem MySQL (http://www.mysql.com/, 3.8.2017.) sistema. MySQL predstavlja najpopularniji *open source* višekorisnički sistem za upravljanje bazama podataka. Struktura baze, njene tabele i njihove veze su predstavljene na slici 1.



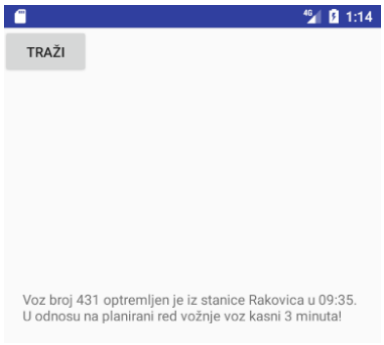
Slika 5. Struktura razvijene baze podataka demo_realizacija_reda_voznje

Iako android ima ugrađenu SQLite bazu podataka, ona u ovom slučaju nije mogla biti korišćena jer je neophodno da se razviju dve različite mobilne aplikacije koje pristupaju istoj bazi podataka što je moguće ostvariti jedino ako se baza nalazi na nekom serveru kojem obe aplikacije imaju pristup. Za pristup bazi podataka korišćen je JDBC konektor. Kako JDBC konektor ne predstavlja standardnu biblioteku Android SDK paketa, bilo je neophodno da se ona uključi u pojekat. JDBC drajver omogućuje konekciju na bazu podataka pri čemu se koristi objekat tipa Connection. Drajver je eksplicitno učitan korišćenjem klase Class i njene metode forName. Deo koda kojim je ostvarena konekcija ka bazi podataka i primer jednog SQL upita je prikazan na slici 2.

```
private void select() {
    try {
        String selectSQL = "select vreme_otpremanja, napomena from otprema";
        Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
        String url="jdbc:mysql://192.168.0.21:3306/demo_realizacija_reda_voznje";
        Connection c = DriverManager.getConnection(url+"?useSSL=false", "root", "");

        PreparedStatement st=c.prepareStatement(selectSQL);
        ResultSet rs=st.executeQuery(selectSQL);

        while (rs.next()) {

            vreme_otpremanja = rs.getTimestamp("vreme_otpremanja");
            napomena=rs.getString("napomena");
        }
    } catch (ClassNotFoundException | SQLException e ){
        e.printStackTrace();
    }
}
```

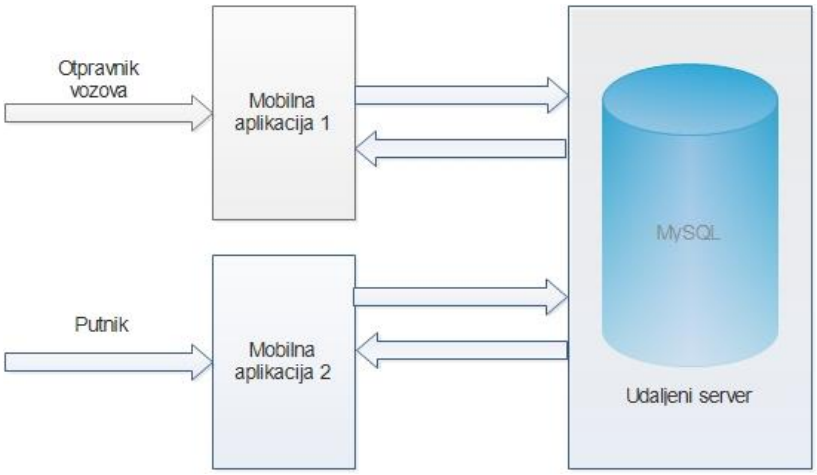
Slika 6. Prikaz koda kojim je ostvarena konekcija ka bazi podataka i primer SQL upita

U trenutku svakog otpremanja voza iz stanice, otpravnik vozova putem mobilne aplikacije vrlo jednostavno može da unese tačno vreme kada je voz napustio stanicu. Iako se trenutno vreme automatski prikazuje kao vreme otpremanja voza, ostavljena je mogućnost i njegove ručne korekcije. Ovakav pristup je komforan i jednostavan jer ne zahteva komplikovan unos. U bazi se nalazi red vožnje i vrlo lako na osnovu podataka koje je uneo otpravnik vozova i vremena polaska voza prema redu vožnje može se dobiti informacija o trenutku napuštanja poslednje stanice u svom putu vožnje i izračunati njegovo trenutno kašnjenje.



Slika 7. Prikaz dela ekrana mobilne aplikacije koja prikazuje trenutno kašnjenje voza u trenutku otpreme iz poslednje stanice koju je napustio

Ako putnik ili neko drugo zainteresovano lice želi da se informiše o kašnjenju voza, neophodno je da poseduje mobilni telefon na kojem je instalirana aplikacija i da ima Internet konekciju koja je neophodna da bi se ostvarila veza sa bazom i dobili odgovarajući podaci. Dovoljno je da unese željeni voz pa će informacije o vremenu kad je voz otpremljen iz poslednje stanice u svom putu vožnje zajedno sa kašnjenjem (ako postoji) biti prikazane na mobilnom uređaju. Prikaz dela ekrana mobilnog uređaja koji bi dobio korisnik aplikacije prilikom pretrage vremena otpremanja voza i njegovom eventualnom kašnjenju prikazan je na slici 3.



Slika 8. Arhitektura mobilnih aplikacija

Kao što je već rečeno, razvijene su dve android aplikacije koje pristupaju istoj MySQL bazi *demo_realizacija_reda_voznje* koja se nalazi na serveru. Prva aplikacija je namenjena da je koriste otpravnici vozova za unos vremena kada je voz napustio njihovu stanicu. Drugu

aplikaciju mogu da koriste putnici kako bi dobili informaciju kada je traženi voz napustio poslednju stanicu u svom putu vožnje i koliko je bilo njegovo kašnjenje u tom trenutku. Na slici 4 je prikazana arhitektura opisanih mobilnih aplikacija.

4. TESTIRANJE APLIKACIJE I PRAVCI BUDUĆEG RAZVOJA APLIKACIJE

Cilj ovog istraživanja sastojao se u razvoju i verifikaciji modela informisanja putnika u železničkom saobraćaju, baziranog na korišćenju mobilnih aplikacija. Za potrebe verifikacije modela razvijene su demo verzije dve mobilne aplikacije. Konsultovana literatura ne sadrži opis mobilnih aplikacija slične namene, tako da tehnički detalji implementacije demo aplikacija nisu bili predmet poređenja sa drugim rešenjima.

Prilikom testiranja demo verzije aplikacija korišćen je emulator koji je ugrađen u Android Studio, a kao virtuelni uređaj je korišćen Nexus 4 koji podržava API 25. U ovom trenutku nije rađeno testiranje na konkretnom fizičkom uređaju. Buduće testiranje bi trebalo da obuhvati različite fizičke uređaje sa različitim rezolucijama ekrana.

Realizovani korisnički interfejs je jednostavan i intuitivan, a brzina odziva aplikacija je prihvatljiva. Navigacija je jednostavna i jasna, a ostavljena je mogućnost jednostavne i lake nadogradnje.

Dalji razvoj aplikacije išao bi u dva pravca: povećavao bi se broj funkcionalnosti s jedne strane, a s druge strane bi se težilo ka tome da se pokrije što veći broj uređaja na kojima bi aplikacije radile. Da bi aplikacije bile dostupne što većem broju korisnika, neophodno je da pored Android operativnog sistema budu podržani i drugi sistemi kao što je iOS, pa je za masovno korišćenje neophodno napraviti i aplikacije koje bi radile i na tom operativnom sistemu.

Što se tiče unapređenja funkcionalnosti, tokom korišćenja aplikacije povećavala bi se i količina sačuvanih podataka, čime bi se stvorili uslovi za različite statistike koje se odnose na prosečno kašnjenje vozova određene kategorije na specificiranoj relaciji. Ove informacije bi mogle da se koriste prilikom projektovanja reda vožnje, ali i kao značajna informacija korisnicima železničkih usluga. Na osnovu istorijskih podataka, trenutne lokacije voza, trenutnog kašnjenja, brzine i rastojanja od date stanice, moglo bi se doći do preciznijih predviđanja očekivanog vremena stizanja voza u željenu stanicu.

Pored informativnog, aplikacija bi mogla da ima i zabavni karakter. Mogao bi se napraviti servis koji bi putnicima u vozu na osnovu njihove trenutne lokacije prikazivao razne korisne i zanimljive pojedinosti o predelima kroz koje voz trenutno prolazi, ali i mogućnost različitih notifikacija kao što su uključivanje alarma neposredno pre približavanja datoj stanici, itd.

Nakon razvoja ovih aplikacija bilo bi neophodno testiranje u realnom okruženju na konkretnim uređajima kako bi se otkrili eventualni propusti, vrednovale performanse, ali i dobila povratna informacija od korisnika čije bi sugestije bile uzete u obzir prilikom njenog daljeg unapređivanja. Naravno, jedan od ciljeva testiranja bio bi i poređenje ove aplikacije sa srodnim mobilnim aplikacijama koje se već koriste u železničkim sistemima pre svega u regionu, a i šire.

5. ZAKLJUČAK

Železnički saobraćaj je nezamenjiv oblik javnog prevoza putnika u širim zonama velikih gradova, ali i robe kada je pitanju dugolinijski masovni prevoz i intermodalni sistemi prevoza. Mobilne aplikacije mogu biti korišćene za *on-line* informisanje korisnika železničkih usluga, ali i pružiti podršku železničkim operatorima u zadacima u kojima su do sada uspešno korišćene web aplikacije: rezervacija i kupovina karata, marketing putničkog i teretnog saobraćaja, podizanje nivoa bezbednosti saobraćaja, podrška planiranju na strategijskom, taktičkom i operativnom nivou, itd.

U radu je predstavljena demo verzija dve android aplikacije nad bazom podataka koje omogućuju korisnicima lako dobijanje informacije o trenutnom kašnjenju odabranog voza. Informacija može biti dostupna trenutno, korišćenjem mobilne aplikacije, dakle daleko udobnije nego pozivom „call centra“. Razvijene aplikacije bi omogućile putnicima da efikasnije upravljaju svojim vremenom. Takođe, istorijski prikupljene informacije o kašnjenjima vozova mogle bi poslužiti za preciznije projektovanje reda vožnje čime bi se svakako smanjio broj izgubljenih konekcija (presedanja) u putničkom saobraćaju i nezadovoljstvo putnika.

Buduća istraživanja će biti usmerena pre svega na unapređenje korisničkog interfejsa i preciznije izračunavanje očekivanog vremena pristizanja odabranog voza u željenu stanicu. Razmatraju se i pravci proširenja ove aplikacije kako bi se došlo do jedinstvene platforme koja bi imala veliku ulogu u povećanju informisanosti putnika u železničkom saobraćaju. Pored unapređenja informisanosti, razmišlja se i o razvijanju servisa koji bi imali zabavni karakter što bi dodatno doprinelo većem korišćenju i popularnosti aplikacije. Razvoj ovakve platforme predstavlja globalni cilj našeg istraživanja čiji je ovo jedan fragment.

ZAHVALNICA

Ovaj rad delimično je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta pod brojem 036012.

6. LITERATURA

Bakal, J. W., Baranwal, R., Awalegaonkar, P. & Athavale, S. (2017). Unified Railway Ticket Booking System. *International Journal for Research in Engineering Application & Management*, *03*(01), 25-28.

Ibrahim E.A., El Noubi S. & Aly M.H. (2015). Route Tracking of Moving Vehicles for Collision Avoidance Using Android Smartphones. In: Elleithy K. & Sobh T. (eds) New Trends in Networking, Computing, E-learning, Systems Sciences, and Engineering. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, *312*, 629-635, Springer, Cham.

Imdad, F., Niaz, M. T. & Kim, H. S. (2015). Railway track structural health monitoring system. *15th International Conference on Control, Automation and Systems* (ICCAS), Busan, Korea, 769-772.

Indian Railways, Railway and Tourism, http://www.indianrailways.gov.in/railwayboard/uploads/directorate/coaching/TAG_2016-17/RailwayTourism.pdf, pristupljeno 3.8.2017. godine.

Mapari, E.N., Imran, S.M., Ashraf, N. & Chaudhari, S. (2016). Android Based Controller for Railway Gate Crossing. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, *2*(3), 352-355.

MySql, https://www.mysql.com/, pristupljeno 3.8.2017. godine.

Kulkarni, P., Kalbande, D. R., Gulrajani & N., Warrier, S. (2012). Smartcard based Android Application for Public Transport Ticketing System. *International Journal of Computer Applications*, *60*(11), 29-32.

Kumar, C. (2015). Efficient e-Platform Ticket Solution using Beacons. *International Conference on Soft Computing Techniques and Implementations (ICSCTI)*, Faridabad, 156-158.

Nasution, S. M., Husni, E. M. & Wuryandari, A. I. (2012). Prototype of train ticketing application using Near Field Communication (NFC) technology on Android device. *2012 International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, Bandung, 1-6.

Pandya, P. & Hooli, B. (2014). Proposed M2M system for Public Safety in Indian Railways at Level Crossing. *International Journal for Scientific Research and Development*, *2*(3), 574-576.

Rahul, P. Kamdi, Thakre, P. & Tiwari, S. (2017). Smart Railway Track System using RFID. *International Journal of Engineering Technology Science and Research*, *4*(4), 432-439.

Republika Srbija, Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Republici Srbiji, 2016. http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2016/pdf/G20166004.pdf, pristupljeno 3.8.2017. godine.

Siddiqui, F. & Askari, S.M. (2016). Smart Ticketing Using Wi-Fi Technology, *International Journal of Engineering Research and General Science*, *4*(2), 530-537.

Venugopalan, V. & Vyas, C. (2016) Comparing and Scoring Selected Four Train Ticketing Mobile Phone Applications. *Information Management and Business Review*, *8*(4), 33-40.

Warnan, G.H. & Balamurugan, R. (2016). Prevention of Train Accidents using Android supported Embedded Systems. *Indian Journal of Science and Technology*, *9*(19).

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

REGIONALNI ASPEKT U PROSTORNIM PLANOVIMA PODRUČJA POSEBNE NAMENE INFRASTRUKTURNIH KORIDORA ŽELEZNIČKE PRUGE NA PRIMERU PRUGE STALAĆ-ĐUNIS *

THE REGIONAL POINT OF VIEW IN SPATIAL PLANS FOR SPECIAL PURPOSES OF INFRASTRUCTURE CORRIDORS - CASE STUDY RAILROAD STALAC-DJUNIS

Ana Vulević[a], Zoran Bundalo[b]

[a] *Saobraćajni Institut CIP, Beograd Srbija, anavukvu@gmail.com*

[b] *Viša železnička škola, Beograd, Srbija*

***Apstrakt**: Regionalni razvoj predstavlja ključnu determinantu budućeg prostornog razvoja Republike Srbije. Regionalni aspekti ukazuju na probleme, ali i one faktore koji treba da determinišu promene ekonomske politike radi ostvarivanja ravnomernijeg razvoja, kao i na one koji ukazuju na potrebe za interregionalno prostorno usklađivanje. Jedan od važnijih preduslova uspostavljanja intenzivnije regionalne saradnje gradova/opština sa okruženjem je poboljšanje saobraćajne pristupačnosti, što se prioritetno odnosi na jačanje postojećih veza ka Koridoru X i ka planiranom "zapadnomoravskom" koridoru auto-puta E-761, kao i na unapređenje tehničkih karakteristika državnih i regionalnih puteva i železničkih pruga. Prostornim planom infrastrukturnog koridora železničke pruge Stalać-Đunis planira se rekonstrukcija, modernizacija i izgradnja drugog koloseka na pruzi Beograd - Niš, deonica Stalać – Đunis. Nakon realizacije planskih rešenja, obezbediće se uslovi za znatno veću integraciju planskog područja kroz poboljšanje interegionalnih i intraregionalnih funkcionalnih veza i transgranične saradnje.*

***Ključne riječi:** železnička pruga, pristupačnost, regionalni aspekt, prostorni plan*

***Apstract**: Regional development is a key determinant of the future spatial development of the Republic of Serbia. Regional aspects point to problems, but also those factors that should be determined by changes in economic policy in order to achieve a more balanced development, as well as those that point to the need for interregional spatial harmonization. One of the more important preconditions for establishing more intensive regional cooperation between cities / municipalities and the surrounding area is improvement of accessibility to traffic, which is primarily related to strengthening of existing connections to Corridor X and to the planned "West Moravian" corridor of the E-761 highway, as well as improvement of technical characteristics of state and regional roads and railroads. The spatial plan for special purposes of infrastructure corridor of the Stalac-Đunis railroad is planned to reconstruct, modernize and build the second track on the Belgrade-Nis railway line, the Stalac-Djunis section. After the implementation of the planned solutions, the conditions for significantly greater integration of the planned area will be ensured through the improvement of interregional and intraregional functional links and transnational cooperation.*

***Keywords:** railroad, accessibility, regional aspect, spatial plan*

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

1. UVOD

U današnje vreme, fenomen regiona i tema regionalizacije koji se podvode pod koncept regionalne politike Evropske unije, postali su tako popularni da se njihove različite osobenosti prenebregavaju (Mirić, 2009). S jedne strane, "institucija regiona potpuno je odsutna u pravnim sistemima i institucijama mnogih država, dok druge države uvode koncepte koji se međusobno tako široko razmimoilaze da se čini nemoguće sabiti ih sve u jednu kategoriju"(Komšić, 2007).

S druge strane, ono što je zajedničko svim državama članicama Evropske unije je "evropski"koncept regiona, formiran sa ciljem planiranja i sprovođenja razvojnih politika.

Regionalni razvoj je važan za sveukupni održivi društveno-ekonomski razvoj Republike Srbije u smislu smanjivanja regionalnih i unutarregionalnih razlika i podizanje konkurentnosti. Članstvo u EU podrazumeva odgovornost vlasti na svim nivoima i međusobnu saradnju regionalnih i lokalnih nivoa vlasti, kao i saradnju prekograničnog karaktera na tim nivoima (prekogranični programi saradnje, formiranje prekograničnih evropskih regija i dr.).

Prvi korak u sprovođenju ustavnih nadležnosti Republike Srbije u rešavanju problema regionalnog razvoja je ostvaren donošenjem Strategije regionalnog razvoja Srbije za period od 2007. do 2012. godine ("Službeni glasnik RS", broj 21/2007). Zakonom o regionalnom razvoju ("Službeni glasnik RS", broj 51/2009) određuju se nazivi regiona i uređuju se način određivanja oblasti koje čine region i način određivanja jedinica lokalne samouprave koje čine oblast, pokazatelji stepena razvijenosti regiona i jedinica lokalne samouprave, razvrstavanje regiona i jedinica lokalnih samouprava prema stepenu razvijenosti, razvojni dokumenti, subjekti regionalnog razvoja, mere i podsticaji i izvori finansiranja za sprovođenje mera regionalnog razvoja.

Predmetni koridor železničke pruge, deonica Stalać - Đunis (magistralna pruga E70 / E85 Beograd - Mladenovac - Niš - Preševo - Drž. granica - (Tabanovci)) teritorijalno pripada regionu Šumadije i Zapadne Srbije kao statističke celine nivoa NSTJ 2, gde se ukrštaju saobraćajni pravci od izuzetnog značaja za unutarregionalnu i transregionalnu povezanost.

U skladu sa Evropskim sporazumom o najvažnijim međunarodnim železničkim prugama (AGC) predmetna pruga pripada međunarodnoj mreži "E" pruga sa oznakom E-70/85. Takođe, prema sporazumu "Proces saradnje jugoistočne Evrope" (SEECP - South - East European Cooperation Process), predstavlja deo železničke mreže pruga visokih performansi u jugoistočnoj Evropi.

Deo od Velike Plane preko Male Krsne do Rakovice povezan je sa prugom (Beograd) - Rakovica - Rasputnica K1 - Jajinci - Mala Krsna - Velika Plana i predstavlja deo panevropskog saobraćajnog Koridora X (Salzburg - Ljubljana - Zagreb - Beograd - Niš - Skopje - Veles - Thessaloniki). U stanici Niš odvaja se koridorska pruga E70 Niš - Dimitrovgrad - Državna granica - (Dragoman).

Stanica Stalać je međustanica pruge Beograd - Mladenovac - Niš - Preševo - Državna granica - (Tabanovci) i odvojna za regionalnu prugu Stalać - Kraljevo - Požega.

Na ovom prostoru prepliću se uticaji dva razvojna pojasa od strateške važnosti za teritorijalnu koheziju, prostornu integraciju i funkcionalnu povezanost područja na različitim teritorijalnim nivoima (gradskom/opštinskom, regionalnom, nacionalnom i međunarodnom): pojas Koridora X duž Morave sa pripadajućim centrima (Kragujevac, Jagodina - Ćuprija -

Paraćin, uz nekoliko manjih centara) i zapadno-moravski razvojni pojas (Kraljevo i Kruševac, kao najveći centri razvoja, takođe uz nekoliko manjih centara).

Ovakav položaj predstavlja osnovni resurs za dalji razvoj predmetnog koridorskog područja, jer mu omogućava povezivanje sa svim krupnim infrastrukturnim sistemima od značaja za Republiku Srbiju. Ovo istovremeno znači i moguću dobru komunikaciju među naseljima u ovom prostoru, kao i dalju nadgradnju centralnih funkcija i privrednih potencijala, koja podrazumeva realizaciju planskih rešenja vezano za železničku infrastrukturu.

2. POLOŽAJ I STANJE POSTOJEĆE PRUGE

Kroz Republiku Srbiju u dužini od 874 km prolazi jedan od najznačajnijih Panevropskih koridora - Koridor X. To predstavlja gotovo 37% od celokupne dužine Koridora X koji je definisan 1997.godine u Helsinkiju: Salzburg - Ljubljana - Zagreb - Beograd - Niš - Skoplje - Veles - Solun i sa jednom od svojih grana od Niša do Sofije. Svojom dužinom od oko 2360 km, Koridor X ostvaruje veze sa Koridorima IV, V, VII i VIII i time predstavlja vezu Srbije sa zemljama članicama EU kao i ostalim državama kroz koje Koridor X prolazi.

Razvoj i unapređenje saobraćajne infrastrukture na Koridoru X, za Srbiju je veoma značajan kao doprinos rešavanja "uskog grla" na putu prema jugoistoku Evrope i Bliskom istoku (Studija opravdanosti, 2007). Osim toga, razvojem našeg dela Koridora X, uvode se novi standardi i tehnologije u transportni sistem, kako u tehnološkom tako i poslovnom smislu, povezuje se Luka Bar i Jadran sa severozapadom i jugoistokom, povećava se dostupnost evropskog tržišta i daje se veliki doprinos ekologiji.

Kao jedan od ključnih elemenata, inicira se razvoj bočnih lokalnih veza sa Koridorom, što sve rezultuje napretkom na području pratećih delatnosti.

Magistralna glavna pruga Beograd - Niš - Preševo - granica sa Makedonijom, dužine 243,58 km predstavlja deo Panevropskog saobraćajnog Koridora X.

Izgrađena je kao jednokolosečna pruga 1884. godine nakon tri godine izgradnje i prva je pruga koja je izgrađena u Srbiji. U cilju povećanja propusne moći na pojedinim deonicama etapno je dograđivan drugi kolosek:

-1934.god. izgrađen je drugi kolosek Beograd - Resnik (14.1 km) i Velika Plana – Lapovo ranžirna (18.0 km)

-1967.god. izgrađen je drugi kolosek Paraćin - Stalać (21.1 km)

-1971.god. izgrađen je drugi kolosek Ćuprija - Paraćin (6.9 km) i Lapovo ranžirna – Bagrdan (11.9 km)

-1973.god. izgrađen je drugi kolosek Bagrdan - Most kod Ćuprije (26.0 km)

-1988.god. izgrađen je drugi kolosek Đunis - Trupale (39.9 km), a iste godine puštena je u saobraćaj i nova dvokolosečna deonica Beograd centar - Rasputnica "G" (4.4 km).

Pruga je elektrificirana od 1971 - 1974. godine i opremljena SS i TT sistemima tehnološke generacije sa kraja 60-tih godina. Elektrifikacija pruge Beograd - Niš završena je 1974 god. u okviru programa modernizacije magistralnih pruga JŽ. Pruga je elektrificirana monofaznim sistemom 25 kV, 50 Hz. Kontaktna mreža postojeće pruge je kompenzovana, predviđena za brzine vožnje do 160 km/h.

Ova pruga od puštanja u saobraćaj, pa do danas ima najveći značaj za železnički saobraćaj Srbije, kako u unutrašnjem tako i u međunarodnom saobraćaju. Od 1982. godine u eksploataciji je i drugi krak pruge Beograd - Velika Plana preko Male Krsne u dužini od 79,45 km.

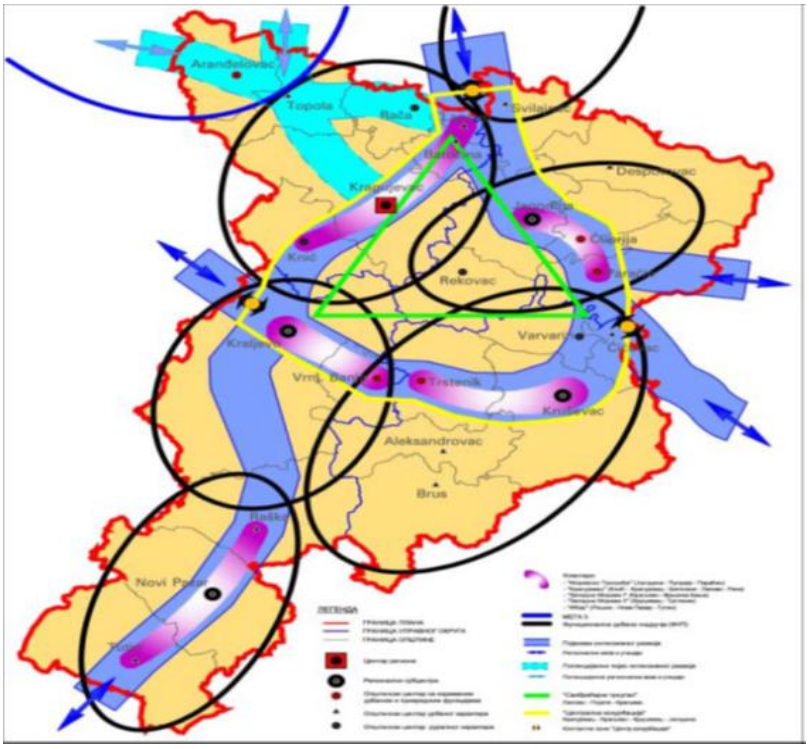
3. PRUGA STALAĆ ĐUNIS U VAŽEĆIM PLANSKIM DOKUMENTIMA

Regionalni prostorni plan predstavlja strateški plan razvoja za područje regiona kojim se utvrđuje bliži prostorni raspored stanovništva i aktivnosti, prostor se rezerviše za razvoj naselja, mreže infrastrukture, kao i terminale regionalne saobraćajne infrastrukture u skladu sa postavkama prostornog plana države i smernica i uslova za njegovu realizaciju.

Prema regionalnom prostornom planu za područje Šumadijskog, Pomoravskog, Raškog i Rasinskog upravnog okruga ("Službeni glasnik RS", br. 39/14) ravnomerniji regionalni razvoj ovog dela Šumadijskog i Zapadno moravskog regiona u okviru Republike Srbije se može postići na sledeći način:

1) Podrškom razvoju regionalnih i subregionalnih osovina razvoja, značajnim za ravnomernijim razvojem područja Prostornog plana, tačnije, planskim jačanjem oslonca na velikomoravsku osovinu razvoja (veza Koridor X –Kragujevac – Kraljevo – Novi Pazar, veza Koridor X – Kruševac – Kraljevo, formiranje Moravskog Trograđa, odnosno klasterisanje FUP-ova).

2) Adekvatnim tretmanom putne i železničke magistrale na osovinama razvoja.



Slika 1: Opšta koncepcija regionalnog prostornog razvoja

Izvor: Regionalni prostorni plan za područje Šumadijskog, Pomoravskog, Raškog i Rasinskog upravnog okruga ("Službeni glasnik RS", br. 39/14).

Osnov putnog saobraćajnog sistema planskog područja je oslonac na autoputske koridore i pravce državnih puteva, vezane na šire srpske i evropske sisteme.

U delu železničkog saobraćaja poseban regionalni značaj za predmetno područje ima:

- Budući pravac magistralnih pruga za velike brzine, na potezu Beograd – Niš;

- Rekonstrukcija i elektrifikacija pruge Lapovo – Kragujevac – Kraljevo–Raška – (Novi Pazar/planirana deonica) i dalje ibarskom dolinom prema Kosovu i Metohiji, Makedoniji i Grčkoj;

- Rekonstrukcija pruge Stalać – Kruševac –Kraljevo – Požega (u cilju povezivanja značajnih privrednih centara);

- Potencijalni železnički pravac Kragujevac – Topola – Aranđelovac, kao veza sa potencijalnim pravacem Vreoci – Aranđelovac – Mladenovac, a preko njega sa širim područjem Beograda, Zapadne Srbije, Bosne i Hercegovine i Crne Gore (pruga Beograd – Bar).

Prostornim planom infrastrukturnog koridora železničke pruge Stalać-Đunis planira se rekonstrukcija, modernizacija i izgradnja drugog koloseka na pruzi Beograd - Niš, deonica Stalać – Đunis. Projektni elementi donjeg i gornjeg stroja usvojeni su za brzinu do 160 km/h, prema Projektnom zadatku (Idejni projekat (2016), Mott McDonald-IPF Konzorcijum u saradnji sa CeS COWI d.o.o.), a u skladu sa važećom regulativom za projektovanje železničkih pruga. Elementima za brzinu do 160 km/h nije se mogla iskoristiti trasa postojeće pruge, tako da je projektovana deonica od Stalaća do Đunisa planirana u novom Koridoru, sa pet tunela ukupne dužine 6.890 m i jednim dvokolosečnim mostom preko reke južne Morave dužine približno 300m. Dužina projektovane deonice iznosi oko 17,77 km. Deonica je planirana kao elektrificirana uz rekonsrtrukciju svih postojećih postrojenja elektro vuče (Uredba o utvrđivanju PPPPN koridora železničke pruge Stalać-Đunis, "Službeni glasnik" RS, br. 52/17).

4. METODE

Metodološki okvir za regionalni aspekt sastavni je deo propisane metodologije izrade i sadržine regionalnih prostornih planova, propisan Zakonom o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - Odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - Odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - Odluka US, 132/2014 i 145/2014) i Pravilnikom o sadržini, načinu i postupku izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja ("Službeni glasnik RS", br. 64/2015).

U Regionalnom prostornom planu, regionalni aspekt definiše se kroz: vizije i principe regionalnog prostornog razvoja; opšte ciljeve regionalnog prostornog razvoja; koncepciju regionalnog prostornog razvoja, interregionalne i intraregionalne funkcionalne veze i transgraničnu saradnju; kao i kroz mere za podsticanje regionalnog i ravnomernog teritorijalnog razvoja regiona.

Obaveza usklađenosti sa planovima višeg reda, zahteva usaglašenost prostornih planova posebne namene infrastrukturnih koridora, u ovom slučaju Prostornog plana koridora železničke pruge Stalać - Đunis, sa planskim rešenjima i propozicijama Regionalnog

prostornog plana za područje Šumadijskog, Pomoravskog, Raškog i Rasinskog upravnog okruga i Prostornog plana Republike Srbije.

5. SAOBRAĆAJNA DOSTUPNOST

Jedan od važnijih preduslova uspostavljanja intenzivnije regionalne saradnje gradova/opština sa okruženjem je poboljšanje saobraćajne pristupačnosti, a što se prioritetno odnosi na jačanje postojećih veza ka Koridoru X i ka planiranom „zapadnomoravskom" koridoru auto-puta E-761, kao i na unapređenje tehničkih karakteristika državnih i regionalnih puteva i železničkih pruga

Koridorsko područje za deonicu pruge Stalać – Đunis nalazi se na teritoriji Rasinskog okruga. Pristupačnost teritorije Republike Srbije i njenih regionalnih celina kao jedan od ključnih kriterijuma za merenje uspešnosti prostornog razvoja i jedan od najvažnijih indikatora za određivanje prostornih aspekata saobraćajnih sistema, u Prostornom planu Republike Srbije, za Rasinski okrug u zbirnom rangiranju dao je pristupačnost iznad prosečne vrednosti za Republiku Srbiju (kombinovani indikatori za železnički i drumski saobraćaj).

6. REGIONALNI ASPEKT PRUGE I NJEN ZNAČAJ

Prema Regionalnom prostornom planu za područje Šumadijskog, Pomoravskog, Raškog i Rasinskog upravnog okruga osnovno strategijsko opredeljenje je postizanje većeg stepena funkcionalne integrisanosti područja Prostornog plana i to:

- Intraregionalno - u okviru prostora Šumadijskog, Pomoravskog, Raškog i Rasinskog upravnog okruga, što podrazumeva smanjenje unutrašnjih subregionalnih razlika, odnosno kvalitativne promene u prostornoj, saobraćajnoj, ekonomskoj i socijalnoj strukturi (naročito brdsko-planinskih područja sa izraženim disfunkcijama socijalnog i ekonomskog razvoja);

- Interregionalno/transgranično - sa susednim funkcionalnim područjima (okruzima, područjem beogradskog metropolitena, opštinama Zapadne, Južne i Istočne Srbije, kao i AP Kosovom i Metohijom i R Crnom Gorom) što zahteva realizaciju prioritetnih planskih rešenja od značaja za više gradova/opština na planskom području (naročito povezivanje preko Koridora X i drugih saobraćajnih koridora i realizacija drugih infrastrukturnih sistema);

- Transregionalno - sa daljim okruženjem na zajedničkim projektima uslučaju zajedničkih sličnosti i interesa (međunarodni projekti, projekti EU i dr).

Saradnja se odvija na polju infrastrukture (izgradnja saobraćajnica, energetske infrastrukture, izgradnja pešačkih i biciklističkih staza i slično), zaštite životne sredine (upravljanje čvrstim otpadom u Rasinskom upravnom okrugu) i tako dalje. Najintenzivniji vid intraregionalne saradnje, to jest funkcijskih veza koje se odvijaju između jedinica lokalne samouprave na planskom području, je u javnom sektoru – oblast administracije i urbanih servisa (posebno zdravstvo i školstvo).

Zaštićena prirodna dobra treba, takođe, da budu predmet saradnje lokalnih samouprava, ali se ni u ovom domenu nije ostvario zavidan nivo. Nedostatak lokalne i regionalne inicijative je, takođe, razlog slabih međuopštinskih funkcijskih veza. Komunalna saradnja pretežno se ograničava na lokalne jedinice na području svakog od planskih okruga (na primer planirano vodosnabdevanje opština Rasinskog upravnog okruga). Intraregionalna saradnja na polju

privrede, odnosno industrijske proizvodnje, odvija se po osnovu granske povezanosti. Intraregionalne funkcijske veze naselja su u velikoj zavisnosti od gravitacionih područja i hijerarhije naselja i centara. Na vrhu hijerarhije su makroregionalni centar Kragujevac i okružni centri Jagodina, Kraljevo i Kruševac, kao i centar Novi Pazar.

Veliki broj naselja u perifernim delovima opština ili okruga ima dobro razvijenu međuopštinsku saradnju, posebno kad je u pitanju korišćenje objekata javnih službi.

Posebne aktivnosti u intraregionalnoj, opštinskoj, saradnji se odnose na osnivanje Regionalne agencije za ekonomski razvoj Šumadije i Pomoravlja, koja je aktivna u upravljanju procesom u pet prioritetnih oblasti razvoja: malih i srednjih preduzeća i preduzetništva, ljudskih resursa, infrastrukture, turizma i ruralnih područja, kao i u apliciranju projekata koji imaju evropsku finansijsku pomoć.

Pored najznačajnijih regionalnih centara, u skladu sa politikom policentričnog razvoja, treba i ostala gradska naselja male i srednje veličine, poštujući princip supsidijarnosti, da ojačaju svoje međuregionalne odnose u procesu funkcijske saradnje. Zaštita okruženja ne može se zamisliti bez zajedničkih aktivnosti van administrativnih granica bilo kog teritorijalnog nivoa. Ona bi obuhvatala zaštitu prirode koja se ne bi odnosila samo na kategorisana prirodna dobra i zaštitu dobara kulture nego i na sve mere koje će sprečiti zagađivanje okruženja.

Uspešan proces međufunkcijskih lokalnih/regionalnih povezivanja zavisi od načina upravljanja. U tom smislu potrebna je nacionalna podrška u određivanju institucionalnih nadležnosti, kako na regionalnom tako i na lokalnom nivou, kao i povezivanje sa spoljnim partnerima pri interregionalnoj i intraregionalnoj koordinaciji.

Već usvojeni prostorni planovi lokalnih samouprava i područja sa posebnom namenom, odnosno planovi čija je izrada u toku, takođe, su podsticaj međuregionalne i unutarregionalne saradnje u procesu njihove realizacije. Najzad, edukacija stanovništva o značaju saradnje, uz poboljšavanje dostupnosti, smanjivanje razdaljine i ublažavanje odvojenosti od okruženja, kao i podsticanje alternativnog finansiranja uz učešće dijaspore i privatnih preduzetnika, takođe, doprinose prostornim integracionim procesima planskog područja.

7. ZAKLJUČAK

Ravnomeran regionalni razvoj može se postići samo istovremenim i usklađenim delovanjem na nizu strateških područja na nacionalnim i regionalnim nivoima.

U radu smo analizirali šta je to što treba obraditi i na šta treba posebno usmeriti pažnju, kroz izradu planskih dokumenata za železnička koridorska područja, a vezano za regionalni aspekt pruge na prostoru koridora i šire.

Interregionalne veze na području Republike Srbije, kao i intraregionalne veze na teritoriji koridorskog područja će se odvijati u zavisnosti od konkretnih regionalnih projekata saradnje sa područjima okolnih okruga. Osim nacionalnih mera koje se odnose na realizaciju zajedničkih, regionalnih železničkih i drugih infrastrukturnih objekata, potrebno je udruživanje lokalnih samouprava u sprovođenju kolektivnih akcija, kako u tom segmentu razvoja tako i kad je u pitanju razvoj privrede, socijalni razvoj i zaštita prostora (Uredba o utvrđivanju PPPPN koridora železničke pruge Stalać-Đunis, "Službeni glasnik RS", br. 52/17).

Realizacijom planskih rešenja Prostornog plana infrastrukturnog koridora Stalać-Đunis, za očekivati je da će se povećati saobraćajna dostupnost na predmetnom području, koja će uticati i na povoljnije nivoe dostupnosti na nivou predmetnog regiona i šire i doprineti ravnomernijem regionalnom razvoju Srbije.

8. LITERATURA

Komšić, J., 2007, Principi evropskog regionalizma, 2007, str. 124.

Mirić, O., 2009, Regionalna politika Evropske unije kao motor ekonomskog razvoja, Ognjen Mirić, Evropski pokret Srbija.

Odluka o Prostornom planu područja posebne namene infrastrukturnog koridora železničke pruge Stalać – Đunis, ("Sl. glasnik RS", br. 3/14)

Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja ("Službeni glasnik RS", broj 64/2015).

Prethodna studija opravdanosti i Generalni projekat rekonstrukcije i modernizacije železničke pruge Beograd Niš, Saobraćajni Institut CIP, 2007.

Regionalni prostorni plan za područje Šumadijskog, Pomoravskog, Raškog i Rasinskog upravnog okruga ("Službeni glasnik RS", br. 39/14).

Strategija razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji od 2008. do 2015. godine

Strategija regionalnog razvoja Srbije za period od 2007. do 2012. godine ("Službeni glasnik RS", broj 21/2007).

Uredba o utvrđivanju PPPPN koridora železničke pruge Stalać-Đunis, ("Službeni glasnik RS", br. 52/17).

Zakon o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - Odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - Odluka US, 50/2013 - Odluka US, 98/2013 - Odluka US, 132/2014 i 145/2014).

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

KADA OČEKIVATI EFEKTE RESTRUKTURIRANJA ŽELEZNICA: ISKUSTVO SAD*

WHEN TO EXPECT THE EFFECTS OF RAILWAYS RESTRUCTURING: EXPERIENCE OF THE U.S.

Jakša Popović[a], Branislav Bošković[b]

[a] *ASV export-import d.o.o., 11118 Beograd, Srbija, jaksa_pop@hotmail.com*

[b] *Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 11000 Beograd, Srbija, b.boskovic@sf.bg.ac.rs*

***Apstrakt**: Proces restrukturiranja evropskih železnica, po modelu koji je označen kao „evropski", započet je još 1991. godine. Prošlo je 25 godina, a još nije jasno postojanje efekata ovog procesa. Sličan proces restrukturiranja železnica SAD, označen kao „proces deregulacije", je započet mnogo ranije (1980), pa se nameće pitanje i potreba za istraživanja iskustava SAD u pogledu vremenske distance pojavljivanja efekata, a zatim i tumačenja očekivanih efekata kod strukturnih promena u Evropi. Implementacija jednog koncepta restrukturiranja železnice je veoma dug proces gde se na kraju postavlja pitanje koliki je zaista uticaj samog procesa restrukturiranja, a koliko ostalih faktora koji su nastajali i uticali na ceo proces tokom svih godina. U radu su diskutovana pitanja u pogledu trajanja procesa restrukturiranja, kada se mogu pojaviti njegovi efekti i stvarni uticaj sprovedenih mera na efekte u kontekstu ukupnih promena na primeru procesa deregulacije železničkog sektora SAD.*

***Ključne reči**: deregulacija, železnice SAD, efekti, dinamika procesa*

***Abstract**: The restructuring of European railways, which is being conducted according to the model marked as "European", stared as far as in the year of 1991.After 25 years into this process, the effects of are still not clearly visible. A similar process to restructuring, marked as "deregulation", started a lot earlier (1980) in the U.S., thus imposing the need to question and research the experiences from the U.S. in context of timespan in which the effects of restructuring are starting to appear, and then interpreting those experiences as when to expect the effects of structural changes in Europe. The implementation of railway restructuring concept is a very long process, which upon its' closure inevitably draws the question how much did the restructuring itself actually influence the current state in the railway industry, and how much was it up to the influence of other factors throughout the years of conducting the process. In this paper questions in the context of restructuring timespan, appearance of visible effects and relative influence of measures conducted on the effects themselves were addressed, using the example of deregulation process in the USA.*

***Key words:** deregulation, U.S. railways, effects, process dynamics*

1. UVOD

Proces restrukturiranja evropskih železnica započet još 1991. godine (direktiva 440/91/EEZ) i danas traje bez naznaka kada će se zaista i završiti u smislu zacrtanog u ovoj direktivi. Određeni rezultati kao posledica restrukturiranja su nesumnjivo ostvareni i pored osporovanja rezultata kako od strane onih koji učestvuju u procesu tako i od strane nauke.

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

Međutim, zbog predugog trajanja ovog procesa uvek se iznova postavljaju pitanja da li su (i u kolikoj meri) do sada ostvareni rezultati ispunili prethodno zadata očekivanja Evropske Komisije. Jasno je da napredak postoji, ali očigledno da još uvek nisu ostvareni takvi rezultati da sa sigurnošću može da se kaže da su oni u skladu sa očekivanjima Evropske Komisije.

Imajući u vidu da je železnica krut sistem koji se sporo prilagođava i svakako ne trpi nagle promene, bilo je za očekivati da se proces restrukturiranja neće odvijati ni lako ni brzo. Ovo potvrđuje sama činjenica da se proces odvija već 25 godina pri čemu mu se kraj još uvek ne nazire. Osim toga, veoma često se zadati rokovi za ostvarenje pojedinih ciljeva pomeraju, jer se ubrzo u praksi pokazuje da nisu realni zbog uticaja brojnih faktora koji nisu uzeti u obzir prilikom planiranja. Ovo nesumnjivo ukazuje na to da onaj koji zadaje ciljeve (Evropska Komisija) nema jasnu predstavu o tome kako bi proces restrukturiranja trebalo da se odvija, naročito kada je u pitanju negova vremenska dimenzija. Iako su brojna iskustva stečena, očigledno je da nisu dovoljna da daju odgovor na pitanje kada treba očekivati ostvarenje zadatih ciljeva, odnosno završetak procesa restrukturiranja.

Zbog prethodno navedenog sa vremena na vreme se javljaju sumnje u ceo proces što opet ima povratni efekat. Na početku nije bilo jasnog vremenskog plana i očekivanja u tom smislu od strane EK i EU u celini. Ovde autori postavljaju pitanje, sebi i drugima, koja su iskustva drugih prilikom sprovođenja ovakvih ili sličnih procesa. Odgovor bi se mogao potražiti na dva načina: prvi, koliko je proces restrukturiranja trajao u drugim prirodnim monopolima u Evropi (energetika, vazdušni transport, telekomunikacije ili neki drugi sektor); drugi, koliko je trajao u vanevropskim železničkim sistemima.

Autori su se u ovom radu opredelili da potraže odgovor koji se odnosi na seveernoameričke železnice i njihov proces restrukturiranja koji je u SAD označen kao *deregulacija železnica*. Na ovo opredeljenje je uticala i činjenica da je deregulacija železnica u SAD, koja je slična evropskom procesu restrukturiranja, već završena. Iz primera reformi železnica u SAD mogu da se izvuku značajna iskustva koja bi mogla da budu od pomoći prilikom predviđanja trajanja procesa restrukturiranja u Evropi, kao i prilikom predviđanja nekih budućih rezultata. Naravno, treba imati na umu da postoje brojne razlike između evropskog i američkog modela koje utiču na različitu dužinu trajanja procesa restrukturiranja. Dakle, suština analize date u ovom radu je da na iskustvu deregulacije američkih železnica damo odgovor na pitanje kada bi trebalo očekivati efekte restrukturiranja evropskih železnica isključivo u smislu samo jedne tj. vremenske dimenzije procesa.

2. SLIČNOSTI I RAZLIKE IZMEĐU AMERIČKOG I EVROPSKOG MODELA ŽELEZNICA

U kontekstu ovog rada, osnovna sličnost, a ujedno i osnovni razlog što je moguće napraviti paralelu između SAD i Evrope, je ta što je proces reformi železnica u oba slučaja započet zbog toga što su železnice zapale u duboku krizu, i to otprilike u istom vremenskom periodu i sa sličnim uzročnicima (pre svega razvoj konkurencije u vidu drumskog saobraćaja). Pored toga, sličan je i osnovni cilj države po pitanju reformi koji se odnosi na to da pre svega poboljšanjihovo finansijsko stanje kroz različite mehanizme podsticanja železnica ka boljem poslovanju i na to da se subvencije smanje (evropski model), odnosno ukinu (američki model). Ostale sličnosti se svode na one sličnosti koje proizilaze od karakteristika železnica kao sistema, a to se pre svega odnosi na sporost u prilagođavanja promenama.

Sa druge strane razlike su brojne. U kontekstu samih reformi, osnovna razlika je u tome što je suština američkog modela bila samo u promeni regulatornog okvira koji je bio kočnica poslovanju železnica u SAD, dok je u Evropi izvršena vertikalna separacija tradicionalnih železničkih preduzeća na zasebne delatnosti, uz reformu pratećeg regulatornog okvira. Ova razlika proističe iz činjenice da je u SAD, pored razvoja konkurencije i sporosti železničkog sistema da se prilagodi promenama, neadekvatan regulatorni okvir bio jedan od glavnih uzroka za loše stanje železnica.

Značajna razlika između evropskih i američkih železnica koja ne bi smela da se zanemari je u prirodi vlasništva samih železnica. Železnice u SAD su u potpunosti u privatnom vlasništvu i to od njenog osnivanja, dok je u Evropi udeo privatnog vlasništva na železnicama u trenutku započinjanja reformi bio zanemarljiv. Razlika u vlasničkoj strukturi ima svakako značajan uticaj na vremensku dimenziju procesa reformi, jer železnice koje su u privatnom vlasništvu i koje posluju u tržišnim uslovima imaju daleko manje vremena i prostora za izbegavanje sprovođenja reformi od onih koje su još uvek u državnom vlasništvu. Takođe, nije bez značaja ni to što privatne železnice u SAD izgradnju i održavanje infrastrukture finansiraju od sopstvenih sredstava, za razliku od evropskih železnica koje to čine o trošku države.

Što se tiče uslova na tržištu, i tu postoji razlika, koja prolaskom vremena postaje sve manja, ali je i dalje značajna u ovom trenutku. Naime, od samog početka železnice u SAD posluju u uslovima liberalnog i otvorenog tržišta, što je model kojem se teži u Evropi, ali čiji razvoj traje izuzetno sporo, i možda predstavlja cilj koji je najteže ostvariv od svih postavljenih ciljeva.

Na kraju, izuzetno značajna razlika između dva modela je što je u SAD reforma sprovedena samo na železnicama u teretnom saobraćaju, dok u Evropi zahvata i putnički i teretni saobraćaj. Svakako još jedna razlika koja ima uticaja na odvijanje procesa reformi je ta da se teretni saobraćaj lakše prilagođava tržišnim uslovima može da posluje bez subvencionisanja za razliku od putničkog saobraćaja

3. ŽELEZNICE SAD PRE PROMENA

3.1. Stara regulativa i njene odredbe

Regulativa koja je jedan od uzroka lošeg stanja železnica u SAD bila je na snazi skoro čitavih devedeset godina. Usvojena je još davne 1887. godine, kada je situacija na tržištu bila znatno drugačija u odnosu na onu koja vlada danas. Železnice u to vreme nisu imale konkurenciju drumskog prevoza i predstavljale su jedinu alternativu kada je kopneni prevoz u pitanju, tako da je regulativa uvedena sa namerom da spreči zloupotrebu monopolističkog položaja od strane železnica. Da bi tako nešto sprečila, država je pod kontrolu regulatornog tela stavila sledeće stavke (TRB Special Report 318, 2015):

- minimalne i maksimalne tarife železničkih prevoznika;
- odobrenja za ulazak i izlazak sa tržišta;
- proširenje mreže pruga;
- nivo usluga koje železnička preduzeća smeju da pruže;
- tehničke i tehnološke inovacije.

Navedene oblasti kontrole su očigledno predstavljale značajna ograničenja u poslovanju železnica, koja su od trenutka pojave konkurencije u kopnenom transportu postale kamen oko

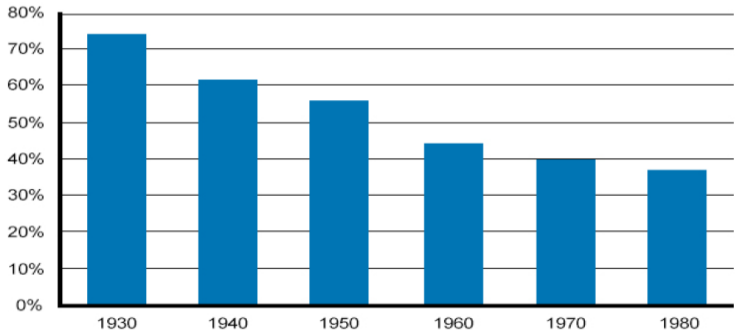
vrata. Naročito su to bile odredbe vezane za tarife i odobrenje za ulazak i izlazak sa tržišta, koje su u kombinaciji sa drugim faktorima postepeno dovele železnice do ruba propasti.

3.2. Stanje železnica pred promenu regulative

Slično kao što se to dogodilo u Evropi, i u SAD železnice tokom 60-ih godina prošlog veka jasno gube korak u odnosu na drumski prevoz koji postaje dominantan na tržištu. Već u to vreme je bilo očigledno da su železnice u krizi koja je kulminirala tokom 70-ih godina prošlog veka, jer je veliki broj železničkih preduzeća u SAD bankrotirao ili bio na ivici bankrota (Cramer, 2014).

Od preko hiljadu aktivnih preduzeća u 1917. godini je spao na oko pet stotina u 1975. godini. Udeo železnica (u tonskim miljama) je bio rekordno nizak i iznosio je svega oko 38% u 1980. godini, što je osetan pad u odnosu na 56% u 1950, a naročito u odnosu na 1929. godinu kada je iznosio oko 75% (slika 1). Da stvar po železnice bude gora, u tih 38% je uglavnom spadala roba niske vrednosti kao što su ugalj, neobrađeno drvo i žitarice. Veliki deo robe visoke vrednosti kao što su hrana, automobili i određeni poluproizvodi su prevoženi drumskim prevozom, što je dodatno ugrozilo finansijski položaj železnica (Cramer, 2014).

Pored svega, ne treba zanemariti ni činjenicu da je usled lošeg finansijskog stanja i održavanje infrastrukture bilo sve više zanemarivano što je povratno uticalo na konkurentnost pa je železnicu sve više bio glas nepouzdanog prevoznika pa je vremenom počela da gubi i tradicionalne korisnike prevoza kao što je energetski sektor. Država je jednostavno bila prinuđena da reaguje. Prvu značajnija izmena regulative je izvršena 1976. godine. Ključna izmena je bila odluka o finansijskoj pomoći železnicama kroz pozajmice - prividno subvencionisanje (Cramer, 2014).



Slika 1: Ukupan udeo železnica u tonskim miljama pred deregulaciju (AAR, 2012)

Međutim, ovo je bila privremena mera i rešenje koje nije bilo dovoljno da bi se železničke kompanije SAD izbavile iz krize. Zapravo, bilo je potrebno rešenje koje će železnicama dopustiti da posluju samostalno na tržištu bez ograničenja u profitu. Na kraju, nakon dugog zasedanja Kongresa i detaljnog ispitivanja situacije koja vlada na železnicama, donet je zaključak da je za izlazak železnica iz krize neophodno promeniti regulativu, odnosno uvesti regulativu koja bi dala daleko veću slobodu poslovanja železničkim kompanijama nego što su to tada propisi dozvoljavali. Nakon opsežnih analiza i studija, 1980. godine je usvojen tzv. *Stagersov akt* koji je omogućio izmenu dotadašnjih propisa.

4. PROMENE I EFEKTI PROMENA

4.1. Nova regulativa i njene ključne odredbe

Proces reformi železnica, dakle, započet je sa promenom zastarele i trenutnim okolnostima neprilagođene regulative. Tako je sa uvođenjem *Stagersovog akta* započet dug put izbavljenja železnica iz krize, koji je uz uspone i padove, na kraju uspešno završen.

Nova regulativa je izmenila ključne odredbe time što je dozvolila železnicama da tarife prilagođavaju uslovima na tržištu kako bi privukle nove korisnike prevoza i što je učinilla da sloboda ulaska i izlaska sa tržišta bude znatno manje rigoroza. Promenom ove dve ključne odredbe železnicama je dat prostor da posluju onako kako bi preduzeće u tržišnim uslovima trebalo da posluje tj. da efikasno upravlja troškovima i bori se za što veće prihode.

Na taj način je zapravo izvršena deregulacija železničkog sektora i tržišta, jer je umesto države (regulatornog tela) samo tržište postalo regulator. Umesto stihijske i proračunate borbe za svoj udeo na tržištu, železnicama je dopušteno da se upuste u otvorenu borbu sa konkurencijom za privlačenje novih korisnika prevoza, pa i ponovno privlačenje korisnika koje su ranije izgubile. Promena regulative je naročito doprinela tome da se železnice vremenom za prevoz značajnijih količina robe visoke vrednosti, i tome da spremno dočekaju ekspanziju prevoza intermodalnih transportnih jedinica koja se desila svega nekoliko godina nakon deregulacije, a koji je bio možda i jedan od ključnih faktora za izlazak iz krize.

4.2. Konsolidacija železničkog tržišta

Izlazak železnica SAD iz teške situacije je bio spor i nimalo lak proces praćen sa brojnim poteškoćama sa kojima su se železnice suočavale na tom putu. U prvih nekoliko godina nakon deregulacije situacija na železnicama je postala čak i gora nego što je bila. Da bi privukle nove korisnike prevoza železnice su smanjile tarife, što u prvih nekoliko godina nije donelo željeni rezultat. Pored tarifa, opala je i produktivnost, jer broj zaposlenih i ukupna dužina mreže nisu drastičnije smanjeni. Kada se svemu doda i činjenica da je u to vreme ekonomija zemlje bila već uveliko u recesiji, nije nikakvo čudo što je došlo do pogoršanja situacije. Usled toga, prihodi su između 1980. i 1982. godine opali za 13% (Palley, 2011).

Situacija je bila toliko loša, da su se tokom 1982. godine železnice našle u istorijski najgorem stanju, a da su pritom sav teret podnosile same, bez ikakve pomoći države. Međutim, pored svih poteškoća, svetlo na kraju tunela se naziralo, jer su niže tarife polako počele da privlače nove korisnike prevoza, koji su uvideli koristi od prevoza železnicom. Privlačenjem novih korisnika započet je dugotrajan proces konsolidacije železničkog tržišta, a sa okončanjem perioda recesije tokom 1986. godine, situacija na železničkom tržištu se relativno stabilizovala. U tom periodu je produktivnost železničkog sektora počela da raste za oko 2,5% na godišnjem nivou najviše zahvaljujući smanjenju dužine mreže pruga od oko 15%. Objektivno posmatrano i u ovom periodu je situacija bila loša, ali ovoga puta sa jasnim znacima ka poboljšanju (Palley, 2011).

Iako su u narednim godinama količina prevezene robe i produktivnost bili u konstantnom porastu, pozitivni efekti deregulacije nisu bili jasno uočljivi otprilike sve do 1994. godine (Palley, 2011). Tada ipak postaje jasno da će porast količine prevezene robe, naročito intermodalnih transportnih jedinica usled porasta uvoza iz Azije, vremenom dovesti do konsolidacije železničkog tržišta što se i dogodilo tokom 1996. godine. Do tog trenutka, produktivnost je porasla za čitavih 83%, odnosno oko 6% na godišnjem nivou od trenutka

deregulacije. Prema tome, od 1996. godine pa nadalje, železnice uz određene uspone i manje padove stabilno posluju, tako da se ova godina smatra za prekretnicu u novijoj istoriji železnica u SAD.

Što se tiče poslovanja posmatranog iz ugla samih železnica, odnosno na koji način su one subjektivno posmatrale sigurnost sopstvenog poslovanja, njega možda najbolje ilustruje visina tarifa tokom godina. Naime, tarife su u godinama nakon deregulacije u konstantnom opadanju, sve do 2002. godine, kada su po prvi put porasle i od tada su uglavnom u porastu (slika 2). Ovo je veoma značajno, jer se kroz visinu tarifa može videti kako železnice percipiraju sigurnost svog poslovanja. Opadanje tarifa govori o tome da železnice još uvek nisu bile sigurne da su trajno privukle korisnike, niti da su bile sigurne u stabilnost svog poslovanja. Očigledno je da je, bar iz ugla železnica, u periodu između 2002. i 2004. godine došlo do konačne stabilizacije železničkog tržišta, kada su se i same železnice osetile sigurnim da mogu da povećaju visinu tarifa, a da pritom ne izgube korisnike prevoza (Prater, 2014).

Slika 2: Visina tarifa nakon deregulacije (Prater, 2014)

Da je došlo do stabilizacije tokom vremena, i to na način opisan tokom ovog poglavlja, potvrđuje i konstantan porast tonskih milja nakon deregulacije (tabela 1). U prvih desetak godina nakon deregulacije, porast je bio neznatan – svega nešto više od 2% na godišnjem nivou. Nakon toga, otprilike baš od 1994. godine, došlo je do nešto značajnijeg i stabilnijeg porasta tonskih milja koji se posle samo nastavio [8].

Tabela 1: Tonske milje nakon deregulacije - količina i udeo na tržištu (Hamberger, 2013)

Godina	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Ukupno realizovanih tonskih milja (x 10^3)	932.000	876.209	1.064.408	1.317.010	1.546.319	1.733.777
Porast (u odnosu na 1980. god.)	-	- 6%	14.2%	41.3%	65.9%	86%
Porast (u odnosu na prethodnih 5 godina)	-	- 6%	21.5%	23.7%	17.4%	12.1%
Udeo na tržištu	27%	26%	29%	32%	36%	38%

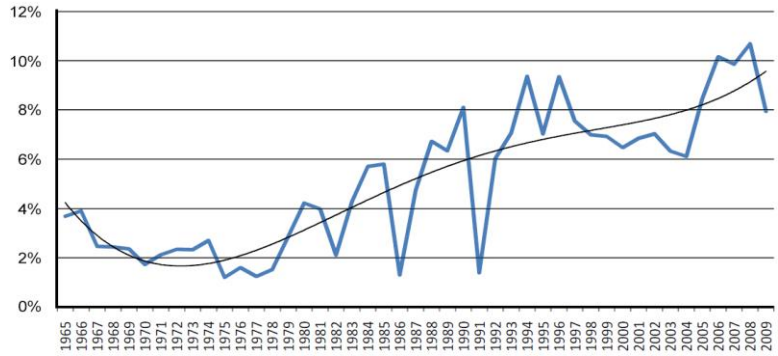
4.3. Finansijska stabilnost

Osnovni cilj, koji je Kongres nameravao da ispuni sprovođenjem deregulacije, je bio da železnice posluju finansijski stabilno, odnosno da ostvaruju dovoljne prihode da mogu da investiraju u sopstvena sredstva i infrastrukturu. Posmatrano iz današnje perspektive, ovaj cilj je ispunjen u zadovoljavajućoj meri. Tako nešto pokazuju različiti ekonomski parametri, a pre

svega 600 milijardi dolara sopstvenih investicija uloženih od momenta deregulacije do 2014. godine u razne projekte i novu infrastrukturu (AAR, 2009).

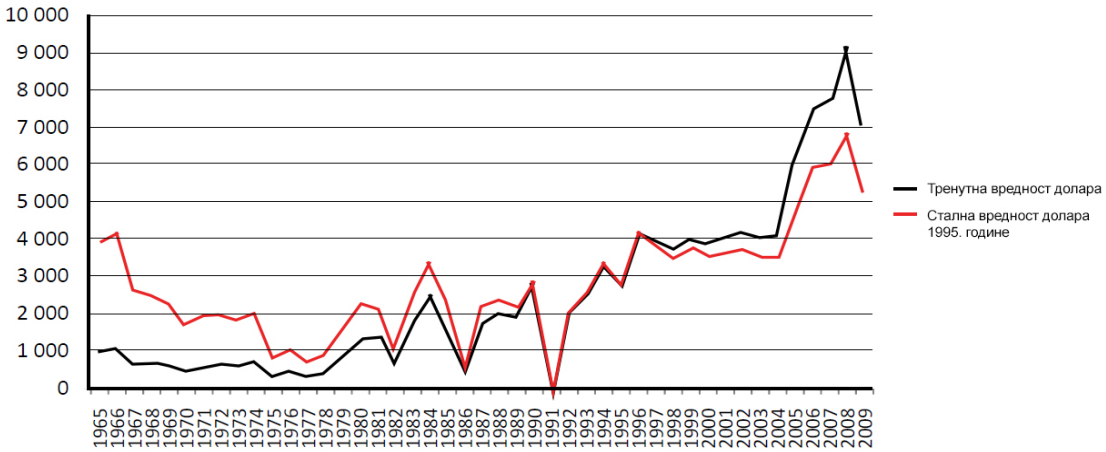
Pored toga, kada se uzme u obzir činjenica da su pokazatelji kao što su, stopa povraćaja investicija, neto operativni prihod i odnos troškova i prihoda, u vreme pre deregulacije bili slobodno rečeno katastrofalni, a da su danas ti isti pokazatelji u okviru normalnih i zdravih vrednosti, može se doneti zaključak da je cilj Kongresa ispunjen. Svaki od pomenutih pokazatelja je u vreme pre deregulacije zabeležio rekordno niske vrednosti.

Stopa povraćaja investicija, kao jedan od osnovnih pokazatelja zdravog poslovanja određene privredne grane bi, za zdravo funkcionisanje preduzeća, trebalo da bude u vrednostima iznad 10%. U vreme najveće krize na železnicama, tokom 70-ih godina prošlog veka, ova stopa je prosečno iznosila svega oko 2%, a zabeležena je i njena rekordno niska vrednost od 1.2% koja je daleko ispod potrebnih 10%. U godinama nakon deregulacije dolazi do porasta stope povraćaja investicija, što je nesumnjiv dokaz o tome da su železnice krenule stabilnije da posluju. Iako ova stopa do danas retko premašuje vrednost od 10%, ona joj je u poslednjih nekoliko godina anliziranog perioda uvek bliska ili je čak i premašila vrednost kao tokom 2008. godine, što se može videti na slici 3. U svakom slučaju znatan napredak ka boljem poslovanju i finansijskoj stabilnosti prema ovom parametru je svakako ostvaren (Kreim, 2011).



Slika 3: Stopa povraćaja investicija na železnicama tokom godina (Kreim, 2011)

Neto operativni prihod je još daleko pre deregulacije bio na vrhuncu (1966. godine) da bi od tada njegova vrednost konstantno opadala. Više od 10 godina nakon deregulacije, ovaj pokazatelj je manje-više stagnirao i nije bio u okviru vrednosti koje su potrebne za zdravo funkcionisanje preduzeća. Tek 1996. godine, neto operativni prihod se stabilizuje i vraća se na svoju do tada najvišu vrednost, koja je dovoljna da bi mogle da se planiraju i investicije. Neto operativni prihod je izrazito dobar pokazatelj poslovanja jer predstavlja direktnu razliku operativnih prihoda i operativnih troškova koji su verovatno najvažniji dostupni ekonomski pokazatelji u ovoj analizi. Na slici 4 je prikazan neto operativni prihod tokom godina (Kreim, 2011).



Slika 4: Neto operativni prihod tokom godina (Kreim, 2011)

Još jedna značajna mera finansijske stabilnosti je odnos troškova i prihoda. Da bi preduzeće ostvarivalo neto operativni prihod neophodno je da ovaj odnos bude ispod 100%, a da bi železničko preduzeće normalno funkcionisalo i planiralo investicije neophodno je da ovaj odnos bude ispod 90%. Do otprilike 1985. godine odnos troškova i prihoda je bio značajno iznad 90%. Nakon toga, usled povećanja prihoda i istovremenog smanjivanja troškova, vrednost odnosa troškova i prihoda se postepeno smanjuje (Lewis, 2012). Nažalost, dostupnost podataka o odnosu troškova i prihoda je jako ograničena, ali je poznato da železnice poslednjih nekoliko godina prijavljuju da on iznosi između 80% i 85%, što je više nego dovoljno za zdravo funkcionisanje i definitivno dokazuje da železnice SAD danas posluju stabilno (Kreim, 2011).

5. ZAKLJUČAK

Kada se vrše korenite promene jednog sistema kao što je to restrukturiranje evropskih železnica ili deregulacija železnica SAD i kada izvođenje tih promena traje dugi niz godina postavlje se pitanje šta je, ko i koliko zaslužan za pozitivne efekte istog procesa. Nesumnjivo je da su se železnice SAD devedesetih godina prošlog veka, nakon 15 godina od Stagersovog akta, izvukle iz krize. Ova konstatacija, logički potpuno ispravna, nije uvek potkrepljena jasnim uzročno-posledičnim vezama upravo zbog velikog broja događaja u međuvremenu koji su takođe nesumnjivo uticali na konačni pozitivni rezultat deregulacije. Sigurno je da su globalizacija i drugi trendovi u svetu uticali na povećanje tokova robe u SAD. Međutim, ključno pitanje je zapravo da li će određeni transportni sistem biti u stanju da prigrabi za sebe novonastale robne tokove. Dakle, pitanje da li je deregulacija bila uzrok tome da železnice spremno dočekaju promene u tražnji za određenim vrstama robe ima nesumnjivo pozitivan odgovor.

Ovde se, međutim, može postaviti isto pitanje zašto evropske železnice nisu iskoristile slične trendove u Evropi, a postojali su i postoje i sada, i sa restrukturiranjem izašle iz krize? Ovde treba imati u vidu da između evropskog i američkog modela reformi železnica postoje uticajne razlike. Tu pre svega treba imati u vidu činjenicu da se proces reformi železnica u SAD odvijao u uslovima potpuno otvorenog tržišta uz jasno definisane ciljeve države od kojih ona nije odstupala niti se dvoumila. To se, međutim, za Evropu ne može reći ni u kom slučaju. Evropsko restrukturiranje se odvijalo u heterogenim uslovima po pojedinim državama i sa

brojnim zastojima i sumnjama u započete procese reformi. U slučaju SAD, očigledno je da su i država i same železnice imali strpljenja da čitav proces izguraju do kraja bez sumnje i pšravljenja koraka nazad. Doduše, to je bilo i u okolnostima koje ostavljaju malo prostora za nedoumicu da li se proces odvija u željenom smeru. Ipak, ne treba smetnuti sa uma da je strpljenje naročito došlo do izražaja u periodu kada su železnice bile čak i u gorem položaju nego pre početka procesa deregulacije. Upravo je to strpljenje učinilo da se železničke kompanije SAD konsoliduju i to tek nakon više od 15 godina trajanja procesa.

Prema tome, kao zaključak se nameće misao da, ako je proces deregulacije u SAD trajao toliko dugo (i koji se može prihvatiti kao jednostavniji u odnosu na EU koncept restrukturiranja železnica kako po zahvatu tako i po „idealnim“ okolnostima) onda realno govoreći proces restrukturiranja u Evropi mora biti znatno duži. Po grubim procenama autora ovde bi to značilo sasvim sigurno najmanje dvostruko duži period nego u SAD, odnosno 30-ak godina.

Očigledno je od suštinske važnosti biti strpljiv i imati jasno definisane ciljeve, kao i jaku volju i kapacitete, da se proces izgura do kraja. Uz takav pristup, proces restrukturiranja EU železnica bi u narednih deset do petnaest godina mogao doneti takve rezultate koji bi sa sigurnošću potvrdili da su evropske železnice izašle iz krize. Do tada se mora biti istrajan na predviđenom konceptu i harmonizovati proces restrukturiranja na što širem evropskom prostoru. Vreme i prostor su sasvim sigurno faktori koji rade za evropske železnice ali samo u uslovima otvorenog tržišta koji će tek tada dovesti do pozitivnih efekata.

6. LITERATURA

Association of American Railroads (2012). Freight railroads in United States – Rail fast facts. *www.aar.org*.

Association of American Railroads (2009). Staggers act: A balanced regulation that works. *www.aar.org*.

Committee for a study of freight rail transportation and regulation (2015). TRB special report 318: Modernizing freight rail regulation. *Transportation Research Board*.

Cramer R. E. (2007). North American freight rail: Regulatory evolution, strategic evaluation and the revival of an ailing industry. *University of Iowa, dissertation*.

Hamberger E. R. (2013). Hearing on the 35th anniversary of the Staggers Rail Act: Railroad deregulation past, present and future. *Association of American Railroads, president statement*.

Kreim Y. (2011). Productivity of the U.S. freight railroad industry: a review of the past and prospects for the future. *Massachussets Institute of Technology, dissertation*.

Lewis P. (2012). Rail freight traffic: an analysis to better understand the industry and the factors that influence the traffic. *Eno center for transportation*.

Palley J. (2011). Impact of the Staggers Rail Act of 1980. *Office of policy. Office of rail policy and development. Federal railroad administration report*.

Pinkston E. (2006). Freight rail transportation: long term issues. *Congressional Budget Office (CBO), macroeconomics studies division*.

Prater M. (2014). Railroad concentration, market shares and rates. *United States Department of Agriculture, Agricultural market service*.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

INTEGRISANI GRANIČNI PRELAZ*

INTEGRATED BORDER CROSSING

Uroš Stanimirović, Miroslav Prokić
Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, 11000 Beograd, Republika Srbija,
uros.stanimirovic@mgsi.gov.rs, miroslav.prokic@mgsi.gov.rs

***Apstrakt**: Nedostatak interoperabilnosti, imigracione politike i carinske procedure su neki od glavnih razloga koji ometaju efikasan transport ljudi i robe između država. Ovaj problem može biti prevaziđen bilateralnim ili multilateralnim sporazumom između država koji bi omogućio da se skrati vreme zadržavanja na graničnom prelazu primenom integrisanih (zajedničkih) graničnih procedura. Realizacija integrisane granične procedure znatno će uticati na brži "protok" vozova, pojednostavljenje i skraćenje procedura prelaska granica čime se povećava kvalitet železničkog saobraćaja. U ovom radu je prikazan koncept integrisanog upravljanja granicama, način funkcionisanja železničkih graničnih prelaza i mehanizmi za skraćivanje vremena koji vozovi provode na graničnim prelazima sa ciljem povećanja konkuretnosti ovog vida prevoza na evropskom transportnom tržištu.*

***Ključne riječi:** železnica, interoperabilnost, granične procedure*

***Abstract**: Lack of interoperability, immigration policy and customs procedures are some of the main reasons that impede the efficient transport of people and goods between countries. This problem can be overcome by bilateral or multilateral agreements between countries which would enable reduction of dwell time at border crossing by using the integrated (joint) border procedures. Implementation of the integrated border procedures will significantly contribute to faster "flow" of trains, simplifying and shortening the procedure of border crossing which increases the quality of rail transport. This paper presents a concept of integrated border management, the functioning of railway border crossings and mechanisms for shortening the time that trains spend at border crossings in order to increase the competitiveness of this form of transport in the European transport market.*

***Key words:** railway, interoperability, border procedures*

1. UVOD

Međudržavne granice predstavljaju osnovnu smetnju za razvoj jedinstvenog železničkog sistema. Železnički sistem treba da obezbedi transport ljudi i robe iz jednog mesta u drugo, brzo i efikasno, uz uspostavljanje koncepta interoperabilnosti. Svako zaustavljanje donosi ogromne troškove železničkim operaterima. Ova zaustavljanja proističu iz tehničkih i ne-tehničkih „uskih grla" koja onemogućavaju tzv. neprekinut saobraćaj vozova.

Liberalizacija železničkog sektora u EU dovela je do potrebe da se istorijske železničke kompanije adaptiraju uslovima otvorenog tržišta. Ulazak novih/privatnih železničkih kompanija na tržište, pokazao je da železnički transport robe može biti profitabilan u određenom segmentu tržišta i na koridorima. Usled neusklađenosti propisa koji rezultuju

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

komplikovanim i dugim pograničnim procedurama, saradnja između železničkih preduzeća po ovom pitanju je znatno otežana, što ometa uspešan razvoj međunarodnog železničkog putničkog i teretnog saobraćaja.

Pored svih razloga zbog kojih bi železnički prevoz trebao da bude dominantan u međunarodnom prevozu robe i putnika na srednjim i dužim relacijama, on još uvek nije dovoljno konkurentan drumskom saobraćaju. Ovo se ogleda pre svega u njegovoj nemogućnosti da pruži uslugu od vrata do vrata i dugim vremenima prevoza. Nemogućnost pružanja usluge od vrata do vrata predstavlja tehničko-ekploatacionu karakteristiku železničkog prevoza (neelastičnost), dok je dugo vreme prevoza uslovljeno uglavnom ogromnim vremenima koje vozovi provode u pograničnim stanicama. Prema nekim istraživanjima, vreme provedeno na granicama ima udeo od 5% do 35% ukupnog vremena putovanja voza. Činjenica je da postoji ogroman potencijal za smanjenje vremena putovanja samo ubrzanjem procedura u ovim stanicama. Jedno od rešenja za ovaj problem jeste sprovođenje integrisanog upravljanja granicama.

Osnovu integrisanog upravljanja granicama predstavlja sporazum između dve susedne države o uspostavljanju jedne pogranične stanice u kojoj će relevantni državni organi (policija, carina, fitosanitarna i veterinarska inspekcija) i železničko osoblje obavljati zajedničku pograničnu kontrolu. Ovim se ukida dvostruko zaustavljanje vozova sa obe strane granice i omogućava da se ukupno vreme bavljenja na granici smanji i do 50%.

U radu je predstavljen značaj zajedničkih pograničnih stanica, stanje pograničnih stanica i potpisanih sporazuma o integrisanom upravljanju granicama u Republici Srbiji, opis pograničnih procedura, kao i zaključna diskusija.

2. ZNAČAJ ZAJEDNIČKIH ŽELEZNIČKIH POGRANIČNIH STANICA

Efikasnost, produktivnost i konkurentnost železničkog saobraćaja u današnjem kontekstu jedinstvenog evropskog železničkog sistema zavisi od nivoa ostvarene interoperabilnosti železničkih sistema. Prema Direktivi 2008/57/EZ interoperabilnost se definiše kao sposobnost sistema da omogući bezbedan i neprekinut saobraćaj vozova koji ispunjavaju potrebne zahteve za određenu mrežu. Ta sposobnost zavisi od svih regulatornih, tehničkih i eksploatacionih uslova koji moraju biti ispunjeni da bi se zadovoljili osnovni zahtevi za interoperabilnost. U praksi, to predstavlja smanjenje svih tehničkih i ne-tehničkih „uskih grla“ koja utiču na neprekinut saobraćaj vozova, odnosno obezbeđivanje što kraćeg vremena prevoza putnika i robe.

Sa cilju da se privuče veći obim robe i putnika, i da železnički saobraćaj postane konkuretniji, potrebno je ukloniti uska grla ili barem smanjiti njihov uticaj na železnički saobraćaj tamo gde je to neophodno i finansijski izvodljivo.

Tehnička ograničenja se uglavnom rešavaju velikim investicionim ulaganjima u železničku infrastrukturu sa ciljem podizanja njenog kvaliteta i nabavkom modernih višesistemskih lokomotiva sa ciljem smanjenja vremena koje vozovi provode u pograničnim stanicama.

Ne-tehnička ograničenja rešavaju se harmonizacijom propisa, obučavanjem mašinovođa da upravljaju lokomotivom na više železničkih mreža, i uvođenjem novih organizacija rada u koje spada i pružanje integrisane pogranične usluge.

Integrisane pogranične usluge podrazumevaju uvođenje jedne pogranične stanice u kojoj se nalaze sve relevatne službe za pograničnu kontrolu obe zemlje i kombinovanje njihovih aktivnosti. Prema Strategiji za integrisano upravljanje granicom, integrisano upravljanje granicom podrazumeva uređenu saradnju svih službi prisutnih na graničnim prelazima (unutar, između i međunarodnu saradnju), kao i drugih državnih organa i institucija sa ciljem postizanja otvorenosti granice za kretanje lica i robe, a zatvorenosti za sve kriminalne, i druge nedozvoljene aktivnosti.

Opšti cilj (ovakvih)pograničnih stanica jeste smanjenje kašnjenja vozova optimizacijom neophodnih procedura koje se ostvaruju primenom koncepta „*one stop*" i „*single window*", istovremeno održavanje zahtevanog nivoa bezbednost uz poštovanje nacionalnih zakona obe države i zakonodavstva EU.

Primenom koncepata „one stop" i „single window" omogućuje se korišćenje standardizovanih informacija i dokumenata kako bi se jednim zaustavljanjem voza sprovele sve procedure i regulatorni zahtevi vozova u tranzitu tranzita, dok će se fizički pregled robe i kontrola putnika, koliko god je to moguće vršiti u isto vreme i na jednom mestu. Ovi koncepti omogućavaju brži protok saobraćaja, pojednostavljuju i skraćuju procedure prelaska granica, čime se povećava konkurentnost železničkog saobraćaja u odnosu na druge vidove prevoza.

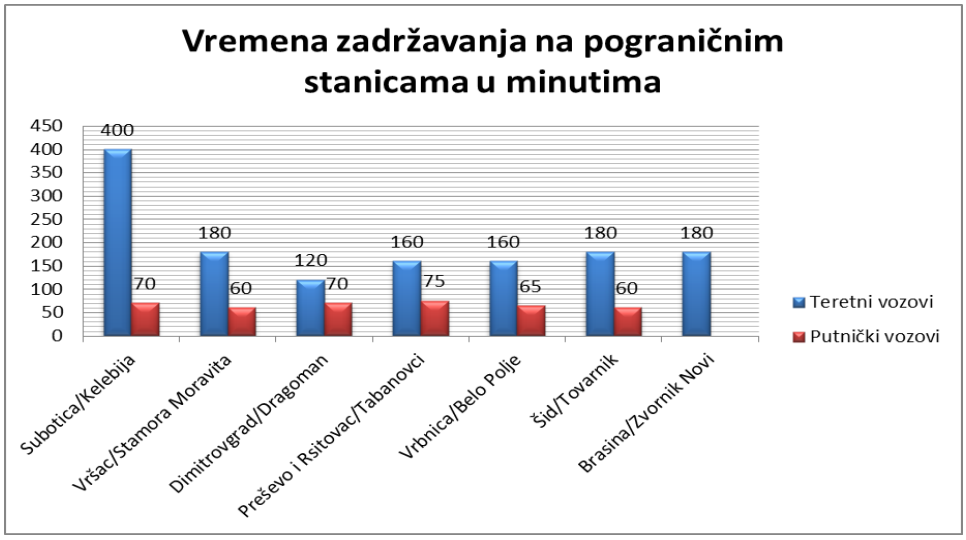
Koncept zajedničke kontrole na zajedničkom pograničnom prostoru zahteva od zemalja da prilagode postojeće objekte na graničnim prelazima, kako bi zajedničke operacije mogle biti sprovedene, što zapravo predstavlja ograničenje u pogledu infrastrukture. Ne postoje neka značajnija operativna ograničenja ako se ima u vidu da se sve procedure sprovode na istovetan način i da efikasno sprovođenje kontrole pre svega zavisi od stepena saradnje svih relevantnih službi.

3. STANJE POGRANIČNIH STANICA U REPUBLICI SRBIJI

Republika Srbija ima teritoriju od 88.361 km^2 i graniči se sa osam država: Mađarskom, Rumunijom, Bugarskom, Makedonijom, Albanijom, Crnom Gorom, Bosnom i Hercegovinom i Hrvatskom. Ukupna dužina državne granice Republike Srbije iznosi 2.351,7 km (Izjava o mreži za Red vožnje 2016-2017. godine).

Mreža železničkih pruga Republike Srbije je povezana sa železničkim mrežama sedam država (osim sa Republikom Albanijom). Granice železničke mreže „Infrastruktura železnice Srbije" a.d. sa susednim železničkim mrežama jesu granične stanice: Subotica, Horgoš, Preševo, Đeneral Janković, Vrbnica, Bogojevo, Šid, Brasina, Kikinda, Vršac i Dimitrovgrad. Promena sistema vuče postoji samo na graničnom prelazu sa Republikom Bugarskom u stanici Dimitrovgrad na pruzi Niš-Dimitrovgrad-državna granica sa Bugarskom (Izjava o mreži za Red vožnje 2016-2017. godine).

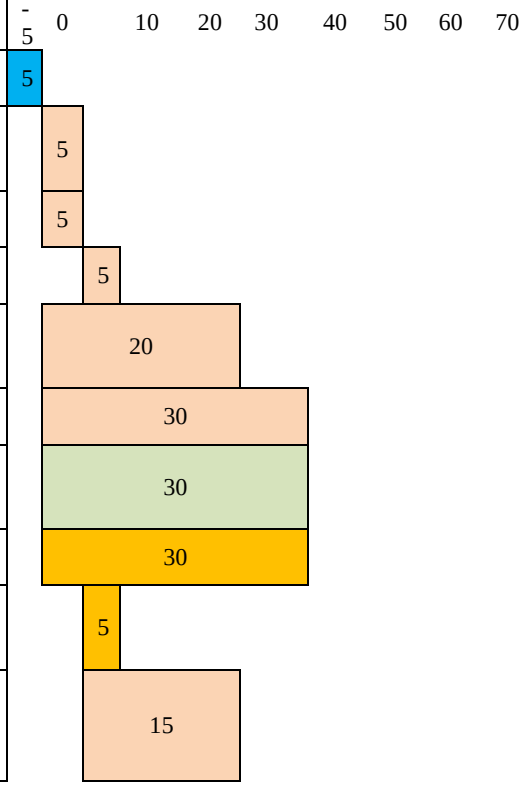
Na dijagramu u nastavku prikazana su prosečna realizovana vremena zadržavanja na pograničnim stanicama koje se nalaze na Osnovnoj i Sveobuhvatnoj mreži železničkih ruta za Zapadni Balkan u Republici Srbiji (Slika 1).



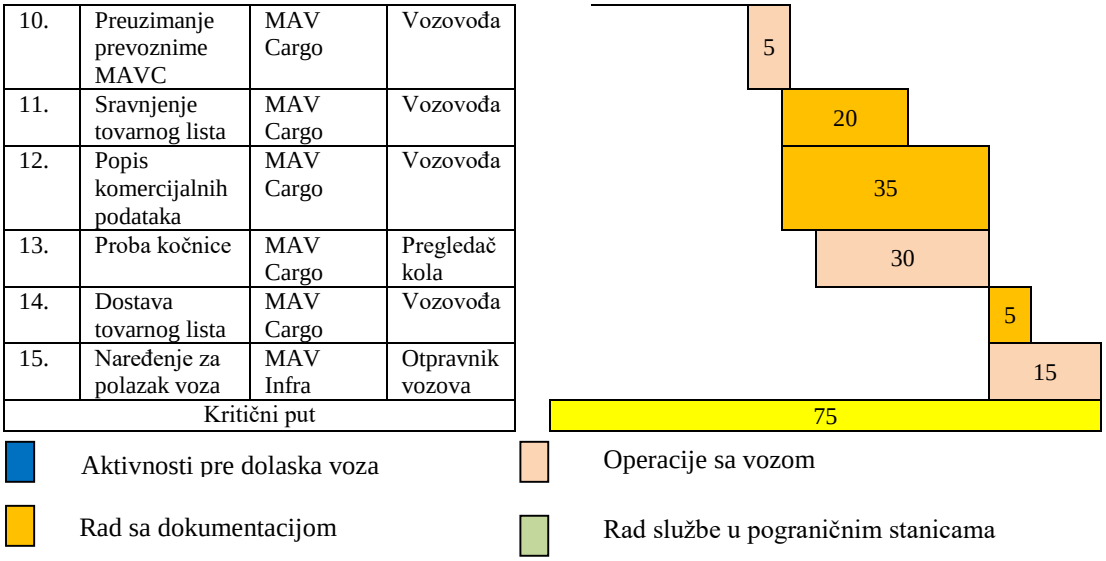
Slika 1. Vremena zadržavanja

Radi isticanja značaja zajedničkih pograničnih stranica, mogu se uzeti u obzir rezultati projekta Cream - *Customer-driven Rail-freight services on a European mega-corridor based on Advanced business and operating Models*, prema kome minimalno vreme zadržavanja teretnog voza u jednoj zajedničkoj pograničnoj stanici iznosi 75 minuta. Na gantogramu aktivnosti (Slika 2) su dati su svi zadaci koje je potrebno sprovesti za obradu jednog teretnog voza na zajedničkoj pograničnoj stanici Hegyeshalom između Austrije i Mađarske, sa izuzetkom sporadičnih događaja, kao što su isključivanje kola ili tehnički defekti lokomotive.

Rb.	Standardne procedura	Komanija	Radnik
1.	Informacija o dolasku voza	MAV Infra	Otpravnik vozova
2.	Donošenje dokumenata i tovarnog lista	OBB	Vozovođa
3.	Raskvačivanje lokomotive	MAV Cargo	Manevri-sta
4.	Zakvačivanje lokomotive	MAV Cargo	Manevri-sta
5.	OBB komercijalni pregled	OBB	Vozovođa
6.	MAV tehnički pregled	MAV Cargo	Pregledač kola
7.	Provera od strane organa	Austrijans ki/Mađars ki organi	Granična policija
	Popis voza	MAV Cargo	Vozovođa
8.	Provera prevoznine unapred	MAV Cargo	Vozovođa
9.	Predaja prevoznine od OBB za MAVC	OBB	Vozovođa



10.	Preuzimanje prevoznime MAVC	MAV Cargo	Vozovođa
11.	Sravnjenje tovarnog lista	MAV Cargo	Vozovođa
12.	Popis komercijalnih podataka	MAV Cargo	Vozovođa
13.	Proba kočnice	MAV Cargo	Pregledač kola
14.	Dostava tovarnog lista	MAV Cargo	Vozovođa
15.	Naređenje za polazak voza	MAV Infra	Otpravnik vozova
Kritični put			



Slika 2. Gantogram aktivnosti

Očigledno je da zadržavanje teretnih vozova na pograničnim stanicima u Republici Srbiji traje skoro dva puta duže, nego na primeru Austrijsko-Mađarske pogranične stanice, dok je u pograničoj stanici Kelebija čak šest puta veće. Razlog za ovakvo stanje na granici sa Mađarskom jesu pokušaji migranata da ilegalno pređu iz Srbije u Mađarsku u teretnim vozovima, pa su kontrole znatno veće i pregled traje duže.

Pogranične procedure, kao što se može videti na gantogramu, mogu biti podeljene na železničke i neželezničke (one koje sprovode organi železnice i na one koje sprovode organi države). Procedure koje sprovode železnički radnici su uglavnom aktivnosti koje se odnose na standardne procedure sa vozovima i pratećom dokumentacijom, dok su aktivnosti organa države nešto složeniji, što dovodi do toga da su procedure koje sprovodi granična policija, carina, fitosanitarna i veterinarska kontrola često nedovoljno jasne ljudima van ovih službi i zbog toga je u nastavku dat opis tih aktivnosti.

3.1. Poslovi organa države u pograničnim stanicama

Postoje, četiri glavne službe sa nadležnostima vezanim za granicu i granične prelaze, i to:

- Uprava granične policije pri Ministarstvu unutrašnjih poslova;
- Uprava carine pri Ministarstvu finansija;
- Granična fitosanitarna inspekcija pri Ministarstu poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede;
- Granična veterinarska inspekcija pri Ministarstu poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede.

Ove četiri granične službe svojim zajedničkim radom na granici treba da obezbede osnovne preduslove za efikasan sistem kontrole i nadzor granice. Složenost zadataka koji se obavljaju na granici zahteva, pored četiri glavne, podršku i drugih državnih organa i institucija u radu graničnih službi.

Redovni poslovi kontrole državne granice odnose se na lica, transportna sredstva i robu, i podrazumevaju provere na graničnim prelazima, sprečavanje nekontrolisanog ulaza, što uključuje i pitanja vezana za traženje azila i postupanje prema uhapšenim osobama bez dokumenata u skladu s međunarodnim poveljama i konvencijama (Zakon o zaštiti državne granice, 2015).

U poslove kontrole državne granice spadaju i poslovi vezani za razne vidove bezbednosnih povreda granica, uključujući sprečavanje krijumčarenja, opasnost od unošenja bolesti koje su zarazne za ljude, životinje i biljke, pojačana kontrola zbog pretnje koju predstavlja međunarodni terorizam. Njihovo suzbijanje zahteva širok spektar mera i stroge mehanizme kontrole. S druge strane, povećanje obima međunarodne trgovine, turizma, kulturne i obrazovne razmene zahteva otvorenije granice. Iz tog razloga granične službe moraju da stvore ravnotežu između strogih kontrola i sasvim otvorenih granica, a bliska saradnja različitih službi, sa obe strane granice, može doprineti stvaranju takve ravnoteže.

Deo ovih zadataka može se jasno dodeliti određenoj službi, ali uočljiva je i značajna zona preklapanja nadležnosti, naročito carinske službe i granične policije.

Osnovni principi efikasnog upravljanja granicama u kontekstu evropskih standarda su otvorenost granica za trgovinu i kretanje lica, a zatvorenost granica za sve kriminalne aktivnosti. Pored toga, glavni oslonci integrisanog upravljanja granicom su saradnja unutar službi, koja podrazumeva saradnju u okviru ministarstva i službi nadležnih za pojedine zadatke, zatim saradnja između službi, što obuhvata svakodnevne operativne kontakte na prelazima, i međunarodna saradnja, koja podrazumeva koordinaciju procedura i sprovođenja aktivnosti radi efikasnijeg i kvalitetnijeg upravljanja i kontrole granice.

Najbitnija služba koja vrši kontrolu granice sprovođenjem procedura je granična policija. Njen zadatak je da kontroliše državnu granicu sa ciljem obezbeđenja nepovredivosti državne granice, otkrivanja i sprečavanja i kažnjivih dela i počinilaca tih dela, zaštite života i zdravlja ljudi i životne sredine, kao i sprečavanje ilegalne migracije. Granična policija poslove zaštite državne granice obavlja u skladu sa nadležnostima utvrđenim Zakonom o zaštiti državne granice. Granična policija dužna je da vodi evidenciju o licima nad kojima je izvršena granična kontrola.

Osnovni zadatak i svrha carine je zaštita ekonomskih, fiskalnih i finansijskih interesa države, zaštita od nezakonite i ilegalne trgovine, bezbednost i zaštita ljudi i životne sredine i olakšavanje međunarodne trgovine. Carinski organ kontroliše međunarodni promet robe, doprinoseći slobodnoj trgovini, sprovođenju spoljašnjih aspekata domaćeg tržišta i principa koji se odnose na trgovinu, kao i opštoj bezbednosti u lancu trgovine. Radnje i aktivnosti koje sprovodi carina mogu se vršiti van carinskog područja samo ako je to utvrđeno međunarodnim sporazumom. Carinsko područje obuhvata teritoriju i teritorijalne vode, kao i vazdušni prostor iznad Republike Srbije i ograničeno je carinskom linijom koja je istovetna s granicom Republike Srbije. Kada drugi nadležni organi, nad istom robom sprovode kontrolu, carinski organ će, u saradnji sa tim organom, nastojati da se ta kontrola vrši, gde god je to moguće, u isto vreme i na istom mestu kao i carinska kontrola, uz koordinirajuću ulogu carinskog organa (Carinski zakon, 2016).

Fitosanitarna inspekcija vrši pregled pošiljaka bilja koji se uvoze ili tranzitiraju kroz državu da bi se sprečilo pojavljivanje i širenje štetnih organizama za biljke ili druge biljne proizvode. Pošiljka bilja je određena količina bilja ili biljnih proizvoda koji se transportuju i koje prati fitosanitarni sertifikat ili drugi jedinstveni dokument ili oznaka, potrebni za

sprovođenje carinskih ili drugih postupaka. Fitosanitarni pregled pošiljke bilja vrši se na graničnom prelazu preko koga se, u skladu sa posebnim propisom može uvoziti, izvoziti i provoziti pošiljka bilja. Fitosanitarni pregled pošiljke bilja vrši se pregledom dokumentacije koja prati pošiljku bilja, prevoznog sredstva, ambalaže i bilja.

Veterinarsko-sanitarna kontrola se vrši na određenim vrstama pošiljaka, na propisan način na graničnim prelazima na kojima postoji organizovana veterinarsko-sanitarna kontrola. Pošiljkama smatraju se pošiljke životinja, proizvoda životinjskog porekla, hrane životinjskog porekla, sporednih proizvoda životinjskog porekla ili hrane za životinje, kao i pošiljke mešovite hrane koja u svom sastavu sadrži proizvode životinjskog porekla, obuhvaćeni istim propisanim dokumentom, koje se nalaze u istom prevoznom sredstvu, a koje potiču iz istog mesta porekla i namenjene su istom mestu krajnjeg odredišta. Veterinarsko-sanitarna kontrola na graničnom prelazu sastoji se od pregleda dokumentacije, identifikacije pošiljke i fizičkog pregleda pošiljke, u skladu sa zakonom kojim se uređuje veterinarstvo. Ovo se ne odnosi na pošiljke kućnih ljubimaca koji se kreću u pratnji vlasnika.

4. BILATERALNI SPORAZUM INTEGRISANOG UPRAVLJANJA ZAJEDNIČKOM POGRANIČNIM STANICOM

Osnovni razlog zbog kojeg države treba da sprovedu koncept integrisanog upravljanja granicama, jeste njegov ogroman potencijal za smanjenje vremena putovanja - čak do 35% samo "ubrzanjem" procedura u pograničnim stanicama (The Cream project, 2012). Ovo "ubrzanje" je rezultat aktivnosti graničnih organa dveju država na jednoj zajedničkoj lokaciji, uz eliminaciju dupliranja istih procedura.

Pored ovoga, navedeni koncept utiče i na smanjenje troškova infrastrukture ioperativnih troškova ali i povećanje konkuretnosti železničkog prevoza.

Naravno, postoje i ograničanjenja ovog koncepta, i postavlja se pitanje: ako integrisano upravljanje ima toliko prednosti , zašto nema integrisanih prelaza u regionu? Odgovor na ovo pitanje se sastoji izi:

- Nerazumevanja integrisanog upravljanja;
- Jasnijeg razumevanja potencijalnih ograničenja implementacije;
- Potrebe da se svi granični organi posvete ovom konceptu kako bi on bio uspešan;
- Neodgovarajuća ili neodrživa infrastruktura.

Da bi se ovaj koncept sproveo u delo, neophodno je da se na odgovarajući način uđe u regulativu Sporazumom o utvrđivanju granične procedure se propisuju nadležnosti, prava i obaveze ugovornih strana. Ovim ugovorom se najpre definiše pojam zone, koji je neophodan za efikasno funkcionisanje graničnog prelaza. On predstavlja prostor (zajedno sa kolosecima i ostalim objektima neophodnim za rad) na teritoriji jedne od ugovornih strana gde granični organi obe strane sprovode granične procedure, pri čemu se garantuje slobodan pristup železničkim preduzećima koji žele da uđu u zonu po fer i nediskriminatornoj osnovi. U sklopu zone se pored navedenih procedura pruža usluga jednog prodajnog šaltera („One Stop Shop"). Takođe, da bi prelaz bio efikasniji za putnički saobraćaj, neophodno je da se kontrola sprovodi dok je voz u pokretu između definisanih pograničnih stanica.

Sporazumom treba predvideti formiranje komisije koja se sastoji od predstavnika obe ugovorne strane koja bi imala ulogu nadzornog organa. Zadaci komisije su da prati primenu

pomenutog sporazuma, da obezbedi nediskriminatorski pristup, omogući fer konkurenciju, da rešava potencijalne probleme ili poteškoće u toku primene sporazuma. Komisija treba da se redovno sastaje (najmanje jednom godišnje) radi evaluacije primene sporazuma.

Bliže definisanje načina sprovođenja granične kontrole se propisuje protokolima koji se potpisuju između relevantnih državnih organa obe ugovorne strane. Protokoli se donose nakon potpisivanja sporazuma između graničnih policija, carinskih organa, fitosanitarnih i veterinarskih organa i protokola između upravljača infrastrukture. Postoji mogućnost za potpisivanje dodatnih protokola između drugih organa ukoliko postoji potreba za tim.

U tabeli u nastavku date su prednosti i mane integrisanog upravljanja granicama (Joint Border Processing at Regional Border-Crossings, 2003):

Tabela 1. Prednosti i mane koncepta zajedničke pogranične stanice

PREDNOSTI	Smanjene vremena prevoza za korisnike graničnog prelaza realizacijom koncepta one stop za kontrolu teretnog saobraćaja i putničkog saobraćaja
	Unapređenje saradnje pograničnih službi
	Smanjenje dupliranja podataka i evidencija
	Potencijal zajedničkih istraživanja i inspekcija
	Smanjenje investicionih ulaganja
	Usklađenost sa međunarodnim konvencijama
MANE	Gubitak nadležnosti u pogledu rada na ne-suverenoj teritoriji, osim ukoliko nije potpisan bilateralni sporazum
	Neki granični službenici moraju da putuju na posao u drugu državu
	Ako objekti u kojima se vrši granična kontrola u obe države nisu sličnog kaliteta, zvaničnici iz jedne države mogu biti u lošijim objektima od onih u kojima trenutno posluju
	Potencijalni gubitak nacionalnog identiteta u pograničnoj zajedničkoj stanici

Vrlo je važno istaći da je nakon potpisivanja sporazuma i definisanja jedne pogranične stanice, potrebno uraditi analizu i projekciju obima saobraćaja, kako bi se utvrdili potrebni kapaciteti takve stanice. Verovatno će biti potrebno investirati u proširenje kapaciteta u pogledu objekata koji će služiti za smeštaj državnih organa i železničkog osoblja, fitosanitarnih i veterinarskih laboratorija, kuhinja i konačišta. Neophodno je obezbediti funkcionalne veze između objekata različitih organa i na taj način pomoći u ostvarivanju cilja slobodnog kretanja ljudi i robe preko granica i istovremenog održavanja granica bezbednim. Takođe, potrebno je investirati u izgradnju novih i rekonstrukciju i produženje postojećih staničnih koloseka, kako zbog nedostatka kapaciteta ne bi došlo do prekida saobraćaja. Pored ovih koloseka potrebno je izgraditi i pomoćne koloseke (carinski kolosek za sporna kola, izvlačnjake, obilazni kolosek i kolosek za gariranje lokomotiva).

Shodno navedenim karakteristikama integrisanog upravljanja pograničnim stanicama i značaju međunarodnog železničkog teretnog saobraćaja za domaću privredu, u proteklih nekoliko godina Republika Srbija je pokrenula inicijativu prema svojim susedima za potpisivanje Sporazuma o utvrđivanju granične procedure. Republika Srbija je u periodu od

2005. godine do danas potpisala tri takva sporazuma, sa Crnom Gorom, Makedonijom i Bugarskom (Tabela 2).

Tabela 2: Potpisani Sporazumi o utvrđivagranične procedure

Država	Sporazum	Definisana pogranična stanica	Primenjivanje sporazuma
Mađarska	-	/	/
Hrvatska	-	/	/
BiH	-	/	/
Crna Gora	+	Belo Polje	-
Makedonija	+	Tabanovci	-
Bugarska	+	Dimitrovgrad	-
Rumunija	-	/	/
		+ potpisan; - nije potpisan, / nije definisana	

Iako su sporazumi potpisani, u praksi se nijedan od njih ne sprovodi. Zaključna diskusija je posvećena razlozima zbog kojih se sporazumi ne sprovode, radi ukazivanja na probleme i ograničenja koji mogu da se pojave.

5. ZAKLJUČNA DISKUSIJA

Republika Srbija je preduzela i još uvek preduzima aktivnosti u cilju sprovđenja tzv. „mekih mera" koje su premijeri regiona Zapadnog Balkana prihvatili na Samitu „Western Balkans" 6 (WB 6) u Beču 2015. godine. U saradnji sa Sekretarijatom SEETO-a, DG Move i DG Near izrađen je plan mekih mera koje treba sprovesti.

Jedna od pomenutih nacionalnih mekih mera jeste revizija Sporazuma između Vlade Republike Srbije i Vlade Republike Bugarske o prekograničnom železničkom saobraćaju. Postojeći sporazum između dveju vlada je potpisan aprila 2005. godine. U skladu sa preduzetim obavezama Republika Srbija je na osnovu ovog sporazuma izvršila adaptaciju stanice kako bi omogućila nesmetano funkcionisanje svih službi. Službenici granične policije i carine bugarske strane su se 2010. godine povukli iz zajedničke stanice Dimitrovgrad i od tada praktično ne postoji integrisan granični prelaz. Razlog je ulazak Republike Bugarske u Evropsku uniju gde navodno nije moguće da se granična kontrola EU vrši van njene teritorije. Povodom ovog slučaja, potrebno je naglasiti da zakonodavni okvir EU ostavlja mogućnost sklapanja sporazuma sa trećim državama radi skraćenja zadržavanja vozova na graničnim prelazima i to Uredbom (EU) 2016/399 o kodeksu Unije o pravilima kojima se uređuje kretanje osoba preko granica (Kodeks o šengenskim granicama). Ovom uredbom je definisano pod kojim uslovima i na koji način se može zaključiti sporazum sa trećom državom, što je bliže određeno Prilogom 6, tačkom 1.1.4. koja se tiče zajedničkog graničnog prelaza i tačka 1.2. koja bliže propisuje prelaze u železničkom saobraćaju.

Sporazum između Vlade Republike Srbije i Vlade Crne Gore o graničnoj kontroli u železničkom saobraćaju, sačinjen je 9. marta 2009. godine u Beogradu. Iako je potpisan pre osam godina, predmetni sporazum se još uvek ne sprovodi. Razlog za ovakvo stanje jeste obaveza koja je pripala Crnog Gori da adaptira kapacitete stanice Belo Polje kako bi koncept integrisanog upravljanja granicama efikasno funkcionisao, koju još uvek nije realizovala. Ista situacija je i sa pograničnom stanicom Tabanovci koja je definisana Sporazumom između Vlade Republike Srbije i Vlade Makedonije 14. novembra 2014. godine. Kao što je u samom radu navedeno, vrlo je bitno definisati odgovarajuće kapacitete stanice, kako sama pogranična stanica ne bi u budućnosti postala usko grlo.

6. LITERATURA

Carinski zakon, „Službeni glasnik Republike Srbije", br.18/2010, 111/2012, 29/2015 i 108/2016.

Handbook of Best Practice at Border Crossing – A trade and transport Facilitation Perspective, Organization for Security and Co-operation in Europe (OSCE) and United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2012.

Izjava o mreži za Red vožnje 2016-2017. godine, „Infrastruktura železnice Srbije" a.d, Beograd, decembar 2016. godine.

Joint Border Processing at Regional Border-Crossings, Governance, Finance and Trade Division East and Central Asia Department and Asian Development Bank, Tashkent, 2003.

Pravilnik o fitosanitarnoj kontroli bilja, biljnih proizvoda i propisanih objekata u međunarodnom prometu, „Službeni glasnik Republike Srbije", br. 32/2010.

Pravilnik o vrstama pošiljki koje podležu veterinarsko-sanitarnoj kontroli i načinu obavljanja veterinarsko-sanitarnog pregleda pošiljki na graničnim prelazima, „Službeni glasnik Republike Srbije", br. 56/10.

Strategija integrisanog upravljanja granicom u Republici Srbiji, „Službeni glasnik Republike Srbije", br. 111/2012.

Zakon o zaštiti državne granice, „Službeni glasnik Republike Srbije", br. 97/2008 i 20/2015 - dr. zakoni.

The CREAM Project, *Customer driven Rail-freight services on a European mega-corridor based on Advanced business and operating Models,* Sixth Framework Programme for Research and Technological Development (FP6), Jul 2012.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

MERENJE PERFORMANSI ŽELEZNIČKIH SISTEMA EVROPE*

EUROPEAN RAILWAY PERFORMANSE MEASURING

Bojan Dragićević, Mirjana Bugarinović
Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd, Srbija, bojan.dragicevic.bd@gmail.com, mirab@sf.bg.ac.rs

Apstrakt:. *Sa donošenjam prve direktive o reformi železničkog sistema, direktiva 91/440/EEZ, železnički sistem kreće putem promena u pogledu stanja železničkog tržišta, broja aktera na tržištu i načina pružanja usluga. Te promene se odražavaju i na sveobuhvatnost i način merenja perfomansi, pokazatelja rada i poslovanja aktera. Za praćenje opštih performansi železničkog sistema trenutno se koriste dva sistema, Rail Liberalization Index, koga je razvio IBM Global Business Service, i drugi European Railway Performance Index (RPI), koga je razvila Boston Consulting Group. U ovom radu su prikazana i diskutovana oba sistema, ukazano na uticaj javnih troškova, subvencija i investicija, na performanse železničkog sistema i data je ocena performansi železničkog sistema Srbije*

Ključne riječi: *performanse, železnički sistem, LIB index, RPI index*

Abstract*: With adoption of directive (91/440/EEC), first regarding the railway system reform, railway system started to change railway market condition, number of actors on the market, and way of services providing. Those changes affect comprehensiveness and the way of measuring of performance, operation indicators as well as operators and infrastructure manager business. For monitoring of railway system performances, two systems are in use currently: Rail Liberalization Index, which developed IBM Global Business Service, and European Railway Performance Index – RPI, which developed Boston Consulting Group. Both systems are shown and discussed in this paper, with indication on public costs impact on railway system performance and asssesment of the Serbian railway sector perfomances.*

Key words: *performances indicators, railway system, LIB index, RPI index*

1. UVOD

Do pred kraj dvadesetog veka veliki broj železničkih sistema širom Evrope još uvek karakteriše delimično otvoreno tržište i monopol nacionalnih prevoznika na nacionalnim tržištima. Razvijenost železničkih sistema se prati merenjem određenih performansi koje ukazuju na nivo razvijenosti prevoza i korišćenje osnovnih resursa infrastrukture. Podaci o performansama se predstavljaju kao statističke veličine i pri njihovoj analizi se ne uzimju u obzir karakteristike država odnosno ekonomski standard stanovništva, gustina železničke mreže, struktura privrede, itd. Takvo praćenje performansi je omogućavalo u kontinuitetu praćenje stanja železničkog transporta i infrastrukture odnosno korišćenje njihovih kapaciteta. Merenje performansi železničkog tržišta nije bilo tema.

Nakon usvajanja direktive 91/440/EEZ, krenulo se sa restrukturiranjem nacionalnih železnica tj. razdvajanje prevoza od upravljanja infrastrukturom i liberalizacija nacionalnih

* ***Pregledni rad***

železničkih tržišta u cilju stvaranja jedinstvenog Evropskog železničkog sistema. Ostvarenje postavljenog cilja sada se prati kroz performanse rada više aktera, performanse železničkog tržišta i njihovi zajednički efekti. Sada je akcenat na praćenju njhovih relacija izraženih kroz produktivnost, efikasnost, efektivnost kao i uočavanje mogućih mesta za njihovo konstantno unapređenje. Rezultati merenja performansi sada indirektno pokazuju i položaj železničkog sistema i tržišta jedne zemlje u odnosu na druge.

Da bi se mogli upoređivati železnički sistemi, meriti njihovi nivoi razvijenosti i mogućnosti za unapređenje razvijena su dva vrlo značajna indeksa, LIB index i RP index kojim se mere perfomanse železničkog tržišta.

U radu je najpre dat kratak osvrt na glavne probleme koji su uzrokovali promenu načina merenja performansi i inicirali stvaranje LIB i RP indeksa. U trećem i četvrtom poglavlju su detaljnije razmatrani ovi indeksi, prikazana je njihova metodologija i rezultati koje su zemlje članice Evropske unije ostvarivale tokom godina, kao i analiza tih rezultata. Zatim je detaljnije sagledano da li postoji uticaj javnih troškova, subvencija i investicija, na performanse železničkog sistema. Na kraju, merenjem ovih indeksa za železnice Srbije, analiziran je stepen otvorenosti tržišta i nivo performansi kako bi se uvidelo gde se Srbija nalazi u odnosu na zemlje članice i šta je to na čemu treba raditi kako bi se celokupna slika železnica Srbije popravila.

2. KRATAK OSVRT NA NASTANAK INDEXA

Prethodne studije (Gannon and Shalzi, 1995) koje su se bavile ispitivanjem pokazatelja učinka železničkih kompanija prikazivale su analizu statističkih podataka i oni nisu bili dovoljni za praćenje stanja železničkog tržišta.

Kako jedan od glavnih ciljeva reforme železnice, liberalizacija tržišta bilo je neophodno sagledati rezultate koje su države članice postigle po tom pitanju. Zbog toga je 2002. godine definisan indeks koji meri stepen liberalizacije tržišta, poznatiji kao LIB indeks, a iniciran je od strane novih železničkih kompanija koje traže pristup železničkoj mreži (Kirchner, 2002). On je ažuriran tokom godina i poslednje merenje je bilo 2011 godine.

Nakon toga, javila se potreba za sveobuhvatnijim merenjem performansi učinka, gde će biti obuhvaćeno više faktora i korelacije između njih. Na osnovu toga 2012. uradjena je studija i definisan je tzv. Rail Performance Index (Duranton et al.,2012). Ovaj index je izuzetno značajan, jer je on omogućavao sistematizovanje i usaglašavanje pojedinih grupa perfomansi. U ovom indeksu meri se iskorišćenost kapaciteta železničke infrastrukture, kvalitet usluga prevoza i bezbednost nacionalnih železničkih sistema. Cilj ovog istraživanja bio je da se otkrije da li postoji korelacija između modela alokacija državnih subvencija i performansi nacionalnih železničkih sistema.

3. INDEKS LIBERALIZACIJE ŽELEZNIČKOG SISTEMA (RAIL LIBERALIZATION INDEX – LIB INDEKS)

LIB indeks se koristi kao alat koji ima za cilj da vrši uporednu analizu prepreka koje onemogućavaju slobodan pristup železničkom tržištu sa aspekta železničkih kompanija u državama Evropske Unije uključujući i Norvešku i Švajcarsku. Postoje četiri verzije studija koje su rađene 2002, 2004, 2007 i 2011. a koje je radila kompanija „IBM Global Business

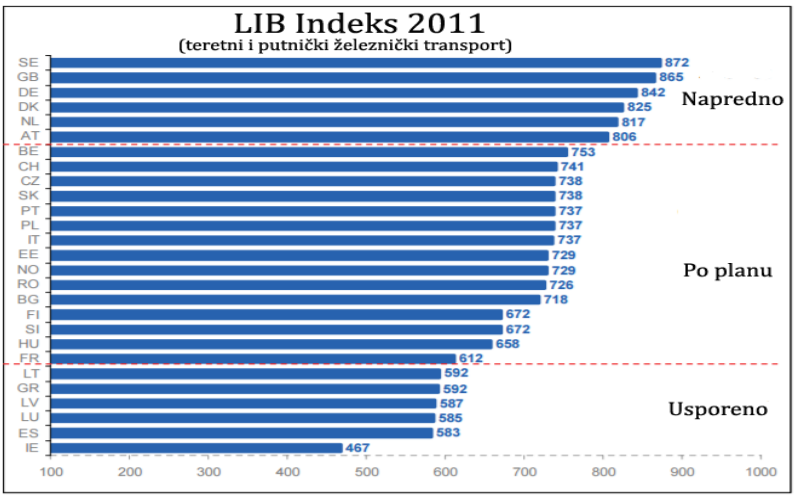
Services“ u saradnji sa prof. Kristijanom Kirhnerom sa Humbolt univerziteta u Berlinu. Studija predstavlja benčmarking zakonskih i defakto prepreka pristupu železničkom tržištu.

Dodatni razlog razvijanja LIB indeksa jeste to što kompanije da bi se odlučile da li će ući na tržište ili ne, kao i pri pravljenju planova poslovanja, moraju prethodno da sakupe relevantne podatke za čije sakupljanje je potrebno dosta vremena a zatim urade i empirijska istraživanja. Korišćenjem LIB indeka vrlo brzo mogu da se odluče da li će pristupiti tržištu i krenuti u dublju analizu tržišta i svog poslovanja.

Kada nove železničke kompanije planiraju ulazak na tržište, one razmatraju sledeća tri principijelna pitanja:

1. Šta je za nove železničke kompanije zakonska prepreka u državi na čije tržište ulaze
2. Kog su oblika stvarne moguće (defakto) prepreke pristupu tržišta
3. U kom obimu je zastupljena konkurencija na tom železničkom tržištu

Ova tri aspekta su predstavljena u obliku tri podindeksa, a to su LEX, ACCESS i COM indeksi. S obzirom na stepen otvorenosti železničkog tržišta, liberalizacije, razlikuju se 4 kategorije država. To su sledeće kategorije: „Napredno“, „Po planu“„Usporeno“ i„Čeka se početak“ U prvoj kategoriji se nalaze države koje imaju 800-1000 LIB indeks poena. U drugoj se nalaze države sa 600-799 poena, u trećoj od 300 do 599, dok se u četvrtoj kategoriji nalaze države sa manje od 300 poena. U verzijama iz 2002. i 2004. godine (Kirchner, 2002) nije bilo država iz prve kategorije, jer se tržišta nisu još uvek liberalizovala u tolikoj meri, a u verzijama iz 2007. (Kirchner, 2007) i 2011. godine nema država iz četvrte kategorije, jer su sve države imale više od 300 poena, što ukazuje na vidno poboljanje rezultata po tom pitanju. Na Slici 1. se mogu videti rezultati iz verzije iz 2011. Prema prikazanom, može se zaključiti da je stepen otvorenosti železničkog tržišta na zadovoljavajućem nivou, i da se, gledajući i prethodne studije, trend liberalizacije nastavlja. Međutim, iako izuzetno važan segment, samo otvoreno tržište nije dovoljno kako bi se železnički sistem razvijao u celini i kako bi postao konkurentat drugim vidovima transporta, a naročito drumskom. Za to je potrebno unaprediti kvalitet usluga prevoza, povećati bezbednost saobraćaja i još mnogo toga. Zbog toga, LIB indeks kao takav postaje nedovoljan za adekvatno praćenje performansi železničkog sistema. Shodno tome, kao odgovor na te zahteve nastao je Rail Performance Index koji je detaljnije prikazan u narednom poglavlju.



Slika 1. Rezultati LIB indeksa iz 2011. godine (Izvor: IBM Global Business Services)

4. RAIL PERFORMANCE INDEX - RPI

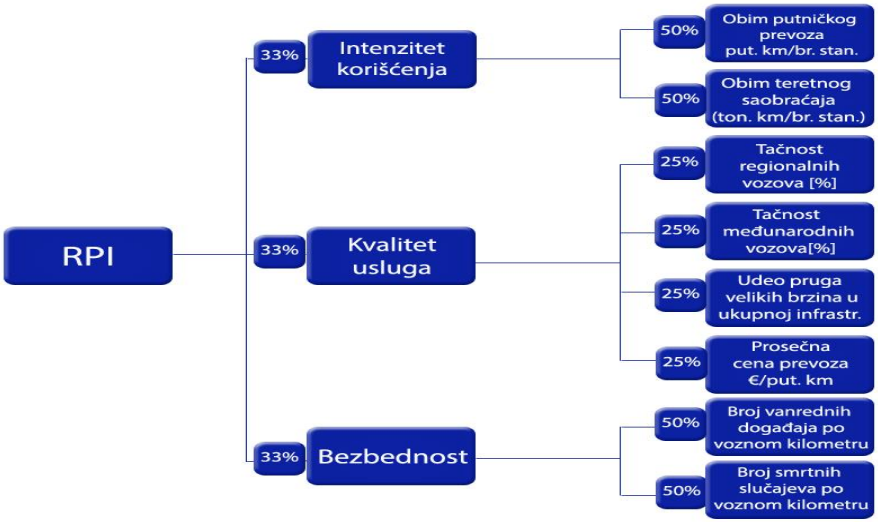
Kako bi se što bolje razumele performanse železničkih sistema u Evropi, bostonska konsultantska kuća (BCG – Boston Consulting Group) je razvila indeks performansi železničkog sistema (RPI – Railway Performance Index). RPI predstavlja najobuhvatniji benčmarking železničkog transporta u Evropi do sada. Postoje tri verzije ovih studija. Prva je iz 2012. godine, druga iz 2015. godine, a treća iz 2017. godine (Duranton et all., 2017). S obzirom da glavni izvor podataka koji se koriste za proračun RPI predstavljaju podaci dobijeni od Međunarodne železničke unije (UIC), a neke zemlje ne pružaju informacije kakve UIC zahteva, nije bilo moguće proračunom obuhvatitit sve zemlje EU. To su Grčka i Estonija, a u prvoj verziji pored njih nalazi se i Danska. Pored zemalja Evropske Unije obuhvaćene su Švajcarska i Norveška.

4.1. Metodologija RPI

RPI uključuje tri komponente železničkih performansi i pruža značajan uvid svim akterima koji teže povećanju performansi evropskog železničkog sistema. RPI meri performanse železničkog sistema zajedno i za putnički i za teretni transport. i to su:

- Intenzitet korišćenja kapaciteta železničke infrastrukture (obim saobraćaja)– koliko se putnika i robe preveze železnicom;
- Kvalitet usluge prevoza – da li su vozovi tačni, brzi i udobni;
- Bezbednost – da li se železnički sistem pridržava najviših bezbednosnih standarda.

Svaka od ovih dimenzija sadrži po još najmanje dve poddimenzije, koje su jednako važne. Za proračun indeksa obuhvaćene su vrednosti svih dimenzija i poddimenzija po njihovoj težini.



Slika 2. Metodologija Rail Performance Index-a (Izvor: The Boston Consulting Group)

Kao posledica ovako definisane metodologije javljaju se tri nepravilnosti:

1. Kvalitet usluge prevoza odnosno ocena kvaliteta usluge prevoza u putničkom i teretnom saobraćaju zavisi od dostupnosti i kvaliteta informacija. Performanse putničkog saobraćaja su merodavnije u odnosu na performanse teretnog transporta

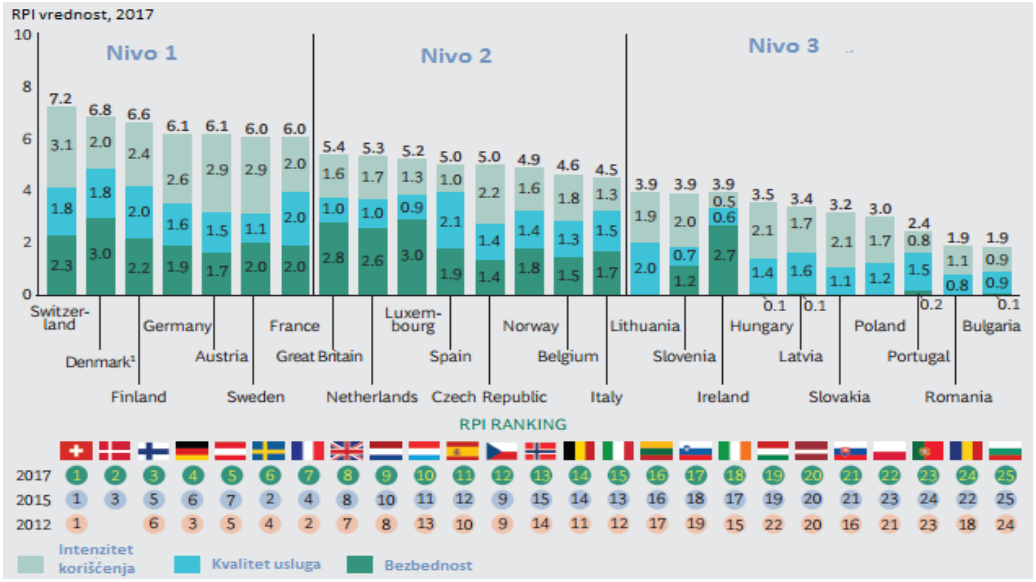
zbog dostupnih informacija o kvalitetu usluga – posebno vezanih za cenu i tačnost, dok su za prevoz robe te informacije nedostupne. Zbog toga, u nekim zemljama, visok RPI ne mora značiti i stvarno visok kvalitet usluga u teretnom saobraćaju.

2. Na ocenu kvaliteta usluga utiču i karakteristike putovanja putnika, veličina železničke mreže i učešće pruga za vozove velikih brzina. Po pitanju kvaliteta usluga zemlje sa većim obimom rada u daljinskom saobraćaju su favorizovane u odnosu na one sa manjim. Te zemlje imaju veći procenat putnika koji koriste vozove velikih brzina, odnosno putnike koji koriste usluge železnice za putovanja na većim rastojanjima.
3. Zemlje čiji potrošači imaju slabiju kupovnu moć su favorizovane u odnosu na one sa većom kupovnom moći zbog manjih cena prevoza, jer u metodologiji nije uračunata prosečna cena prevoza na osnovu pariteta kupovne moći.

Radi lakše analize performansi železničkih sistema pojedinih država, zemlje uključene u analizu svrstane su u tri nivoa, zavisno od njihovog RPI indeksa:

- Prvom nivou (RPI od 6 do 10) pripadaju zemlje koje imaju najbolje performanse železničkih sistema
- Drugom nivou (RPI od 4,5 do 6) pripadaju zemlje koje imaju srednji nivo performansi železničkih sistema
- Trećem nivou (RPI ispod 4,5) pripadaju zemlje sa relativno lošim performansama železničkih sistema.

Na sledećoj slici su prikazani rezultati RPI , studija iz 2017. godine.



Slika 3. Rezultati RPI studije iz 2017. godine (Izvor: Boston Consulting Group)

Zemlje iz prve grupe imaju uglavnom dobre i vrlo dobre performanse za najmanje dve dimenzije. Zajednička karakteristika za sve zemlje ovog nivoa je da sve imaju najmanje vrlo dobru ocenu za bezbednost, kao i dobre ocene za kvalitet usluge.

U drugom nivou sve zemlje imaju dobre ocene za bezbednost dok, su preostale dve performanse nešto slabije u poređenju sa zemljama iz prvog nivoa, a naročito pokazatelj intenziteta korišćenja kapaciteta železničke infrastrukture.

U trećem nivou sve zemlje osim Irske imaju prilično loš pokazatelj bezbednosti. Takođe, ni preostale dve performanse nisu na zavidnom nivou.

Rezultati RPI iz 2017 se uglavnom podudaraju sa rezultatima iz 2012. i 2015. godine uz nekoliko izmena. Danska, Finska, Francuska, Nemačka, Švedska i Švajcarska su i dalje na prvom nivou. Danska, Finska, Nemačka su napredovale, dok su Švedska i Francuska nešto lošije pozicionirane. Najveća promena je to što se Austrija vratila na prvi nivo zahvaljujući unapređenju na polju tačnosti i intenziteta korišćenja infrastrukture. Na drugom nivou takođe nije bilo znatnih izmena – Luksemburg, Holandija, Španija i Norveška su se poboljšale dok su Češka i Italija nazadovale. Treći nivo sadrži iste države kao i u verziji iz 2015. godine, a unutar samog nivoa je došlo do nekoliko promena. Najveći pad RPI indeksa od 0.5 ostvarila je Bugarska, a ova zemlja je i 2012. i 2015. godine ocenjena kao zemlja sa najnižim performansama železničkog sistema među ispitanim zemljama. Posebno indikativan podatak je pad ocene za bezbednost, koja je, iako ocenjena vrlo niskom ocenom od 0.4 u 2012. godini, dodatno pala na 0.1 u 2015. godini. Zatim u studiji se išlo dalje u analizu uticaja pojedinih perfomansi na stanje železničkog sektora i to posebno na performanse koje odražavaju odnos države prema železničkom sistemu. Da li postoji korelacija izmedju javnih troškova i stanja železničkog sektora?

4.2. Uticaj javnih troškova, subvencija i investicija, na performanse železničkog sistema.

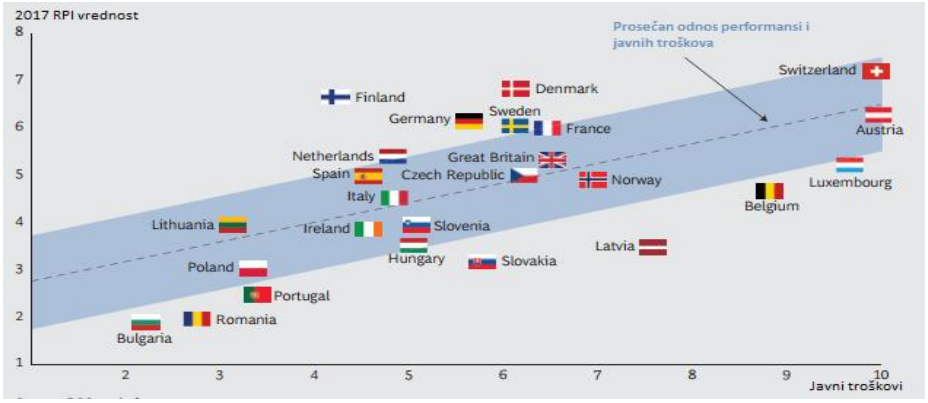
U ovoj studiji javne troškove predstavljaju javne subvencije i javne investicije u železnički sistem. Javne subvencije predstavljaju stalne doprinose vlade i daju se za funkcionisanje nacionalnih operatora i održavanje infrastrukture. Javne investicije su jednokratni troškovi i daje ih vlada za realizaciju infrastrukturnih projekata.

Na slici 4. je prikazana korelacija između javnih troškova i performansi železničkog sistema. Može se primetiti da se RPI ne odražava isto na količinu javnih troškova kod svih država. Danska, Finska Nemačka, Francuska, Holandija, Švedska i Švajcarska imaju visok RPI s obzirom na prosečan odnos performansi i troškova. Suprotno od njih, Luksemburg, Belgija, Letonija, Slovačka, Portugal, Rumunija, Bugarska i Mađarska imaju relativno nisku vrednost performansi u odnosu na uložen novac.

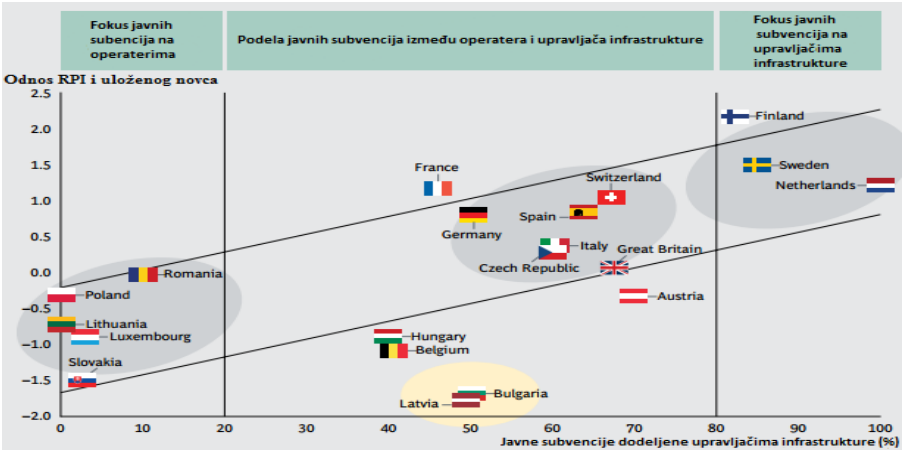
Zatim je uzeta u obzir i alokacija javnih sredstava, odnosno da li se subvencije više daju upravljačima infrastrukture ili operatorima. Kako bi se to utvrdilo, analizirana je veza između vrednosti javnih troškova i procenta ulaganja javnih sredstava u železničku infrastrukturu. Danska, Irska, Norveška, Portugal i Slovenija su isključeni iz analize zbog nedostupnosti podataka (slika 5). Može se uočiti da korelacija postoji. Zemlje sa većim RPI su one koje uglavnom ulažu više sredstava u železničku infrastrukturu odnosno dodeljuju sredstva upravljačima infrastrukture.

Međutim, može se primetiti da postoje izuzeci, kao što su Francuska i Nemačka koje imaju poprilično visok RPI u odnosu na uložen novac iako ulažu podjednako i u operatore i u upravljača infrastrukture. Ove države imaju visok nivo RPI pre svega zbog intenziteta korišćenja i istorijskog konstantnog ulaganja u železnicu. S druge strane, Austrija, iako ulaže 70% subvencija u infrastrukturu ne može se pohvaliti dobrim odnosom RPI i uloženog jer se ukupni efekti na kvalitet prevoza mogu očekivati tek za neku godinu. Kvalitet prevoza i cena usluga su još uvek u disparitetu.

Veza između odnosa RPI i uloženog novca i alokacije javnih sredstava ogleda se i u tome što se direktnim subvencionisanjem upravljača infrastrukture omogućava prostor za smanjenje visine naknada za korišćenje infrastrukture. Samim tim, operatori mogu ponuditi korisnicima jeftinije usluge, imaju veće rezerve u smislu operativnih prihoda i ulaganja u poboljšanja performansi i bezbednosti, što utiče na povećanje RPI rejtinga.



Slika 4. Korelacija između javnih troškova i RPI (Izvor: Boston Consulting Group)



Slika 5. Alokacija javnih troškova (Izvor: Boston Cosulting Group)

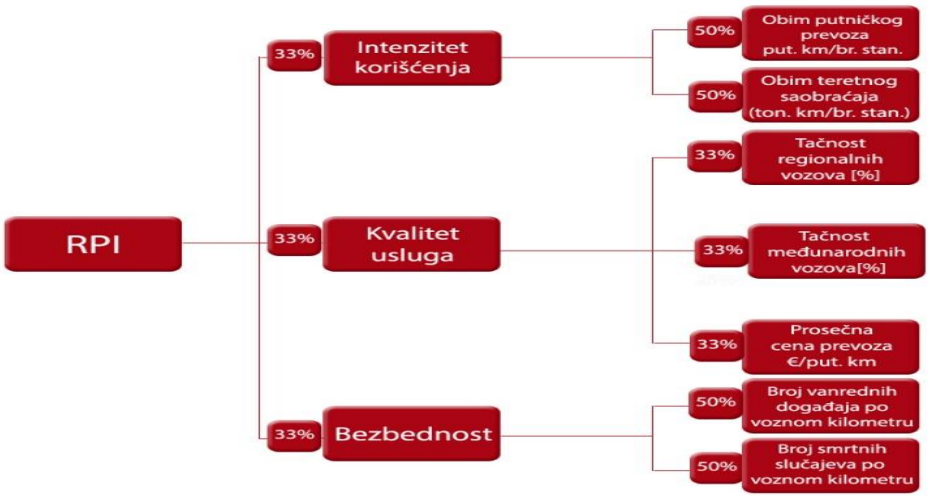
5. LIB I RAIL PERFORMANCE INDEX PRIMENJEN NA SRBIJI

Železnički sektor Srbije je u procesu reforme i karakteriše ga proces restrukturiranja železničkih preduzeća kao i državnih institucija koje se bave železnicom. Železničko tržište Srbije nije otvoreno. Kao učesnici na železničkom tržištu su prisutne železničke kompanije: Infrastruktura železnice Srbije, Srbija Voz, Srbija Kargo, Despotija i Kombinovani prevoz. Postoji još 5 kompanija koje su registrovane za prevoz robe ali one ne dejstvuju na tržištu. Dominantni prevoz je tranzitni prevoz robe i on čini više od 60% prevoza na železničkoj mreži.

Izračunavanje indeksa LIB za železničko tržište Srbije nije obuhvaćeno studijom "Indeks liberalizacije tržišta železnice". Korišćenjem definisane metodologije, a prema Cerović i Nedeljković (2012) vrednost indeksa LIB 2011 za železničko tržište Srbije je 393 poena. To je ispod najnižeg iznosa u poslednjoj grupi, grupa zemalja sa usporenim otvaranjem

tržišta, koja uključuje 6 zemalja članica EU. Ni danas u 2017 nije doslo do promene grupe kojoj pripada železnički sektor Srbije. I dalje je nizak stepen otvaranja tržišta iako zakoni sve više omogućavaju otvaranje tržišta i uskladjuju se sa zakonodavstvom EU. Uticaj niskog indeksa pristupa je još važniji, tj. postoje sve vrste prepreka za otvaranje tržišta koje nameće Infrastruktura železnice Srbije, koja je jedini menadžer infrastrukture na nacionalnom tržištu. Ove barijere su usled činjenice da su železnički prevoznici još u početnoj fazi restrukturiranja.

Kada je u pitanju izračunavanje RP Indexa železničkog sektora Srbije moralo se pribeći maloj modifikaciji definisane metodologije. Železnička mreža Srbije ne raspolaže sa prugama velikih brzina tako da ta poddimenzija nije obuhvaćena u proračunu a time su i drugačiji težinski koeficijenti za dimenziju kvalitet usluge. Prema načinu organizacije saobraćaja vozovi koji saobraćaju na velikim rastojanjima definisani u ovoj metodologiji, u slučaju Srbije to su samo međunarodni vozovi. Na slici 6. je grafički prikazana metodologija za izračunavanje RPI prilagođena ambijentu železničkog sektora u Srbiji.



Slika 6. Metodologija Rail Performance Index-a primenjena na Srbiji

Na osnovu ulaznih podataka za 2016 godinu o obimu saobraćaja, redovitosti i elementima bezbednosti na infrastrukturi Srbije, vrednost dimenzije intezitet korišćenja infrastrukture je 0.9 i na njega je primetno uticao intenzitet teretnog saobraćaja, kvalitet usluge prevoza je ocenjen 0.8 a bezbednost 0.1. Kao što se može uočiti prema performansama železnički sektor Srbije pripada trećoj grupi zemalja koje imaju slične karakteristike po pitanju bezbednosti. Sa druge strane ocena kvaliteta prevozne usluge je niska jer još uvek cena karata prevoza nije uskladjena sa kvalitetom prevozne usluge a ni sa zahtevima tržišta za prevozom.

6. ZAKLJUČAK

U cilju povećanja udela železničkog transporta u ukupnom transportu tržištu, železnički sektor u Evropi je morao pretrpeti ogromne promene. Nacionalne železničke monopolističke kompanije su se podelile na upravljača infrastrukture i operatore, i uvodeni su tržišni odnosi u jedan sistem koji je bio monopolski organizovan. Stoga, tradicionalni način merenja performansi sistema nije mogao dati odgovor na nova pitanja koja su se postavljala, a to je merenje stepena liberalizacije tržišta zemalja članica, pa je zbog toga stvoren LIB indeks koji daje odgovor upravo na to pitanje. Prema rezultatima poslednjeg istraživanja može se primetiti

da je do sada mnogo učinjeno po pitanju liberalizacije tržišta, što pokazuje da trenutno ne postoji ni jedna država EU koja se nalazi u poslednjoj četvrtoj kategoriji, „čekaju“ otvaranje tržišta.

S obzirom da liberalizacija tržišta nije jedini preduslov za povećanje obima prevoza i konkurentnosti železničkog saobraćaja, moralo se dosta uraditi i na drugim poljima, poput povećanja kvaliteta usluga prevoza, bezbednosti itd. Iz tog raloga javila se potreba za drugačijem, sveobuhvatnijem pristupu merenja performansi, a kao rešenje za to razvijen je Rail Performance Indeks koji meri performanse železničkog sistema kombinovanjem više veličina i to: iskorišćenost kapaciteta infrastrukture, kvalitet usluga prevoza i bezbednost saobraćaja. Komparativna analiza RPI indeksa iz perioda 2012, 2015. pokazuje da je RPI konzistentan. Drugim rečima većina zemalja je zadržala sličan nivo performansi (uz minimalne oscilacije). Analizirana veza javnih troškova sa vrednošću RPI indeksa je pokazala da količina javnih troškova nema direktan uticaj na njegovu vrednost. Ustanovljeno je da je u većini zemalja gde se investicije daju upravljačima infrastrukture vrednost RPI indeksa veća u poređenju sa zemljama koje novac ulažu podjednako i u operatore i u upravljače infrastrukture, a naročito u poređenju sa zemljama čiji je fokus na subencionisanju operatora. Izuzetak su jedino Nemačka i Francuska zbog toga što su godinama unazad ulagali dosta u železnicu.

Danas se železnice Srbije nalaze u drugoj fazi restrukturiranja, uspostavljanje tržišnih odnosa izmedju upravljača infrastrukture i nacionalnih operatora. Prema vrednosti LIB indexa za Srbiju Srbija se nalazi na poslednjem mestu treće kategorije, a razlog za to je što je Srbija počela sa reformama tek pre nekoliko godina i što je još u fazi stvaranje uslova za nediskriminatorni pristup drugih operatora. Loš rezultat RP indeksa, ukazuje da je potrebno dosta ulaganja kako bi se stanje infrastrukture i pružanja usluge korišćenja infrastrukture poboljšalo. Učeći iz iskustva drugih zemalja, fokus tih ulaganja bi trebalo da bude na održavaju i investicijama u infrastrukturu, jer se na taj način najbolje postiže poboljšanje usluge i bezbednosti saobraćaja odnosno vrednost ovog indeksa. Naravno, jako je bitna i liberalizacija tržišta koja bi pratila sve to.

7. LITERATURA

Cerović N.and Nedeljković B., (2012) Trends in liberalisation of the european railway market according to the liberalisation index, Railcon 2012, 04-05.10.2012, Niš, Serbia

Duranton, S., Audier, A., Hazan, J. and Gauche, V. (2017) The 2017 European railway performance index: The Boston Consulting Group.

Duranton, S., Audier, A., Hazan, J. and Gauche, V. (2015) The 2015 European railway performance index: exploring the link between performance and public cost. Paris: The Boston Consulting Group.

Gannon C. and Shalzi Z. (1995) The Use of Sectoral and Project Performance Indicators in Bank-Financed Transport Operations, Washington, DC, *The world bank environmentally sustainable development*

Kirchner, C. (2011) Rail Liberalisation Index 2011: Brussels, IBM Deutschland GmbH and Humbolt-University, Berlin,

Kirchner, C. (2007) Summery of the Study Rail liberalization index 2007: Brussels, IBM Global Business Services

Kirchner, C. (2002) Summery of the Study Rail liberalization index 2002: Brussels, IBM Global Business Services

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

JEDINSTVENI POKAZATELJI UČINKA UPRAVLJAČA INFRASTRUKTURE*

UNIQUE PERFORMANCES INDICATORS FOR RAILWAY INFRASTRUCTURE MANAGERS

Miroslav Prokić[a], Mirjan Bugarinović[b]

[a] *Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, 11000 Beograd, Srbija, miroslav.prokic@mgsi.gov.rs*

[b] *Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd, Srbija, mirab@sf.bg.ac.rs*

***Apstrakt**: Pokazatelji učinka kao i samo poslovanje upravljača infrastrukture (UI) se razlikuje od države do države i zavise od nivoa razvijenosti železničkog sistema same države, veličine železničke mreže, modela restruktuiranja nacionalne kompanije i broja operatera na mreži, itd. Radi harmonizacije ovog dela železničkog sektora, Evropska Komisija je predložila donošenje platforme za praćenje rada i učinka železničke mreže i poslovanja upravljača infrastrukture. Na osnovu usvojene platforme 2013. godine je pokrenut projekat pod imenom Platforma za Evropske upravljače železničkom infrastrukturom - PRIME. Realizacijom i primenom ovog projekta biće uspostavljena direktna saradnja između UI, uspostavljeni zajednički prioriteti, definisani uporedivi pokazatelji i indikatori rada mreže i UI, poboljšana primena smernica u pogledu upravljanja i korišćenja infrastrukture, pružanja usluga prevoza, pristupa infrastrukturi, efikasnije poslovanje UI, itd. U radu je prikazan koncept definisanja jedinstvenih pokazatelja i indikatora rada mreže i poslovanja UI kao i struktura kataloga ključnih pokazatelja učinka. Prezentovani su pokazatelji rada mreže i poslovanja UI iz Slovačke Republike, uz ocenu mogućeg praćenja i primene sličnih pokazatelja rada mreže i poslovanja upravljača infrastrukture u Republici Srbiji.*

***Ključne riječi:** ključni pokazatelji učinka, upravljač infrastrukture, Prime project*

***Abstract** Performance indicators as well as the infrastructure manager (IM) bussines vary from country to country and depend on the level of the country's rail system development, the railway network size, the national railway company's restructuring model, and the number of operators on the network, etc. In order to harmonize IMs business and managing the network performances, the European Commission proposed the adoption of a platform for monitoring the performance of the railway network and the operations of IMs. Based on the adopted platform in 2013, a project called the European Railway Infrastructure Platform - PRIME was launched. Implementation of this project will establish direct cooperation and common priorities between the IMs, defined comparable indicators and key performances indicators (KPI) for the network and IM activities, improved the management and use of infrastructure, provision of transport services, access to infrastructure, more efficient IM operations, etc. The paper presents the concept of defining unique KPI for the network and business operation of the IM as well as the structure of the KPI catalog. The IM network KPI and business operations from the Slovak Republic were presented, with an assessment of the possible monitoring and implementation of similar KPI for network and operations of IM in the Republic of Serbia*

***Key words:** key performances indicators, infrastructure managers, PRIME project*

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

1. UVOD

Kada je u pitanju Evropska transportna politika i železnički sektor, osnovni ciljevi su da se postigne liberalizacija transportnog tržišta, postizanje veće konkurentnosti železničkog transporta i konačno stvaranje jedinstvenog železničkog tržišta (Single European Railway Area). Da bi se ostvarilo jedinstveno železničko tržište potrebno je omogućiti nesmetano kretanje vozova, da se prevaziđu poteškoće u upravljanju pograničnim procedurama i što više da se primenjuju principi i procedure interoperabilnosti u transportu. Za ostvarenje tih zahteva najviše su nadležni upravljači infrastrukture. Sa druge strane upravljači infrastrukture (UI) koji rade efikasno i zadovoljavaju potrebe železničkih operatora doprinose da železnički transport bude atraktivan za nove operatore i korisnike. Zato, efikasno upravljanje železničkom infrastrukturom i saradnja između UI je od vitalnog značaja za razvoj jedinstvene železničke mreže.

Poslovanje upravljača infrastrukture je veoma kompleksno i sastoji se od upravljanja i regulisanja saobraćaja, dodeljivanja kapaciteta, održavanja infrastrukture, ulaganja u rekonstukciju i proširenje postojeće železničke mreže. Shodno tome, da bi upravljač infrastrukture poslovao efikasno, mora da zna kritične oblasti poslovanja radi preduzimanja akcija za njihovo unapređenje. Imajući to u vidu, upravljač mora da prati i ocenjuje svoje poslovanje određenim pokazateljima učinka.

Pokazatelji učinka kao i samo poslovanje upravljača infrastrukture se razlikuje od države do države i zavisi od nivoa razvijenosti transportnih sistema same države, veličine železničke mreže, modela restruktuiranja nacionalne kompanije i broja operatera na mreži. Radi harmonizacije ovog dela železničkog sektora i definisanja jedinstvenih pokazatelja učinka, Evropska Komisija je 2013. godine pokrenula projekat pod imenom *Platforma za upravljače železničkom infrastrukturom u Evropi* - PRIME. Implementacijom ovog projekta biće uspostavljena bolja saradnja između upravljača infrastrukture, biće definisani ključni pokazatelji učinka (KPU) i benčmarking poslovanja UI i bolje razmene poslovnih praksi.

Rad se fokusira na deo projekta koji se odnosi na uspostavljanje uporedivih KPU i ostalih pokazatelja poslovanja UI na jedinstvenom evropskom železničkom tržištu. Takodje, prikazana je i primena definisanih KPU na primeru poslovanja upravljača infrastrukture Slovačke i Srbije.

2. PREGLED LITERATURE

PRIME projekat ne predstvalja prvi projekat sa ciljem sistematizovanja pokazatelja učinka i razvoja ambijenta za primenu eksternog benčmarkinga. U Evropi je bilo do sada nekoliko projekata i radova na sličnu temu i i njihov pregled je dat u nastavku.

Prvi projekat koji je pratio efekte upravljanja radom infrastrukte, formiranje upravljača infrastrukture u skladu sa Direktivom 91/440 i njihovog efikasnog poslovanja, istraživanje KPU, koristeći metodologije benčmarkinga je projekat IMPROVERAIL. To je projekat pokrenut u okviru FP5 od strane Evropske komisije u trajanju od dve godine. Projekat se bavio definicijama KPU, utvrđivanjem doslednog skupa KPU i mogućnošću njihovog uporedjivanja (Anderson R. i dr., 2003). Jedan od izlaznih rezultata ovog projekata je priručnik *„IMPROVEd tools for RAILway capacity and access management”.*

Stenstrom (2012) objavljuje rad na temu pokazatelja performansi železničke infrastrukture sa fokusom na održavanje infrastrukture. Identifikovano je oko 60 pokazatelja performansi i oko 70 parametara vezanih za stanje infrastrukture. U radu su ovi pokazatelji upoređeni sa evropskim standardom EN 15341 - Ključni pokazatelji učinka održavanja, sa ciljem pronalaženja zajedničkih pokazatelja.

Takođe tu je i rad koji je radila grupa autora (Hansen et all, 2013) na temu benčmarking analize železnike mreže i operatera. U radu je data analiza koja uključuje tehničke i ekonomske pokazatelje za procenu efikasnosti, produktivnosti i efikasnosti železničkih mreža i operatora. Takođe primenom DEA metode urađena je analiza empirijskih tehničkih i komercijalnih podataka radi utvrđivanja produktivnosti mreže i efikasnosti poslovanja 11 evropskih UI i kompanija u putničkom i teretnom saobraćaju za 2009. godinu.

3. PROJEKAT PRIME

Cilj evropske politike je uspostavljanje jedinstvenog železničkog tržišta i stvaranja uslova za pojavu konkurencije između železničkih operatora na tom tržištu. Kako bi se ovo ostvarilo, potrebno je pre svega uskladiti poslovanje svih železničkih kompanija evropskih zemalja i unificirati pokazatelje rada kompanija. Neusklađenost poslovanja kompanija prouzrokovaće da Evropa ostane samo iscepkano i izolovano železničko tržište. Postepena harmonizacija tehničkih, administatrivnih i regulatornih pravila je od suštinskog značaja ukoliko se želi postići konkuretnost železničkog saobraćaja i povećanje njegovog učešća na transportnom tržištu.

Kada su u pitanju UI, Evropska Unija teži da se uspostave u potpunosti kompatibilni i međusobno povezani UI, čime će se obezbediti jedinstveno funkcionisanje evropskog železničkog tržišta. S tim u vezi, na predlog Evropske Komisije (EK) je u Talinu 16. oktobra 2013. godine pokrenut projekat - Platforma za upravljače železničkom infrastrukturom u Evropi - PRIME. Osnovni ciljevi ovog projekta (platforme) su poboljšanje saradnje između UI radi stvaranja jedinstvenog evropskog železničkog tržišta, veće primene ERTMS-a, harmonizacija i benčmarking KPU, poboljšanje razmene informacija između UI kao i i između UI i EK..

Trenutno u PRIME projektu učestvuju EK, dvadeset i četiri UI i četiri evropske organizacije. Problemi kojima se bavi ovaj projekat su grupisani u pet podgrupa (https://webgate.ec.europa.eu/multisite/primeinfrastructure/sites/primeinfrastructure/files/2017-01-11-prime-general_presentation.pdf, 20.07.2017.): (1) Bezbednost, (2) Digitalizacija, (3) Benčmarking performansi, (4) Finansiranje i (5) Implementaciona akata. Pored ovih podgrupa, u okviru ovog projekta radi se i na platformi za kooperaciju sa železničkim operatorima i regulatornim telima, uvođenje ERTMS, smanjivanju obima nacionalnih pravila, železničkom teretnom saobraćaju, obezbeđenju i proširenju PRIME projekta na sve UI.

U proleće 2014. godine uspostavljena je podgrupa *Benčmarking perfomansi* čiji rad ima za cilj da omogući konkuretno poslovanje UI koji treba da ponudi kvalitetne usluge železničkim operatorima, da olakša sprovođenje zahteva i ciljeva EU politike kao i razvoj KPU i benčmarking prakse. Rad u ovoj podgrupi zasnovan je na 4 principa (KPI Katalog, 2016): (1) jednostavnost, (2) jasne definicije, (3) fokus se na razvoj poslovanja UI, i (4) fokus na "isporuke" kupcima. Kao rezultat ovako postavljenog koncepta rada grupe Benčmarking performansi je objavljivanje prvog javnog kataloga KPU. To je katalog KPU sa kojima u narednom periodu UI ostalih država članica bi trebali da usaglase praćenje svojih pokazatelja.

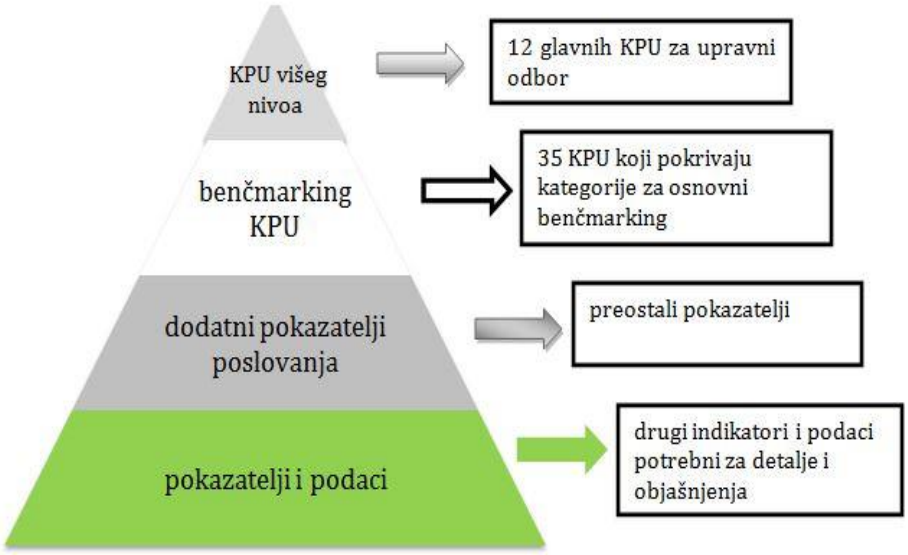
3.1. PRIME KPU katalog

PRIME KPU katalog predstavlja katalog u kome su sistematizovani pokazatelji učinka kako bi se obuhvatilo celokupno poslovanje UI i odredili oni ključni koji će na pravi način oslikati efikasnost, efektivnost i produktivnost poslovanja UI. Prednosti korišćenja zajedničkih KPU ogleda se u lakšem kontinuiranom upoređivanju poslovanja kompanija (primeni benčmarkinga), boljem poređenju pokazatelja, prepoznavanju trendova, boljoj razmeni podataka i većem razumevanju troškova različitih procesa.

Glavni cilj razvoja zajedničkih KPU i benčmarking procesa je podsticanje i razvoj tržišnog poslovanja UI. Razvijeni KPU trebalo bi da podrže UI u (KPI Katalog, 2016)

1. obezbeđenju osnove za upoređivanje UI (benčmarking) ;
2. omogućavanju razmene najboljih poslovnih "praksi";
3. povećanju performansi UI.

S obzirom da svaki od UI ima različite prioritete, učesnici u projektu razvili su skup pokazatelja (performance framework) poslovanja kojim su obuhvatili sve interese UI. Zatim je izvršena hijerarhija skupa pokazatelja, idući od najvišeg ka najnižem, u 4 sledeća nivoa: 'KPU višeg nivoa, Benčmarking KPU, Dodatni pokazatelji poslovanja i Pokazatelji i podaci. Hijerarhija u kojoj su (1) pokazatelji poređani po važnosti u skladu sa postavljenim ciljem unapređenja poslovanja i (2) definisanim nivoima predstavljena je na slici 1. Pokazatelji se mogu pratiti u formi: online softvera i izveštaja.



Slika 1. Hijerarhija pokazatelja prema važnosti i ciljevima poslovanja

Za KPU višeg nivoa i benčmarking KPU u PRIME projektu je razvijen onlajn softver radi lakšeg upravljanja pokazateljima. Dodatni i ostali pokazatelji kao i specifični podaci koju su potrebni učesnicima dostupni su u formi izveštaja.

Prema uspostavljenoj hijerarhiji pokazatelja (slika 1), dalje je definisana struktura kataloga i sistematizovani pokazatelji po kategorijama (slika 2).

Učesnicima u projektu bilo je važno da stvore postojani integrisani skup pokazatelja koji oslikava sve važne aspekte poslovanja UI. S tim u vezi, struktura PRIME KPU razvijena je tako da prezentuje potrebe i aktivnosti UI. Pored toga, struktura je napravljena tako da zadovolji sve potrebe i zahteve drugih aktera na tržištu. Struktura se sastoji od sledećih pet dimenzija (KPI Katalog, 2016):

1.*Bezbednost i životna sredina* – upravljanje ponašanjima i standardima u bezbednosti železničkog saobraćaja, obezbeđenju i ekologiji.

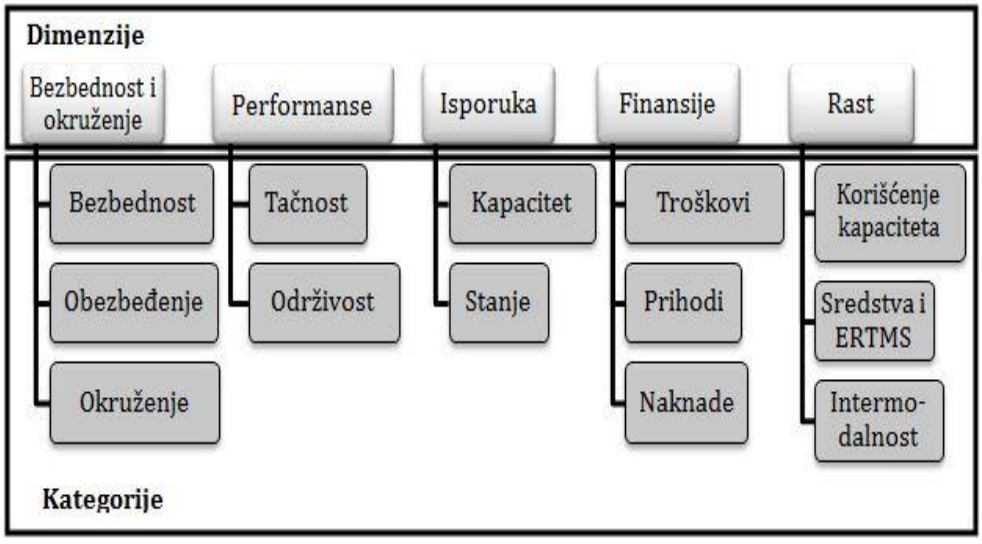
2.*Performanse* – performanse sredstava i mreže UI i njihov uticaj na operatore i korisnike;

3.*Isporuka* – efikasnost internih procesa UI, upravljanje imovinom, obezbeđivanje kvalitetne infrastrukturne mreže i isporuku izvođačima radova i dobavljačima;

4.*Finansije* – finansijsko poslovanje UI, uključujući efektivnost troškova i prihoda i naplatu naknada za pristup;

5.*Rast* – nivo korišćenja postojeće mreže pruga, unapređenje mreže i njeno proširenje, integracija sa drugim vidovima transporta i korišćenje novih tehnologija za unapređenje isporuke.

U sklopu ovih pet dimenzija dat je određeni broj pokazatelja čiji je zadatak da objasne kontekst tih dimenzija. „Kontekst" podrazumeva karakteristike svakog UI, pokazuje njihov značaj i tržište železničkih usluga svake od država UI, što omogućuje da se uoče razlike između železnica.



Slika 2. Struktura KPI kataloga

Učesnici u projektu u okviru kategorija su za svaki identifikovani pokazatelj dodelili rang po hijerarhiji, dali konkretno značenje i jedinicu mere pokazatelja. U nastavku su prikazani ključni pokazatelji višeg nivoa i ključni pokazatelji za benčmarking za kategoriju "Tačnost" koji su preuzeti iz PRIME kataloga, u kome se mogu naći i objašnjenja za dodatne i ostale pokazatelje.

Tabela 1. KPU za kategoriju TAČNOST

Br.	Naziv	Opis	Jedinica za meru	Pripadnost KPU
1.	Tačnost putničkih vozova	Broj putničkih vozova koji dolaze na odredišta sa manje od 5 minuta zakašnjenja u odnosu na sve putničke vozove.	% od ukupnog broja voza	KPU (Višeg nivoa)
2.	Tačnost teretnih vozova	Broj teretnih vozova koji dolaze na odredišta sa manje od 15 minuta zakašnjenja u odnosu na sve teretne vozove.	% od ukupnog broja voza	KPU (Višeg nivoa)
3.	Kašnjenja koja su prouzrokovana od strane UI	Kumulativni minuti kašnjenja koji su izazvani incidentima koji se smatraju odgovornišću UI prema UIC objavi 450 R po voznom km.	Minuti po voznom km	KPU (Benčmarking)
4.	Procenat otkazanih vozova koji su prouzrokovani od strane UI	Otkazivanja putničkih vozova koji su uključeni u novi red vožnje i koja su uzrokovana incidentima za koje je UI odgovoran. Sve vrste otkazanih vozova su uključeni.	% od planiranih putničkih vozova koji su otkazani	KPU (Benčmarking)

4. UPOREDNI PRIKAZ POKAZATELJA POSLOVANJA UI SRBIJE I SLOVAČKE

Za potrebu ocene mogućeg poboljšanja praćenja pokazatelja poslovanja UI iz Republike Srbije „Infrastruktura železnice Srbije" a.d. - IŽS kao i primenjivosti PRIME projekta, u radu je dat uporedni prikaz pokazatelja poslovanja UI iz Slovačke Republike "Železnice Slovenskej republiky" – ŽSR i IŽS.

Za analizu je odabran ovaj UI iz razloga što se veličina železničke mreže Slovačke ne razlikuje u velikoj meri od železničke mreže Republike Srbije a karakteristike saobraćaja se takođe ne razlikuju puno. Kao izvor informacija za analizu je korišćen poslednji objavljen Godišnji izveštaj ŽSR za 2015. godinu odnosno za IŽS Godišnji izveštaj za 2016. godinu.

Analizirani pokazatelji struktuirani su po kategorijama (tabela 2) kako bi se lakše prikazao način praćenja indentifikovanih pokazatelja.

Tabela 2 Uporedni prikaz pokazatelja koje prate upravljači infrastrukture ŽSR i IŽS

Oblast	ŽSR	IŽS
	pokazatelji	pokazatelji
Podaci o mreži	Ukupna građevinska dužina pruga normalnog pruga - 3.436,6 km Dužina elektrificiranih pruga – 1.585,8 km	Ukupna građevinska dužina pruga normalnog pruga - 3.808,7 km Dužina elektrificiranih pruga - 1.196,1 km
	Broj evropskih teretnih koridora - 3	Broj evropskih teretnih koridora - 0

Bezbednost	Sudar vozova	Sudar vozova u odnosu na ukupne vozne km
	Isklizniće voza	Iskliznića vozova u odnosu na ukupne vozne km
	Sudar sa korisnicima putnog prelaza	Broj nezgoda na putnim prelazima
	Požar na voznim sredstvima	/
	Povrede nastale voznih sredstava	/
	Vanredni događaji nastali pri manevrisanju	/
Finansijski i ekonomsi podaci	Prihodi od naknada	Prihodi od naknada
	Pokazatelj produktivnosti od prihoda	Pokazatelj pokrivetnosti operativnih troškova prihodima od naknada
	Pokazatelj produktivnosti od poslovanja	Pokazatelj produktivnosti od poslovanja
	Poslovni prihodi	Poslovni prihodi
	Poslovni rashodi	Poslovni rashodi
	Poslovni rezultat	Poslovni rezultat
Dostupnost i kvalitet železničke mreže	/	Planirani igubljeni vozni km usled planiranih zatvaranja pruge
	/	Broj laganih vožnji na magistralnim prugama
	/	Koeficijent dužine laganih vožnji na prugama
	/	Broj smetnji na SS uređajima
Iskorišćenost železničke mreže	/	Povećanje obima rada
	/	Efikasnost korišćenja magistralnih pruga
	/	Efikasnost korišćenja nemagistralnih pruga
Zaštita životne sredine	Pregled ekoloških akcidenata	/

Može se uočiti da postoji heterogenost u praćenju podataka i načina računanja pokazatelja. Osnovni razlog za to su različite politike poslovanja UI odnosno efekti koji se zele postici u pogledu efikasnosti rada mreže i UI.

5. ZAVRŠNA DISKUSIJA

Slovačka Republika je jedna od država koja predstavlja najbolji primer uzora našoj zemlji, imajući u vidu da su sličnih veličina železničkih mreža. Medjutim kada je u pitanju železničko tržište , na mreži pruga ŽSR u 2017 godini saobraćalo je 42 operatera, od toga 35 u teretnom i 7 u putničkom saobraćaju. Upravo takva „zdrava“ konkurencija na „malom“ tržištu je potrebna i Republici Srbiji na čijoj železničkoj mreži trenutno saobraćaju tri operatera i ima još 5 registrovanih koji ne dejstvuju na tržištu. Takođe, kroz Slovačku Republiku prolaze tri evropska teretna koridora, što treba da predstavlja težnju i Republike Srbije, uzimajući u obzir njen položaj na Balkanu i intenziviranja aktivnosti oko uspostavljanja evropskog teretnog koridora Alpi-Zapadni Balkan.

Iako je primetna velika heterogenost u praćenju pokazatelja učinka između ova dva UI, neophodno je istaknuti da svaki UI definiše pokazatelje učinka onih oblasti svog poslovanja

koje želi da unapredi. To može da se primeti kod kategorija "Dostupnost i kvalitet železničke mreže" i "Iskorišćenost železničke mreže", gde je IŽS identifikovala relevatne pokazatelje učinka dok ŽSR nije, a slično je kod "Zaštita životne sredine" za ŽSR (2015. godine u Slovačkoj desila su se 4 velika ekološka akcidenta). Upravo ta relevatnost može da se posmatra na više nivoa, i to na nivou kompanije, nivou Vlade te države ili jednostavno na nivou javnog interesa.

Jedan od rezultata PRIME projekta je i KPU Katalog, koji obuhvata 13 kategorija poslovanja UI i u kojem identifikovan veliki broj pokazatelja različitog ranga. Upravo je zadatak učesnika u projektu bio da mapiraju relevatne pokazatelje koji će u budućnosti biti prepoznati i prihvaćeni od strane UI kao KPU, čime bi se oblast merenja učinka na prostoru jedinstvenog železničkog tržišta u potpunosti unificirala.

6. LITERATURA

Anderson, R., Hirsch, R., Trompet, M., Adeney, W. (2003) godina, eveloping Benchmark Methodologies for Railway Infrastructure Management Companies, European Transport Conference 2003, Strasbourg, Association for European Transport, 2003.

Grupa autora (2016), Godišnji program poslovanja IŽS za 2016 godinu, Beograd.

Group of authors (2015), Annual report of ŽSR, the Slovak Republic

Hansen, I.A. ,Wiggenraad, P.B.L.,Wolff, J.W.(2013).Benchmark analysis of railway networks and undertakings , International Association of Railway Operations Research (IAROR). 1-18

KPU Katalog (2016), Key Performance indicators for performance benchmarking, *PRIME – Platform of Railway Infrastructure Managers in Europe*, Draft version 1.0

Stenström C., Parida A., Galar D., (2012). Performance Indicators of Railway Infrastructure, *International Journal of Railway Technology*, 1(3), 1-18, 2012. doi:10.4203/ijrt.1.3.

https://webgate.ec.europa.eu/multisite/primeinfrastructure/sites/primeinfrastructure/files/2017-01-11-prime-general_presentation.pdf, 20.07.2017.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

UPRAVLJANJE EVROPSKIM ŽELEZNIČKIM TERETNIM KORIDORIMA*

GOVERNANCE OF EUROPEAN RAIL FREIGHT CORRIDORS

Nikola Stanojević[a], Uroš Stanimirović[b]

[a] *Srbija Kargo a.d., 11000 Beograd, Republika Srbija, nstanojevic999@gmail.com*

[b] *Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, 11000 Beograd, Republika Srbija, uros.stanimirovic@mgsi.gov.rs*

***Apstrakt**: U bici za povećanje učešća i konkurentnosti železničkog transporta u kopnenom saobraćaju koridori predstavljaju ključno mesto. Evropska unija poseban značaj pridaje upravljanju železničkim teretnim koridorima koje čini najvažniji deo njene Uredbe 913/2010. Ovako uređen način upravaljanja koridorom ima zadatak da unapred definiše sve postupke i procedure kako bi čitav proces postao unificiran i familijaran krajnjim korisnicima. Ideja je da ovakav način upravljanja i odvijanja saobraćaja prouzrokuje preusmerenje određene kolčine robe sa drumskog na železnički saobraćaj koji je u pogledu transporta robe znatno efikasniji i ima manji uticaj na životnu sredinu u odnosu na druge vidove saobraćaja. U radu se prikazuje definisana upravljačka struktura sa zadacima, nadležnostima odgovarajućih tela, kao i način fukcionisanja sistema upravljanja železničkim teretnim koridorom.*

***Ključne riječi:** železnica, teretni koridori, upravljačka struktura*

***Abstract**: In the battle to increase rail transport together with its competitiveness in land transport, corridors play a key role. The European Union gives special importance to the management of rail freight corridors, which represents the most important part of its Regulation 913/2010. This organized way of managing the corridor has the task of defining in advance all procedures in order to make the entire process unified and user friendly. The idea is that this way of managing traffic causes taking over of a certain amount of goods from road to rail, which is considerably more efficient in terms of transport of goods and has a lesser impact on the environment compared to other modes of transport. The paper presents a defined managing structure with tasks, responsibilities of the appropriate bodies, as well as the way in which the management system of the railway freight corridor operates.*

***Key words:** railway, freight corridors, governance structure*

1. UVOD

Razvijanje saobraćaja i njegovo dobro funkcionisanje u Evropskoj uniji je od velikog značaja, zato što se u budućnosti planira povećanje prometa robe. Potrebni su infrastrukturni pravci, odnosno koridori, na kojima bi se roba mogla transportovati efikasnije i masovnije, a železnica je takav vid saobraćaja čije karakteristike najbolje ispunjavaju te uslove. Direktiva Saveta 91/440 EEZ od 29. jula 1991. godine o razvoju železnica zajednice i Direktiva 2001/14 EZ Evropskog parlamenta i Saveta od 26. februara 2001. godine o raspodeli kapaciteta železničke infrastrukture i naplaćivanju naknada za korišćenje železničke infrastrukture su bile

* ***Stručni rad***

ključne direktive u procesu otvaranja železničkog tržišta. Međunarodne i nacionalne usluge železničkog teretnog transporta koje su otvorene za konkurenciju od 1. januara 2007. godine trebalo bi da imaju na raspolaganju železničku infrastrukturu koja je dobrog kvaliteta i koja je u dovoljnoj meri finansirana, tj. železničku infrastrukturu koja omogućava pružanje pouzdanih usluga teretnog transporta pod dobrim uslovima u pogledu komercijalne brzine i vremena putovanja, odnosno uslove da usluge koje data infrastruktura pruža, zaista odgovaraju sklopljenim ugovorima sa prevoznicima u železničkom saobraćaju.

U širem smislu pojam „koridor“ možemo opisati kao saobraćajnu infrastrukturu, koja uključuje pripadajuće čvorove i urbane oblasti koje povezuje, kada se pomoću nje može realizovati i putnički i teretni saobraćaj najmanje jednim vidom saobraćaja na različitim prostornim (lokalnim, regionalnim i međunarodnim) kao i institucionalnim (sektorskim) nivoima. U pojedinim dokumentima Evropske komisije koji se tiču transporta, navodi se da koridori predstavljaju „generator za ekonomski rast i razvoj Evrope“.

„Teretni železnički koridor“ koji kako Evropska legislativa nalaže, predstavlja izabrane železničke pruge, koje uključuju železničke trajektne linije na teritoriji država članica ili između država članica i evropskih trećih zemalja, koje povezuju dva ili više terminala duž glavne maršrute i sporedne maršrute duž deonica koje ih povezuju, u koje se uključuje železnička infrastruktura i njena oprema.

Prema zakonodavstvu Evropske unije najbitniji dokument koji uređuje oblast železničkih teretnih koridora je Uredba (EU) br. 913/2010 Evropskog parlamenta i Saveta od 22. septembra 2010. godine o evropskoj železničkoj mreži za konkurentan teretni transport, koja je predmet ovog rada. Zbog svoje složenosti, najvažnije pitanje koje će biti razmatrano je ispitivanje načina na koji se vrši upravljanje teretnim koridorima.

2. USLOVI ZA PROGLAŠENJE ŽELEZNIČKOG TERETNOG KORIDORA

Uslovi koje je neophodno ispuniti za uspostavljanje železničkog teretnog koridora su:

- Prelazak teretnog koridora preko teritorije najmanje tri države članice ili dve države članice, ako je rastojanje između terminala koje opslužuje teretni koridor veće od 500 km;
- Usklađenost teretnog koridora sa TEN-T mrežom, ERTMS koridorima i/ili koridorima koje definiše RNE;
- Integracija prioritetnih koridora TEN-T u teretni koridor;
- Ravnoteža između socio-ekonomskih troškova i koristi koje proizilaze iz uspostavljanja teretnog koridora;
- Uspostavljanje svih teretnih koridora koje su predložile države članice kako bi se uspostavila evropska železnička mreža za konkurentan železnički transport;
- Razvoj železničkog teretnog saobraćaja i glavnih trgovinskih tokova i prometa robe duž teretnog koridora;
- Bolja uzajamna povezanost između država članica i evropskih trećih zemalja;
- Interes podnosilaca zahteva u pogleu teretnog koridora;

- Postojanje dobre uzajamne povezanosti sa ostalim vidovima transporta, posebno zahvaljujući odgovarajućoj mreži terminala uključujući morske luke i luke na unutrašnjim plovnim putevima.

2.1. Uspostavljanje teretnih železničkih koridora

Uspostavljanje teretnih železničkih koridora znači preduzimanje svih neophodnih mera za implementaciju koridora za železnički teret u skladu sa Uredbom EU 913/2010, kako bi koridor postao operativan. To posebno znači:

- Uspostaviti upravljačku strukturu koridora, koji čine Izvršni odbor, Upravni odbor i Savetodavne grupe;
- Označiti železničke linije i terminale do koridora;
- Izraditi Plan implementacije;
- Postaviti ili odrediti One-Stop-Shop (treba da prikaže raspoloživost infrastrukture u trenutku podnošenja zahteva za kapacitetom i pruža informacije koje se tiču načina organizacije i upravljanja saobraćajem duž koridora, a koje se nalaze u dokumentima koje objavljuje Upravni odbor) i obezbediti širenje informacija;
- Odrediti naznačeni kapacitet;
- Razviti usklađene procese i pravila za rukovanje zahtevima za kapacitet, raspodelom kapaciteta i upravljanjem saobraćajem, a potom u potvrđivanju sa tehničkim specifikacijama interoperabilnosti.

Od presudnog je značaja da se usklađeni procesi i alati primjenjuju na svakom teretnom koridoru kako bi se osigurala transparentnost i povezanost svih teretnih koridora, interfejsi između alata koji koriste različiti koridori treba da budu isti.

3. UPRAVLJANJE TERETNIM KORIDOROM

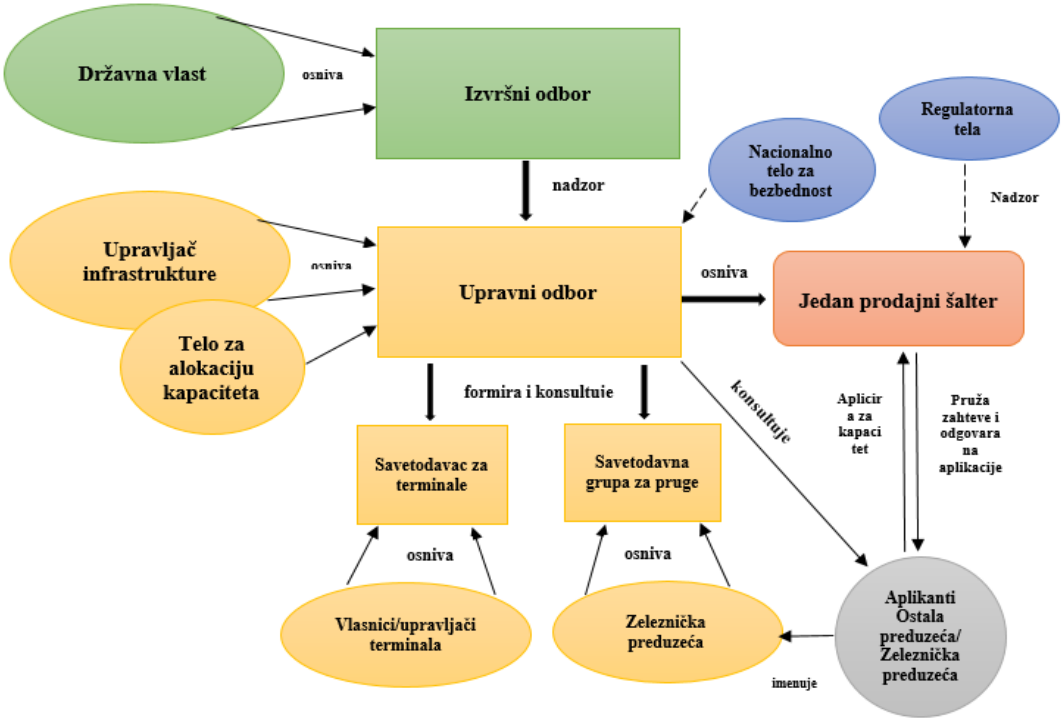
Za svaki teretni koridor države članice na koridoru treba da uspostave Izvršni odbor koji je odgovoran za definisanje opštih ciljeva teretnog koridora, nadzor i preduzimanje odgovarajućih mera. Te mere podrazumevaju da Upravni odbor, donosi svoje odluke, uključujući odluke o svom pravnom statusu, uspostavljanju svoje organizacione strukture, resursima i osoblju, na osnovu obostrane saglasnosti sa zainteresovanim upravljačima infrastrukutre, a takođe on može biti nezavisan pravni subjekt. Takođe, Upravni odbor donosi mere za sprovođenje plana teretnog koridora, izrađuje i periodično revidira investicioni plan, dodeljuje kapacitete teretnim vozovima i dostavlja rezultate implementacionog plana za dati koridor Evropskoj komisiji. Izvršni odbor je sastavljen od predstavnika državnih organa. Izvršni odbor donosi svoje odluke na osnovu obostrane saglasnosti sa predstavnicima organa država kroz koje koridor prolazi.

Za svaki teretni koridor, zainteresovani upravljači infrastrukture, i po potrebi, tela za raspodelu kapaciteta uspostavljaju Upravni odbor odgovoran za preduzimanje odgovarajućih mera. Te mere podrazumevaju sprovođenje plana teretnog koridora, konsultovanje podnosilaca zahteva, koordinaciju radova, investiciono planiranje, osnivanje zajedničkog tela za prodaju trasa. Takođe, Upravni odbor procenjuje potrebu za dodelu kapaciteta teretnim vozovima koji saobraćaju na teretnom koridoru, promoviše koordinaciju pravila prioriteta koja

se odnose na dodelu kapaciteta na teretnom koridoru, uspostavlja postupke kako bi se obezbedila optimalna koordinacija raspodele kapaciteta između upravljača infrastrukture, a pored toga se uzima u obzir pristup terminalima. Upravni odbor usvaja zajedničke ciljeve za preciznost i smernice za upravljanje saobraćajem u slučaju poremećaja u kretanju vozova na teretnom koridoru, takođe sastavlja, redovno ažurira i objavljuje informacije o uslovima korišćenja teretnog koridora i vodi računa o kvalitetu usluga na istom. Upravni odbor je sastavljen od predstavnika upravljača infrastrukture.

Države članice i upravljači infrastrukture koji su uključeni u teretni koridor sarađuju u okviru Izvršnog i Upravnog odbora kako bi se osigurao razvoj teretnog koridora u skladu sa implementacionim planom.

U slučaju neslaganja između Upravnog odbora i Savetodavne grupe, grupa može uputiti pitanje Izvršnom odboru. Izvršni odbor deluje kao posrednik i blagovremeno obezbeđuje svoje mišljenje. Konačnu odluku, međutim, donosi Upravni odbor.



Slika 1. Upravljačka struktura teretnih železničkih koridora

Upravni odbor uspostavlja dodatnu savetodavnu grupu sastavljenu od prevoznika u železničkom saobraćaju, koja je zainteresovana za korišćenje teretnog koridora. Ova savetodavna grupa može dati mišljenje o svakom predlogu Upravnog odbora koji utiče na date prevoznike. Ona takođe može davati mišljenja na sopstvenu inicijativu. Upravni odbor uzima u obzir ova mišljenja. On takođe koordinira u skladu sa nacionalnim i evropskim planovima primene, upotrebu interoperabilnih IT aplikacija ili alternativnih rešenja koja mogu biti dostupna u budućnosti za obradu zahteva za međunarodne trase vozova i funkcionisanje međunarodnog saobraćaja na teretnom koridoru. Na slici 1 je predstavljena detaljna struktura funkcionisanja upravljanja jednim teretnim železničkim koridorom.

3.1. Formiranje Izvršnog odbora

Izvršni odbor se sastoji od predstavnika država učesnica u koridoru. Njegovo formiranje je jedno od prvih koraka u implementaciji uredbe koju treba izvršiti što je pre moguće da bi se definisala interna pravila za početak funkcionisanja. Za neke koridore Izvršni odbor priprema izjavu o ciljevima za Upravni odbor i zahteva akcioni plan.

Izvršni odbor bi trebalo da formalizuje svoja poslovna pravila (sastanci, itd). Treba da izabere državu koja predsedava (na određeni period) da bi vršila koordinaciju aktivnosti. Takođe, odbor bi trebalo da pripremi programe poslovanja i izjavu o ciljevima za Upravni odbor, koji takođe treba poslati u DG MOVE (Generalni direktorat za mobilnost i transport Evropske komisije nadležan za transport unutar Evropske unije). Zvanično odobrenje od strane nadležnog ministarstva za transport bi olakšala obaveze u vezi sa ciljevimai i zadacima.

Da bi se izbeglo dupliranje tela ili zadataka, Izvršni odbor bi u principu trebalo da se zasniva na postojećim strukturama Izvršnih odbora ERTMS koridora, na njihovim postojećim organizacionim strukturama, a obim zadataka treba prilagoditi i proširiti da bi se zadovoljili zahtevi Uredbe. Na primer, predsedavajući postojećeg ERTMS koridora je uglavnom direktor zadužen za pitanja drumskog ili železničkog transporta u resornom ministastvu. Jedan od njegovih saradnika je sekretar Izvršnog odbora.

Sastanci, kojih uglavnom ima od četiri do šest godišnje, mogu da se odvijaju u različitim državama članica koridora.

Postojeći međuvladini projekti koji se tiču koridora, npr. projekti koji se tiču pitanja granica trebaju da budu razmatrni od strane Izvršnog odbora i tamo gde je neophodno od strane Upravnog. Predstavnici Izvršnog odbora bi trebali da pozivaju predstavnike Upravnog odbora na pojedine sastanke da bi izveštavali redovno o progresu u implementaciji koridora i da bi sagledali tekuća pitanja relevantna za Izvršni odbor.

Glavni zadaci Izvršnog odbora su:

- Definicija glavnih ciljeva teretnog koridora i njihovo nadzor;
- Prihvatanje definisanih terminala i pruga;
- Preduzimanje odgovarajućih mera za:
  - davanje mišljenja u slučaju nepostizanja dogovora između Upravnog odbora i Savetodavnog tela za terminale;
  - prihvatanje implementacionog i investicionog plana;
  - definisanje okvira za alokaciju kapaciteta;
  - prezentovanje izveštaja o napretku Komisiji.

Izvršni odbor može zajedno sa Upravnim odborom i Savetodavnim grupama da donese procedure koje bi se ticale rešavanja primedbi koje nisu u delokrugu Regulatornog tela.

3.2. Formiranje Upravnog odbora

Upravljači infrastrukture i tamo gde je potrebno tela za alokaciju treba da uspostave Upravni odbor. Železnička preduzeća ne trebaju da budu članovi ovog odbora. Što se tiče učešća tela za alokaciju može biti prikladno da se uključe samo u pitanja vezana za alokaciju kapaciteta.

Glavni zadaci Upravnog odbora su:

- Predlaganje terminala i pruga koje će se dodeliti koridou;

- Uspostavljanje njihove strukture i definisanje interne radne procedure;
- Formiranje Savetodavne grupe menadžera i vlasnika terminala;
- Formiranje Savetodavne grupe železničkih prevoznika čije mišljenje uzimaju u obzir;
- Vršenje koordinacije IT alata za zahtevanje trasa i regulisanje saobraćaja;
- Izrađivanje i vršenje periodične revizije implementacionog plana i studije transportnog tržišta;
- Saradnja sa odgovarajućim regionalnim i/ili lokalnim vlastima;
- Vršenje konsultacije komitentima koji zahtevaju trase (aplikanata);
- Izrađivanje investicionog plana;
- Vršenje koordinacije i objavljivanje radova na pruzi;
- Uspostavljanje ili određivanje jedanog prodajnog šaltera, (One Stop Shop);
- Vršenje procene neophodnih kapaciteta;
- Vršenje promocije koordinacije pravila za prioritete koji se tiču alokacije kapaciteta;
- Procedure koje obezbeđuju optimalno upravljanje alokacije kapaciteta između upravljača infrastrukture i terminala;
- Procedure za upravljanje saobraćajem;
- Usvajanje zajedničkih ciljeva za tačnost reda vožnje;
- Usvajanje smernica za upravljanje saobraćajem u slučaju poremećaja;
- Objavljivanje dokumenata koji se tiču koridora;
- Vršenje promocije kompatibilnosti između radnih programa duž teretnog koridora.

4. SAVETODAVNE GRUPE

Upravni odbor treba da uspostavi Savetodavnu grupu koja će predstavljati železnička preduzeća koja koriste teretni železnički koridor ili su zainteresovana da koriste koridor. Ova grupa bi trebala da bude formirana u relativno kratkom vremenskom periodu nakon formiranja Izvršnog i Upravnog odbora, da bi davala mišljenje na predloge Upravog odbora koje se tiču železničkih preduzeća. Ovo je neophodno za pripremu implementacionog plana za koji podnosioci zahteva za korišćenje koridora treba da budu konsultovani pre izveštavanja Izvršnog odbora. Upravni odbor treba da uspostavi Savetodavnu grupu sastavljenu od upravljača i vlasnika terminala na teretnom koridoru. Terminale mogu predstavljati vlasnik i upravljač, dok bi vlasnik primarno trebalo da bude uključen u pitanja koja se tiču investicija. Kada neka strana smatra da nije tretirana korektno, da je diskriminisana ili oštećena, može da se obrati regulatornom telu po tom pitanju. Upravni odbor je odgovoran za organizacionu i logističku podršku ove Savetodavne grupe. Učešće u Savetodavnoj grupi za terminale je na dobrovoljnoj osnovi. Članovima ove grupe neće biti finansijski nadoknađeno učestvovanje.

4.1. Savetodavna grupa železničkih preduzeća

Upravni odbor je odgovoran za organizacionu i logističku podršku Savetodavnih grupa (organizacija sastanaka, internih pravila i procedura itd.) uključujući njihovo finansiranje. Učešće železničkih preduzeća u Savetodavnim grupama se ne finansira što znači da je na volonterskoj osnovi. Članovi Savetodavnih grupa neće imati finansijsku podršku organizacije koridora za njihovo konsultovanje.

Upravni odbor treba da uspostavi savetodavne mehanizme za aplikante koji žele da koriste koridor. Treba ih konsultovati pre podnošenja implementacionog plana Izvršnom odboru.

Grupu treba informisati o bilo kom predlogu Upravnog odbora koji ima uticaj na železnička preduzeća. Da bi se povećala transparentnost i da bi se uspostavio proces konsultacija Upravni odbor može da informiše savetodavna tela agendama i beleškama sa sastanaka. Sva železnička preduzeća treba da budu informisana o osnivanju ove grupe.

S obzirom da bilo koje železničko preduzeće može da tvrdi da je zainteresovano da koristi koridor, broj mogućih učesnika u Savetodavnoj grupi može da bude poveći. Železnička preduzeća različitih veličina i organizacionih struktura bi trebalo da budu deo ove grupe. Treba omogućiti nova članstva u grupi i sastav grupe treba s vremena na vreme revidirati da bi se izvršilo prilagođavanje. Grupe objedinjenih kompanija treba da predstavlja jedan član.

Savetodavna grupa treba da radi po principu postizanja konsenzusa ili većinskog donošenja odluka. Svaki član treba da ima istu težinu glasa.

4.2. Savetodavna grupa vlasnika/upravljača terminala

Razmena iskustava na koridoru može da bude vrlo korisna i može da unapredi performanse samog koridora i terminala. Savetodavna grupa treba da izrađuje u pripremi informacije vezane za terminale. Ne sme da postoji sukob između upravljanja ili vlasništva nad terminalom i bilo koje železničke aktivnosti. Svi vlasnici/upravljači teminala treba da budu informisani o uspostavljanju Savetodavne grupe i o mogućnostima da učestvuju u njoj, sa obzirom da bilo koji vlasnik/upravljač terminalom može da bude zainteresovan da koristi koridor, dok broj potencijalnih učesnika u grupi može da bude veliki. U grupi trebaju učestvovati terminali različite veličine i organizacionih struktura. Novo članstvo je uvek moguće a sastav Savetodavne grupe treba biti revidiran povremeno. Jedan član treba predstavljati grupe objedinjenih kompanija. Savetodavna grupa treba da radi po principu većinskog donošenja odluka. Snaga svakog glasa trebala bi biti ravnomerna sa ostalim glasovima. Da bi se povećala transparentnost i da bi se uspostavio proces konsultacija Upravni odbor može da informiše Savetodavna tela agendama i beleškama sa sastanaka. Svi vlasnici/upravljači terminala treba da budu informisani o osnivanju ove grupe, koja treba biti osnovana brzo nakon osnivanja Izvršnog i Upravnog odbora, zbog davanja mišljenja na predloge ovih odbora.

5. DISKUSIJA

Kada govorimo uopšteno o radu bilo kog sistema, od koga zahtevamo da funkcioniše na dobar način, primećujemo da je jako važno suštinsko funkcionisanje podsistema, a potom dalje, funkcionisanje do nekih operativnih i osnovnih komponenti. Slična je situacija i kada posmatramo železničke teretne koridore u Evropi, kao jedne velike sisteme ponaosob, koje zajedno trebaju funkcionisati u okviru transevropske železničke mreže. U nastavku će biti definisani neki od problema, koji su od velikog značaja za efiksno korišćenje i eksploataciju železničkih teretnih vozova na železničkim teretnim koridorima.

FLEKSIBILNOST: koja je potrebna i u interesu upravljača infrastrukture i aplikanata. Trase vozova moraju biti definisane sa dovoljnom fleksibilnošću, koja se prvenstveno odnosi na podešavanja vremena polazaka i dolazaka vozova međusobno na istom teretnom koridoru,

ali i na ostalim povezanim železničkim teretnim koridorima. Dva potencijalna pristupa za definisanje trasa su:

1. Klasičan pristup koji tačno definiše trase vozova (sa vremenima dolazaka, polazaka, prolazaka kroz čvorove i terminale),
2. Fleksibilni pristup, odnosno indikativne trase vozova sa mogućnošću prilagođavanja trasa tokom procesa eksploatacije (koje su u interesu upravljača infrastrukture i aplikanata). Kod slučaja indikativnih železničkih trasa treba odrediti određeni vremenski prostor (+/- 30 minuta), u okviru koga se trasa voza može prilagoditi.

Definisanje vremenskog prostora treba da izvrši Upravni odbor u saradnji sa Savetodavnim grupama na osnovu studija o tržištu železničkog saobraćaja, dok takođe vremenski prostor treba da odražava potrebe tržišta.

IMPLEMENTACIONI PLAN: koji doprinosi određivanju ciljeva poboljšanja koridora po pitanju kapaciteta i kvaliteta usluge. Rad na šemama performansi železničkih teretnih koridora takođe bi mogao da na opipljiv i efikasan način smanji vreme tranzita i poboljša pouzdanost teretnih usluga na samom teretnom železničkom koridoru.

TERMINALI: koji pokrivaju objekte u kojima se vrši utovar/istovar robe na teretne vozove, kao i integracija železničkih usluga sa drugim vidovima prevoza. Kvalitet koridora za železnički teretni saobraćaj ne zavisi samo od železničke pruge već i od fizičkih kapaciteta teminala i načina na koji se upravlja njima. Otvoreni pristup će biti obavezan za terminale u javnom vlasništvu, kao i za terminale u vlasništvu preduzeća u kojima je država glavni akcionar ili kada druge okolnosti onemogućavaju obavezan otvoreni pristup. Terminali trebaju doprineti progresivnom uvođenju IT alata u železničke teretne koridore, dok se zahtevi železničkih preduzeća za pružanje usluga i pristupa terminalima mogu odbiti samo ako postoje održive alternative pod tržišnim uslovima.

UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM U SLUČAJU POREMEĆAJA: Upravljači infrastrukture moraju osigurati železničkim kompanijama odgovarajuće informacije, naročito putem informisanja, oštećenim železničkim kompanijama o očekivanim i tekućim kašnjenjima, kao i o drugim promenama u saobraćaju. Europtirails je odgovarajući alat za prikaz pokreta vozova i treba ga proširiti kako bi se zadovoljile druge srodne potrebe. Neke procedure su, naravno, relevantne za prevoznike u železnici (npr. odlazak voza) koji takođe moraju odmah obavestiti upravljača infrastrukture o bilo kakvim promenama kretanja vozova. Države članice moraju usvojiti zajedničke ciljeve za tačnost i/ili smernice za upravljanje saobraćajem u slučaju poremećaja kretanja vozova na teretnom koridoru. Europtirails je alat koji olakšava komunikaciju između uključenih partnera putem automatske razmene podataka u realnom vremenu.

6. ZAKLJUČAK

Jedinstveno uređivanje upravljanja železničkim teretnim koridorima je neophodno, kako bi čitav proces transporta na koridoru koji prolazi kroz teritorije više zemalja, funkcionisao u regulativnom i pravnom smislu jednako i isto. Ne smeju se u nekim zemljama razlikovati pravila uređivanja upravljanja koridorima, već sve mora funkcionisati istorodno, svuda gde prolaze železnički teretni koridori. Iz tog razloga i postoji Uredba EU 913/2010, da bi se izjednačilo zakonodavstvo Evropske unije koja definiše pravila uređivanja upravljanja teretnim železničkim koridorima, sa nacionalnim zakonodavstvima država kroz koje

železnički teretni koridori prolaze. Suština je ipak u tome da se poveća konkurentnost železničkog saobraćaja nad ostalim vidovima saobraćaja, koja se ne može postići u evropskim uslovima bez jedinstvenog upravljanja međunarodnim teretnim železničkim koridorima. Na teretnim železničkim koridorima u Evropi je budućnost razvijanja i napredovanja teretnog železničkog saobraćaja.

7. LITERATURA

Decision No 661/2010/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network

Handbook on the Regulation concerning a European rail network for competitive freight (Regulation EC 913/2010)

Regulation (EU) No 913/2010 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 concerning a European rail network for competitive freight

Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU

Regulation (EU) No 1316/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013

establishing the Connecting Europe Facility, amending Regulation (EU) No 913/2010 and repealing Regulations (EC) No 680/2007 and (EC) No 67/2010

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

PROCENJIVANJE VEŠTINA INTERPERSONALNE KOMUNIKACIJE KONDUKTERA U ŽELEZNIČKOM SAOBRAĆAJU*

ASSESSMENT OF SKILLS OF INTERPERSONAL COMMUNICATION OF CONDUCTORS IN RAILWAY TRAFFIC

Milovan Vuković[a], Snežana Urošević[a], Aleksandra Vuković[b]

[a] *Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Srbija, mvukovic@tfbor.bg.ac.rs; snezanaur@gmail.com*

[b] *Visoka železnička škola strukovnih studija, Zdravka Čelara 14, Beograd, Srbija, office@vzs.edu.rs*

***Apstrakt**: Cilj ovog rada je procena razvijenosti veština interpersonalne komunikacije kod zaposlenih u JP „Železnice Srbije" koji su u svakodnevnom kontaktu s putnicima, a isto tako i da se vidi koliko je veliki jaz između njihovih procena i onih dobijenih od korisnika usluge (putnika). Upitnici sastavljeni od 25 iskaza su distribuirani ispitanicima (295), koji su se izjašnjavali korišćenjem skale od 1 do 5, a tokom anketiranja je obezbeđena anonimnost. Sakupljeni podaci su klasifikovani i analizirani korišćenjem tehnika i deskriptivne i inferencijalne statistike (uključujući i ANOVA test). Dobijeni rezultati su pokazali da se ocene zaposlenih o njihovoj komunikativnoj kompetentnosti značajno razlikuju od onih koje su o njima izrekli putnici. Zaključeno je da su ove razlike statistički značajne.*

***Ključne riječi:** interpersonalna komunikacija, kondukteri, železnički saobraćaj, putnici*

***Abstract:** The objective of this study is to assess skills of interpersonal communication among employees on the Serbian Railway Corporation who are in an everyday contact to passengers as well to see how large is a gap between their evaluations and those given by the service users (passengers). Twentyfive-item questionnaires were distributed to respondents (295), the scoring scale was 1-5, and data were maintained strictly confidential. Gathered data were classified and analyzed by both the descriptive and inference statistics (including ANOVA test). The obtained results show that communicative capabilities of employees assessed by them were markedly different from those determined by passengers. It was concluded that these differences are statiscially significant.*

***Key words:** interpersonal communication, conductors, railway traffic, passengers*

1. UVOD

Postoje brojne definicije poslovne komunikacije. Poslovna komunikacija se može definisati kao „usmeni ili pismeni kontakt između poslovnih partnera, koji raspolažu potrebnim punomoćjima od strane poslovnih sredina za rešavanje prošlih, tekućih ili budućih situacija i problema" (Cvetanović 1999, 9). Poslovno komuniciranje se, takođe, može definisati i kao razmena ideja, mišljenja i informacija sa ciljnim grupama korišćenjem simbola, signala i slika (Filipović i saradnici 2001, 196). Iako poslovna komunikacija predstavlja specijalizovanu granu opšte komunikacije, između njih ne postoje bazične razlike. Pošto je isti proces u pitanju, i principi su isti. Razlika je samo u njihovoj primeni. Dok opšta komuniakcija ima razne uloge u društvu, poslovna komunikacija se posebno bavi poslovnim aktivnostima koje su jasno definisane. Ono što poslovno komuniciranje odvaja od ostalih tipova

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

komunikacije su ciljevi i efekti takvog komuniciranja. Cilj poslovnog komuniciranja je uspostavljanje optimalne komunikacione interakcije između poslovnih partnera u svrhu uspešnog obavljanja određenog posla. Efekti poslovnog komuniciranja se ogledaju u efektima samog posla, radi koga se uspostavlja komunikacijska interakcija, a mogu se izraziti preko ostvarene dobiti, postignutog poslovnog ugleda, osvojenih novih ili konsolidovanih postojećih tržišta (Jokić i Mikić 2001, 5).

Komunikacija je neophodna za uspostavljanje i sprovođenje ciljeva preduzeća, razvoj planova za njihovo ostvarenje, organizovanje ljudskih i drugih resursa na najuspešniji i najdelotvorniji način, zatim za izbor, razvoj i ocenjivanje članova organizacije, kao i za vođenje, usmeravanje, motivisanje i kreiranje klime u kojoj su ljudi voljni da doprinose ciljevima. Najzad, i „sama kontrola ostvarenja ciljeva počiva na procesu komunikacije" (Mihailović i Kovačević 2008, 238). U organizaciji postoje brojni kanali komunikacije. Oni predstavljaju sredstvo kojim se prenose informacije (Miljević 2010, 289). Osnovni kanali u organizaciji su kanali formalne i kanali neformalne komunikacije (Vuković i saradnici, 2011). Smatra se da dobra komunikacija može poboljšati organizacioni učinak, učinak menadžmenta i njihovo odlučivanje, posvećenost zaposlenih, kao i doprineti organizacionom napredovanju i zadovoljstvu poslom. Na osnovu desetogodišnje studije koju su sproveli istraživači sa Univerziteta Karnegi Melon došlo se do najvažnijih veština koje razlikuju one koji svoj posao obavljaju prosečno od onih koji ga obavljaju izvanredno a među njima je i interpersonalna komunikacija (Kelley, 1998). Železnički saobraćaj predstavlja važan deo transportnog sistema svake zemlje. Ovom vrstom transporta se vrši prenos robe ili putnika vagonima koji se kreću po pruzi uz lokomotivsku vuču. Specifičnosti rada na železnici je da se rad ostvaruje u otežanim uslovima, uz velike napore i konstantnu odgovornost. Ova odgovornost se pretežno zasniva na ljudskom faktoru. Transportne usluge se pružaju sa zaostalim sredstvima za rad, a ni stručno znanje ni veštine radnika nisu na željenom nivou. Čovek, kao najznačajniji faktor u procesu saobraćaja, nema sve uslove da bezbedno obavi svoje radne zadatke.

Organizacije u sektoru saobraćaja su izgrađene na hijerarhiji gde pojedinac poštuje organizacionu disciplinu. Pojedinac krši disciplinu u organizaciji ako sa saradnicima komunicira samo usmeno, a organizacijom rada je predviđeno usmeno i pisano komuniciranje. Nepoštovanje normi pisanog komuniciranja, odnosno organizacione discipline, može imati za posledicu pojavu sukoba, zbrke, nesporazuma i nejasnoće. Radna disciplina je sinteza svih oblika discipline. Ona se sastoji u svesnom i savesnom ispunjavanju svih dužnosti (Žugaj 2004, 105). Subjektivna odgovornost je povezana sa radnikom, odnosno pojedincem koji učestvuje u izvršavanju nekih aktivnosti koje se odnose na proces železničkog saobraćaja; pojedinac deluje (činjenjem ili nečinjenjem) i tako utiče na poslove i radne zadatke u skladu sa odgovarajućim propisima, tehničko-tehnološkim postupcima, organizaciono-poslovnim principima i ciljevima. Takođe je značajno da se subjektivna odgovornost manifestuje u okviru: (1) samog preduzeća, (2) korisnika železničkih usluga i (3) šire društvene zajednice (ekološka zagađenja, putni prelazi i dr.). Železnička disciplina može se definisati kao saznanje, lični stav i ponašanje radnika prema sistemu propisa, postupaka i radnji u vezi sa organizacijom i realizacijom železničkog saobraćaja na bezbedan, redovan i uredan način i dužnom svešću o nužnosti, obavezi i ličnoj odgovornosti za pravilnost vršenja službe i što bolje zadovoljenje potreba korisnika usluga. Pored ovoga, disciplinovano i savesno obavljanje poslova i radnih zadataka u procesu pružanja usluga železničkog saobraćaja doprinosi uspešnosti poslovanja i stvaranju pozitivnog imidža o železničarima, kao značajne motivacije za pribavljanje stručnih kadrova, njihov stvaralački rad, kreativnost, produktivnost i razvoj (Ružičić 1998, 40-41).

Faktori koji utiču na kulturu i komunikaciju osoblja na železnici su brojni – uslovi rada na železnici, odgovornost, rizik i bezbednost železničkog saobraćaja; specifičnosti poslovanja železnice (sa kadrovskog aspekta); sredstva i režim rada (takođe sa kadrovskog aspekta); te radna sredina. Kondukteri, na primer, trebalo bi da imaju sposobnost da procene kojem tipu ličnosti pripadaju i da na taktičan način stvaraju prijatnu atmosferu između njih i korisnika usluga (putnika). Pošto je svaki putnik ličnost za sebe, potrebno je svakom prići na odgovarajući način odnosno na način koji odgovara njegovoj ličnosti. Stoga kondukteri moraju ovladati veštinom procenjivanja putnika, njihovih tipova ličnosti ali i tipičnih oblika neprilagođenog ponašanja kako bi mogli da reaguju na prikladan način. Kako će putnici i kondukteri reagovati u datoj situaciji zavisi od usvojenih mehanizama odbrane. To su, može se reći, njihove automatske reakcije u datoj situaciji. Sigmund Frojd je mehanizme odbrane definisao kao nesvesne automatske akcije koje imaju svrhu smanjenja anksioznosti (Kolenović-Đapo i saradnici 2015, 60).

2. INTERPERSONALNO KOMUNICIRANJE

Interpersonalno komuniciranje je najrasprostranjeniji i osnovni vid društvene komunikacije. Osnovno svojstvo ovog oblika komuniciranja je recipročnost razmene poruka između dve ili više osoba, neposrednim ili posrednim putem, uz recipročnu izmenjivost uloga komunikatora i recepijenta i neposrednu povratnu vezu u procesu razmene poruka (Vuković i Vuković, 2010, 62). Elementarnost i rasprostranjenost komuniciranja proističe iz samog karaktera čoveka kao socijalnog bića jer svrha komunikacije nije komunikacija sama po sebi već postizanje nekog cilja. Na interpersonalnu komunikaciju utiču brojni interakcijski i kontekstualni faktori. Među njima su najznačajniji: motivi i ciljevi komuniciranja; simboličke forme u kojima se ostvaruje; stepen komunikativne kompetentnosti subjekata komunikacionog čina; priroda odnosa koji su uspostavljeni ili se uspostavljaju; socijalni kontekst u kojem se ostvaruje.

Interpersonalna komunikacija se može razvrstati prema situaciji u kojoj se ona odvija. Postoji pet oblika prepoznavanja interpersonalne komunikacije, a to su (Tomić 2003, 64):

- formalna ili neformalna interpersonalna komunikacija je razlika između proračunatog ili promišljenog, na jednoj strani, i spontanog korišćenja komunikacijskih veština, na drugoj strani;
- javna ili privatna interpersonalna komunikacija je razlika u pogledu konteksta komunikacije; npr. pri komunikaciji na javnom mestu izbegava se korišćenje neverbalnih znakova i pokazivanje emocija;
- distancirana ili intimna interpersonalna komunikacija je razlika u kvalitetu odnosa i veza između učesnika komunikacije. Distancirana komunikacija znači veći stepen formalizma u govoru ili nastupu, dok intimna komunikacija svedoči o čvršćim osnosima među ljudima;
- ritualna ili otvorena interpersonalna komunikacija je različita mogućnost predviđanja upotrebe određenog komunikacionog koda. Ritualizovana komunikacija je korišćenje uvek istog, ograničenog koda, koji svedoči o jakim vezama i prisutnosti među učesnicima komunikacije;
- funkcionalna ili ekspresivna interpersonalna komunikacija predstavlja razlike u kvalitetu i svrhovitoj upotrebi jezika. Govor se koristi ili na strogo celishodan, odnosno, funkcionalan način ili kao sredstvo diskusije ili spekulacije.

3. METODOLOŠKI PRISTUP

S obzirom na to da na interpersonalnu komunikaciju zaposlenih, kao što je već konstatovano, utiče veliki broj faktora, u ovom delu rada biće ukratko predočeni rezultati empirijskog ispitivanja uticaja demografskuh karakteristika poput pola, starosti, stručne spreme i godina radnog staža u datoj organizaciji na različite elemente kominikativne kompetentnosti zaposenih na železnici: (1) verbalnu komunikaciju, (2) slušanje drugih, (3) izražavanje empatije, (4) neverbalnu komunikaciju i na (5) sposobnost razrešavanja konflikata (tabela 1).

Tabela 1. Strukura upitnika za ispitivanje komunikativne kompetentnosti konduktera

I Verbalna komunikacija (Vb)						
1.	Uvek kada putnici žele spreman sam razgovarati sa njima.	1	2	3	4	5
2.	Prijateljski pozdravljam sve putnike.	1	2	3	4	5
3.	Humorom nastojim postići opuštanje u napetim situacijama.	1	2	3	4	5
4.	Pokazujem zanimanje za putnike u razgovoru sa njima.	1	2	3	4	5
5.	Rado prihvatam drugačije poglede i mišljenja od strane putnika.	1	2	3	4	5
II Slušanje drugih (Sd)						
1.	Gledam u oči putnika s kojim razgovaram i održavam taj kontakt.	1	2	3	4	5
2.	Pokazujem putniku s kojim razgovaram da pratim ono što govori.	1	2	3	4	5
3.	Rezimiram ono što mi je rečeno od strane putnika kako bih bio/bila siguran/sigurna da sam razumeo/razumela.	1	2	3	4	5
4.	Slušam šta mi se govori i razmišljam o porukama onoga što mi je rečeno.	1	2	3	4	5
5.	Pratim govor tela putnika s kojim razgovaram i komuniciram.	1	2	3	4	5
III Izražavanje empatije (Ie)						
1.	Dobro se osećam kada postoje razlike u mišljenju.	1	2	3	4	5
2.	Poštujem pravo na privatnost putnika.	1	2	3	4	5
3.	Pokazujem da razumem probleme putnika, iako izbegavam da se u njih lično uključim.	1	2	3	4	5
4.	Pokušavam sprečiti da lični problemi putnika postanu širi problemi.	1	2	3	4	5
5.	Dajem putnicima na znanje da sam zainteresovan/zainteresovana za njihovu dobrobit.	1	2	3	4	5
IV Neverbalna komunikacija (Nk)						
1.	Dok komuniciram sa putnicima, obraćam pažnju na neverbalne znake – govor tela, izraze lica i gestove.	1	2	3	4	5
2.	Trudim se da način na koji govorim bude u skladu sa onim što govorim.	1	2	3	4	5
3.	Klimam glavom i koristim i druge gestove i izraze lica da pokažem da sam zainteresovan/a za ono što putnik govori.	1	2	3	4	5
4.	Odlučujem da li da slušam ili ne, na osnovu ponašanja putnika i načina na koji govori.	1	2	3	4	5
5.	Ljubazno pozdravljam svakog putnika naklonom ili osmehom.	1	2	3	4	5
V Razrešavanje konflikata (Rk)						
1.	Trudim se da rešim konflikt sa putnicima međusobnim dogovorom.	1	2	3	4	5
2.	Koristim taktična i logična objašnjenja kako bih izbegao konflikt.	1	2	3	4	5
3.	Dobro procenjujem konfliktne situacije i putnike.	1	2	3	4	5
4.	Smireno pristupam svakom problemu jer smatram da se sve može razrešiti tako da sve strane u konfliktu budu zadovoljne rešenjem.	1	2	3	4	5
5.	Poštujem stavove, mišljenja i interese putnika ali sam spreman da, po potrebi, iskoristim i svoj autoritet.	1	2	3	4	5

Sličan upitnik je sastavljen i za ispitivanje putnika s tom razlikom što su se oni izjašnjavali o dodatnim iskazima (ukupno pet), odnosno svojim navikama po pitanju korišćenja železničkih usluga (tabela 2). Istraživanje za potrebe ovog rada sprovedeno je januara i februara 2017. godine među kondukterima JP „Železnice Srbije“ na relaciji Beograd – Niš, korišćenjem anketnog lista, opisanog u tabeli 1, prema standardnoj metodologiji (Bahtijarević-Šiber i saradnici, 2008).

Tabela 2. Navike putnika u vezi sa korišćenjem putničkog železničkog saobraćaja

1.	Koristim usluge Železnice Srbije.	1	2	3	4	5
2.	Zadovoljan/na sam uslugama Železnice Srbije.	1	2	3	4	5
3.	Ljubazno osoblje je dodatni razlog zbog kojeg koristim usluge železničkog saobraćaja.	1	2	3	4	5
4.	Smatram da dobijam adekvatan tretman za cenu karte koju plaćam.	1	2	3	4	5
5.	U zavisnosti od destinacije biram vrstu prevoza.	1	2	3	4	5

Analizom odgovora na pitanja iz tabele 2, ustanovljeno je da najveći broj ispitanika koristi usluge železnice zbog cene prevoza i da je reč uglavnom o putnicima sa srednjoškolskim obrazovanjem. Osnovni cilj istraživanja bio je da se utvrdi stepen saglasnosti odgovora, odnosno percepcija konduktera i putnika o interpersonalnoj komunikaciji, te da se utvrdi uticaj ispitivanih demografskih varijabli na sposobnost interpersonalne komunikacije. Metod ispitivanja je realizovan tehnikom anketiranja na uzorku od 295 respondenata; od toga 150 putnika i 145 zaposlenih na železnici. Među zaposlenim je najviše ljudi uzrasta od 46 do 55 godina, a među putnicima najviše su prisutni ljudi starosti od 18 do 45 godina. Za gradaciju dobijenih odgovora je korišćena petostepena Likertova skala, na kojoj brojevi 1, 2, 3, 4 i 5 označavaju sledeće modalitete odgovora: „nikad/ne“, „ponekad“, „povremeno“, „obično (uglavnom)“ i „uvek”.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1. Percepcije zaposlenih na železnici o svojoj komunikativnoj kompetentnosti

U ovom delu rada najpre su izloženi rezultati deskriptivne analize komunikativne komptentnosti u oblasti interpersonalne komunikacije za ispitanike zaposlene u JP „Železnice Srbije“. U narednim tabelama (3-7) su prikazani rezultati dobijeni analizom iskaza konduktera. Simboli Vb, Sd, Ie, Nk i Rk predstavljaju ispitivane komponente interpersonalne komunikacije – verbalnu komunikaciju, slušanje drugih, izražavanje empatije, neverbalnu komunikaciju i razrešavanje sukoba, redosledno.

Tabela 3. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Vb

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Vb1	0	0	4	11	30	4,58	0,657	0,431
Vb2	0	0	1	10	34	4,73	0,495	0,245
Vb3	0	7	3	13	22	4,11	1,092	1,192
Vb4	0	0	0	16	29	4,64	0,484	0.234
Vb5	0	0	6	23	16	4,22	0,670	0,449

Tabela 4. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Sd

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Sd1	0	0	1	14	30	4,64	0,529	0,280
Sd2	0	0	0	16	29	4,64	0,484	0,234
Sd3	0	0	0	13	32	4,71	0,458	0,210
Sd4	0	0	0	5	40	4,89	0,318	0,101
Sd5	0	0	5	17	23	4,40	0,688	0,473

Tabela 5. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Ie

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Ie1	1	2	6	19	17	4,09	0,949	0,901
Ie2	0	0	0	4	41	4,91	0,291	0,085
Ie3	0	0	0	18	27	4,60	0,495	0,245
Ie4	0	0	0	7	38	4,84	0,367	0,134
Ie5	0	0	0	5	40	4,89	0,318	0,101

Tabela 6. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Nk

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Nk1	0	0	5	16	24	4,42	0,690	0,477
Nk2	0	0	0	8	37	4,82	0,387	0,149
Nk3	0	1	1	25	18	4,33	0,640	0,409
Nk4	4	1	0	12	28	4,31	1,203	1,446
Nk5	0	0	1	13	31	4,67	0,522	0,273

Tabela 7. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Rk

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Rk1	0	0	0	5	40	4,89	0,318	0,101
Rk2	0	0	0	8	37	4,82	0,387	0,149
Rk3	0	0	0	13	32	4,71	0,458	0,210
Rk4	0	0	1	1	43	4,93	0,330	0,109
Rk5	0	0	0	5	40	4,89	0,318	0,101

Na osnovu predočenih rezultata (tabele 3-7) može se zapaziti da kondukteri imaju veoma visoko mišljenje o svom ophođenju sa putnicima; naročito kada je o sposobnosti rešavanja konflikata reč, kao i o svim drugim aspektima interpersonalnog komuniciranja. Srednja vrednost je veoma visoka po svim ispitivanim tvrdnjama što dovodi u pitanje objektivnost iskaza konduktera. U narednim tabelama (8-12) su, otuda, prikazani rezultati koji se odnose na ostale zaposlene na železnici.

Tabela 8. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Vb

Pitanja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Vb1	0	5	14	31	50	4,26	0,883	0,780
Vb2	0	2	6	48	44	4,34	0,685	0,469
Vb3	3	8	9	40	40	4,06	1,043	1,087
Vb4	0	2	11	40	47	4,32	0,750	0,563
Vb5	0	9	14	33	44	4,12	0,967	0,935

Tabela 9. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Sd

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Sd1	0	2	9	43	46	4,33	0,726	0,526
Sd2	0	1	7	34	58	4,49	0,674	0,454
Sd3	0	0	2	41	57	4,55	0,539	0,290
Sd4	0	0	4	30	66	4,62	0,565	0,319
Sd5	2	4	15	40	39	4,10	0,937	0,879

Tabela 10. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Ie

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Ie1	9	10	13	32	36	3,76	1,288	1,659
Ie2	0	0	2	39	59	4,57	0,537	0,288
Ie3	1	4	10	45	40	4,19	0,849	0,721
Ie4	2	4	9	32	53	4,30	0,937	0,879
Ie5	3	6	9	39	43	4,13	1,012	1,023

Tabela 11. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Nk

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Nk1	2	9	10	31	48	4,14	1,054	1,112
Nk2	1	2	5	36	56	4,44	0,770	0,592
Nk3	1	5	11	50	33	4,09	0,854	0,729
Nk4	7	4	14	34	41	3,98	1,163	1,353
Nk5	0	5	11	40	44	4,23	0,839	0,704

Tabela 12. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Rk

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Rk1	0	2	4	30	64	4,56	0,671	0,451
Rk2	0	5	3	36	56	4,43	0,782	0,611
Rk3	0	3	6	41	50	4,38	0,736	0,541
Rk4	2	3	4	47	44	4,28	0,842	0,709
Rk5	0	1	13	27	59	4,44	0,756	0,572

Na osnovu analize predočenih rezultata (tabele 8-12) može se primetiti da ispitanici iz ostalih kategorija zaposlenih na železnici, nasuprot kondukterima, slabije procenjuju svoje sposobmnosti interpersonalne komunikacije. Posebno je to uočljivo ukoliko se porede rezultati po pitanju izražavanja empatije (tabele 5 i 10) ili neverbalne komunikacije (tabele 6 i 11).

4.2. Percepcije putnika o komunikativnoj kompetentnosti konduktera na železnici

U ovom delu rada su prikazani rezultati dobijeni na uzorku sastavljenom od putnika. Ispitanici iz ove grupe su izražavali mišljenje o veštinama interpersonalne komunikacije konduktera s kojima dolaze u kontakt tokom korišćenja usluge prevoza. Ovi rezultati su prikazani u narednim tabelama (13-17). Srednje vrednosti, kao i kod prethodnih rezultata, izražene su preko aritmetičke sredine.

Tabela 13. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Vb

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Vb1	2	15	22	70	41	3,89	0,966	0,933
Vb2	1	18	31	56	44	3,83	1,008	1,017
Vb3	4	35	27	62	22	3,42	1,082	1,171
Vb4	9	15	23	69	34	3,69	1,111	1,234
Vb5	13	33	25	54	25	3,30	1,230	1,513

Tabela 14. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Sd

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Sd1	2	18	25	65	40	3,82	1,004	1,008
Sd2	1	7	22	81	39	4,00	0,811	0,658
Sd3	3	13	26	81	27	3,77	0,913	0,834
Sd4	2	17	26	77	28	3,75	0,935	0,875
Sd5	19	28	29	47	27	3,23	1,297	1,683

Tabela 15. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Ie

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Ie1	27	36	21	44	22	2,99	1,361	1,852
Ie2	4	11	15	60	60	4,07	1,017	1,035
Ie3	5	19	26	68	32	3,69	1,050	1,103
Ie4	4	13	21	74	38	3,86	0,983	0,967
Ie5	13	14	24	64	35	3,63	1,190	1,417

Tabela 16. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Nk

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Nk1	12	25	31	56	26	3,39	1,187	1,408
Nk2	1	15	31	77	26	3,75	0,884	0,781
Nk3	0	37	29	56	28	3,50	1,060	1,124
Nk4	6	18	29	65	32	3,66	1,067	1,139
Nk5	2	17	23	66	42	3,86	0,997	0,994

Tabela 17. Deskriptivna statistika za grupu pitanja Rk

Tvrdnja	Ocena					Srednja vrednost	Std. devijacija	Varijansa
	1	2	3	4	5			
Rk1	5	15	15	67	48	3,92	1,059	1,121
Rk2	5	18	26	71	30	3,69	1,031	1,062
Rk3	7	16	23	76	28	3,68	1,045	1,092
Rk4	4	21	20	69	36	3,75	1,057	1,117
Rk5	4	14	19	72	41	3,88	1,003	1,006

Poređenje rezultata iz tabela 13-17 sa onim prikazanim u tabelama 3-7 ukazuje na prisustvo osetnih razlika u iskazima anketiranih ispitanika – putnika i konduktera koji s njima dolaze u kontakt. Očigledno je da se percepcije konduktera razlikuju od mišljenja putnika po pitanju svih pet analiziranih sposobnosti iz domena interpersonalne komunikacije. Najviše ove razlike dolaze do izražaja kada je u pitanju sposobnost razrešavanje konflikta (tabela 18).

Tabela 18. Razlike između putnika i konduktera kada je o sposobnosti razrešavanja konflikta (Rk)

Razrešavanje konflikata		Rk1	Rk2	Rk3	Rk4	Rk5
Kondukteri	Sr. vrednost	4,89	4,82	4,71	4,93	4,89
	Standardna devijacija	0,32	0,39	0,46	0,33	0,32
Putnici	Sr. vrednost	3,92	3,69	3,68	3,75	3,88
	Standardna devijacija	1,06	1,03	1,04	1,06	1,00

Odstupanja u mišljenjima po osnovu različitih aspekata su izraženija kod konduktera što se, delimično, može pripisati većoj homogenosti ove grupe po različitim socio-deomografskim obeležjima – polu, obrazovanju, starosti. Na primer, od 45 anktetiranih konduktera, njih 30 bilo je starosti iznad 45 godina. S druge strane, grupa putnika je bila heterogenija po svim obeležjima.

4.3. Analiza varijanse

U okviru ovog rada je izvršena i analiza varijanse, odnosno testiranje značajnosti razlike što se čini kada postoje dve ili više grupa ispitanika. Pomoću analize varijanse je moguće ispitivati delovanje jednog faktora u većem broju grupa ispitanika. Analiza varijanse se koristi kada se želi utvrditi da li postoje razlike između nekoliko aritmetičkih sredina i da li su te razlike statistički značajne ili slučajne. Jednofaktorska analiza varijansi (ANOVA) je dobila ime po tome što ispituje delovanje samo jednog nezavisnog faktora ili varijable. Ova analiza testira dve hipoteze – nultu i alternativnu. Nulta hipoteza pretpostavlja jednakost svih aritmetičkih sredina, a alternativna nejednakost. U ovom radu nulta hipoteza predstavlja tvrdnju da su varijanse analiziranih grupa jednake ili približno jednake. Nasuprot nultoj hipotezi, H_0, stoji alternativna hipoteza H_1, koja sadrži sve ostale vrednosti parametra osnovnog skupa koje nisu obuhvaćene nultom hipotezom H_0. Dakle, u ovom slučaju, alternativna hipoteza predstavlja različitost između varijanse ispitanika i statistički je značajna. U tabelama 19 i 20 su predočeni rezultati testiranja značajnosti razlike na primeru prvog iskaza iz domena razrešavanja konflikta (Rk1):

- „Trudim se da rešim konflikt sa putnicima međusobnim dogovorom“. ili, iz ugla putnika, „Kondukteri se trude da rešavaju konflikte sa putnicima međusobnim dogovorom“.

Testiranjem ove tvrdnje dobijeni su sledeći podaci:

Tabela 19. Test homogenosti varijansi

Trudim se da rešim konflikt sa putnicima međusobnim dogovorom (Kondukteri se trude da rešavaju konflikte sa putnicima međusobnim dogovorom)			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
25,869	1	193	0,000

Tabela 20. ANOVA

Trudim se da rešim konflikt sa putnicima međusobnim dogovorom (Kondukteri se trude da rešavaju konflikte sa putnicima međusobnim dogovorom)					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32,495	1	32,495	36,572	0,000
Within Groups	171,484	193	0,889		
Total	203,979	194			

Test homogenosti varijansi (Sig.=0,000<(0,05)) i ANOVA test (Sig.=0,000<(0,01)) pokazuju da se u slučaju ovog iskaza radi o statistički značajnim razlikama, što ide u prilog

prihvatanju alternativne hipoteze. Nejednakost varijansi ispitivanih grupa je potvrđena i kod ostalih iskaza koji se odnose na sposobnost razrešavanja konflikata.

5. ZAKLJUČAK

Rezultati predočeni u ovom radu upućuju na to da postoji duboki jaz između konduktera, s jedne, i putnika, s druge strane, kada je reč o samoprocenjivanju različitih veština – od verbalne komunikacije, slušanja drugih ljudi, izražavanja empatije, korišćenja neverbalne komunikacije, do razrešavanja konflikta. Ocene ispitivanih putnika o komunikativnoj kompetentnosti konduktera su znatno niže od onih koje su izrekli sami kondukteri zaposleni na železnici. Različitost percepcija konduktera i putnika je još izraženija kada je o razrešavanju konflikata reč. Ovo je najzahtevniji vid interpersonalne komunikacije budući da tada dolaze do izražaja sva znanja i veštine komuniciranja. Rezultati predočeni u ovom radu, uprkos tome što su dobijeni na relativno malom uzorku (zbog ograničenja postavljenih u samom planu istraživanja), potvrđuju opravdanost korišćenja istraživačkog metoda, tehnike, odnosno istaživačkih instrumenata i postupaka. U ovom radu su s namerom izdvojeni kondukteri (imaju svakodnevni kontakt sa putnicima) čije su percepcije o komunikativnoj kompetentnosti poređene s mišljenima putnika o njima, dok su ostali zaposleni na železnici imali, u neku ruku, ulogu kontrolne grupe.

Rezultati ipak upućuju na potrebu sprovođenja programa obuke za zaposlene na poslovima koji podrazumevaju svakodnevni kontakt s korisnicima, odnosno putnicima kada je reč o putničkom saobraćaju. Programi ove vrste trebalo bi da čine obavezni element programa obuke i razvoja koje pripremaju službe ljudskih resursa u velikim saobraćajnim kompanijama.

6. LITERATURA

Advisory booklet–Employee communications and consultation, 2005. Acas (Advisory, Conciliation and Arbitration Service). Retrieved, October, 2016 from the World Wide Web.

Bahtijarević-Šiber, F., Sikavica, P., Pološki Vokić, N., *Suvremeni menadžment*, Školska knjiga, Zagreb, 2008.

Cvetanović, V., *Kultura poslovnog komuniciranja*, Obeležja, Beograd, 1999.

Filipović, V., Kostić, M., Prohaska, S., *Odnosi s javnošću*, Beograd, 2001.

Jokić, D., Mikić, A., *Marketing komunikacije*, Naučno-istraživački centar (NIC), Užice, 2001.

Kelley, E.R., *How to be a Star at Work: Nine Breakthrough Strategies You Need to Succeed*, Times Books, 1998.

Kolenović-Đapo, J., Drače, S., Hadžiahmetović, N., *Psihološki mehanizmi odbrane: Teorijski pristupi, klasifikacija i vodič za vježbe*, Filozofski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, 2015.

Mihailović, D., Kovačević, I., Značaj komunikacije i karakteristike zaposlenih menadžera, *Psihologija*, 2008, (41)2: 237-249.

Miljević, I.M., *Poslovna etika i komuniciranje*, Mladost Grup, Loznica, 2010.

Ružičić, K.N., Jevtić, Z., Gaković, B., *Kultura i komunikacija u železničkom saobraćaju, ugostiteljstvu i turizmu*, Zelnid, Beograd, 1998.

Tomić, Z., *Komunikologija*, Čigoja, Beograd, 2003.

Vuković M., Urošević S., Vuković A., Neverbalna komunikacija i stvaranje ličnog i profesionalnog identiteta preko odevanja, *Tekstilna industrija*, godina LIX, broj 2, (april-juni) 2011. str. 27-32.

Vuković, A., Vuković, M., *Kultura poslovne komunikacije*, Grafomed-trade, Bor, 2010.

Žugaj, M., Šehanović, J., Cingula, M., *Organizacija* (drugo, dopunjeno i izmijenjeno izdanje), Tiva, Varadždin, 2004.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

SISTEMI ZA TRAJNU KONTROLU KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE U ELEKTROVUČNOM SISTEMU 25 KV, 50 HZ*

PERMANENT POWER QUALITY MONITORING DEVICES IN THE ELECTRIC TRACTION SYSTEM 25 KV, 50 HZ

Gavrilovic S. Branislav[a], Bundalo Zoran[a], Vasiljević Marko[b], Tričković Goran[a]

[a] *Visoka železnička škola strukovnih studija, Zdravka Čelara 14, Beograd 11000, Srbija, gavrilovicbranislav5@gmail.com; cheminot2@gmail.com; tricko86@gmail.com*

[b] *Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Vojvode Misića 52, Doboj 74000, R. Srpska, BiH, drmarkovasiljevic@gmail.com,*

***Apstrakt**: Uspostavljanje sistema za kontrolu kvaliteta električne energije u elektrovučnom sistemu 25 kV, 50 Hz je tehno-ekonomski i vremenski vrlo opsežan projekt koji zahteva dodatno opremanje velikog broja elektrovučnih podstanica relativno skupim mernim uređajima, jer postojeća oprema SCADA sistema uglavnom ne zadovoljava performanse prema IEC standardu. S obzirom da se pri izgradnji novih odnosno rekonstrukciji postojećih elektrovučnih podstanica 110/25 kV ugrađuju novi digitalni merni instrumenti oportuno je koristiti njihove opcije koje podržavaju određene mogućnosti praćenja kvaliteta napona kako bi se ti uređaji iskoristili i u sistemu za kontrolu kvaliteta električne energije. U radu se predlaže opremanje elektrovučnih podstanica sa novom generacijom „low cost" PQ monitora koje nije nužno povezivati za centar daljinskog upravljanja, ako to ne opravdava troškove uspostavljanja i korišćenja komunikacijskih kanala (GSM/GPRS). Očitavanje podataka iz tih uređaja može se obavljati lokalno u relativno dugim vremenskim intervalima s obzirom na veliki kapacitet njihove memorije i mogućnost memorisanja obrađenih merenih podataka u obliku datoteka u standardnim alfanumeričkim i grafičkim formatima.*

***Ključne reči:** kvalitet energije, elektrovučni sistem, SCADA sistem*

***Abstract**: Technological and financial sensitivity of the electric traction system 25 kV, 50Hz on quality of supplied energy require the use of power quality monitoring systems. This paper presents the needs for installation of power quality (PQ) monitoring systems, gives the overview of key international standards in this field, and gives the overview of characteristics of modern systems and power quality monitors. New generation „low cost" power quality monitoring devices generate significant amount of measured data for statistical evaluation on central computer. It is not rare that such devices cause congestion of the communication lines of existing SCADA systems. Therefore, connection of power quality devices into existing SCADA system should be avoided, and separate computer so called Power quality Info terminal is recommended. Equally, the merge of the power quality and SCADA system data bases is also not recommended. Analysis and reporting process is fully automated. Daily, weekly, monthly reports were created by ease. It is interesting to note that threshold levels for each quantity are individually adjustable which allows setting device in line with future changes in the norms or in the grid code.*

***Keywords:** Power Quality, Electric Traction System, SCADA System*

* ***Pregledni rad***

1. UVOD

Pokazatelji kvaliteta isporuke električne energije od strane trofazne elektroprivredne mreže monofaznom elektrovučnom sistemu 25 kV, 50 Hz, koji su predmet normiranja i standardizacije, obično su vezani za dve najvažnije promenljive koje karakterišu rad svakog elektroenergetskog sistema, a to su učestanost i napon. Napon i učestanostsu dve osnovne varijable koje karakterišu funkcionisanje svakog monofaznog elektrovučnog sistema i kvalitet električne energije isporučene elektrovučnim vozilima.

Iznosi napona i frekvencije na sabirnicama u elektrovučnim podstanicama „Železnice Srbije“ koja je elektrifikaciju svojih pruga ostvarila sa monofaznim elektrovučnim sistemom 25 kV, 50 Hz određeni su Pravilnikom o tehničkim uslovima koje mora ispunjavati podsistem energija, a osnovni podaci dati su u Tabeli 1(IEEE Std 1159-1995).

Tabela 1: Naponi napajanja i frekvencija električne vuče

Minimalni napon ograničenog trajanja između U_{min1} i U_{min2} ne sme da pređe 2 min.	U_{min2} = 17500 V
Minimalni trajni napon	U_{min1} = 19000 V
Nazivni napon	U_n = 25000 V
Maksimalni trajni napon	U_{max1} = 27500 V
Maksimalni napon ograničenog trajanja između U_{max1} i U_{max2} ne sme da pređe 5 minuta	U_{max2} = 29000 V
Frekvencija napona	f= 49 - 51 Hz

Poslednjih dvadesetak godina kvalitet električne energije na elektrificiranim prugama “Železnice Srbije” postaje sve važniji pa merenje iznosa napona i frekvencije u elektrovučnim podstanicama nedovoljno iskazuje kvalitetet električne energije u elektrovučnom sistemu. Ovo je zbog toga što je sve više elektrovučnih vozila koje „prljaju“ napon napajanja u kontaktnoj mreži. Naime, zbog naglog razvoja i ugradnje snažnih uređaja energetske elektronike u vozila koji rade u prekidačkom režimu (nelinearan karakter rada) dolazi do pojave viših harmonika u talasnom obliku napona u elektrovučnom sistemu. S obzirom da se snaga i broj takvih nelinearnih uređaja u vozilu i elektrovučnom sistemu sve više povećavaju, problem harmonika postaje sve ozbiljniji. Neharmoničan oblik napona napajanja može da dovede do raznih problema u radu elektrovučnih vozila. Poznati problemi koji se mogu pojaviti su sledeći:

- povećani gubici u radu transformatora, kondenzatora, vučnih elektromotora, što dovodi do povećanog grejanja tih mašina odnosno uređaja a samim tim i do ubrzanog starenja i problema sa izolacijom,
- problemi u radu elektronske opreme, posebno one za koje je bitna detekcija prolaza napona kroz nulu,
- problemi u radu uređaja relejne zaštite,
- netačna očitavanja uređaja merne tehnike
- razne smetnje u radu signalno-sigurnosnih i komunikacionih uređaja i sistema.

Zbog navedenih razloga u poslednje vreme se na “Železnici Srbije” pri analizi kvaliteta električne energije analiziraju i preporučena odstupanja većeg broja tehničkih parametra, a koja su data međunarodnim preporukama. U tabeli 2 upoređene su propisane vrednosti tehničkih parametara koje su date međunarodnim preporuka iz područja kvaliteta električne energije i elektromagnetske kompatibilnosti (EMC).

Tabela 2. Poređenje propisanih graničnih vrednosti tehničkih parametara prema međunarodnim preporukama(IEEE Std 1159-1995)

područje	**Kvalitet el. energije**			**EMC**	
organizacija	CENELEC	EDF-Electricite de France	Eskom-Elektroenergetsko poduzeće Republ. Južne Afrike	IEEE	CENELEC
preporuka	EN 50160	Contract émeraude	ESKASAA 18	IEEE 519	IEC 61000-2-2
područje primene	NN i SN (230 V do 35 kV)	SN (25 kV)	-	SN i VN (>25 KV)	NN (do 1000 V)
promene napona	± 10 %	± 5 %	± 10 %	-	± 10 %
nesimetrija	2 %	2 %	2 %	-	2 %
viši harmonici	0,5 – 6,0 % (tablica)	0,5 – 6,0 % (tablica)	EPCC	< 69 kV 3 % < 161 kV 1,5 % > 161 kV 1,0 %	0,2 – 6,0 % (tablica)
THD	8 %	8 %	6 %	< 69 kV 5 % < 161 kV 2,5 % > 161 kV 1,5 %	8 %
međuharmonici	-	-	EPCC		0,2 %
signalni naponi	ograničenje krivuljom	-	-	-	-
flicker	Plt=1	Plt =1	Pst=1	granična krivulja	UIE-krivulja
prekidi (kratki)	10 - 100 godišnje	2 - 36 godišnje	-	-	-
prekidi (dugi)	10 - 50 godišnje	2 – 6 godišnje	-	-	-
propadi	10 - 1000 godišnje	-	tablica	-	1 – 4 mesečno
frekvencija u povezanim mrežama	± 1 % (+ 4 / - 6 %)	± 1 %	± 2,5 %	-	± 1 Hz
frekvencija pri paralelnom pogonu	± 2 % (± 15 %)	+ 4 / - 6 %	-	-	-
mrežni prenaponi	NN: < 1,5kV SN: < 2 Un	-	-	-	-
tranzijentni prenaponi	NN: < 6 kV SN: -	-	-	-	-

Kod elektrovučnih vozila na "Železnicama Srbije"(serije ŽS 441, ŽS 461 i ŽS 412/416sa jednosmernim vučnim pogonom kao i elektromotornih vozova serije ŽS 413/417sa trofaznim asinhronim vučnim pogonom) javljaju se česte promena brzine i razvijenog

momenta na osovini motora, a samim tim i brze promene struje uzete iz kontaktne mreže. Takve struje izazivaju padove i izobličenje napona kako u kontaktnoj mreži tako i na sabirnicama energetskih transformatora u elektrovučnim podstanicama usled konačneimpedanse. Sem toga, dosadašnja istraživanja ukazuju i na nedozvoljene vrednosti ovih izobličenja napona (Graovac, 2001).

Za eliminaciju odnosno ublažavanje problema kvaliteta električne energije u elektrovučnom sistemu "Železnice Srbije" predviđeni su pasivni filteri instalisani u elektrovučnim podstanicama. Međutim, ovi filteri se u eksploataciji retko koriste s obzirom da je njihov efekat različit pa i nedovoljan za različit harmonijski sastav struje od većeg broja različitih serija vozila u elektrovučnom sistemu. Sem toga pasivni filteri poseduju i značajne nedostatke kao što su efekti starenja i razdešavanja parametara filtera što dovodi do manje efikasnosti kao i moguće rezonance u sistemu.

Novija rešenja kome se teži idu u pravcu primene aktivnih ispravljača i ispravljača sa strujnom injekcijom, serijski i paralelni aktivni filtri. Takvi pretvarači se sastoje od dioda i tranzistora u konfiguraciji ispravljača ili invertora i upravljani su mikrokontrolerima ili digitalnim signalnim procesorima. Upravo takve konfiguracije omogućuju adaptivna svojstva i efikasnost u radu koja se nije moguća sa pasivnim filterima (Graovac, 2001).

U elektrovučnim podstanicama „Železnice Srbije", sem napona i struja na oba naponska nivoa (110 kV i 25 kV) se ne mere (ni trajno ni privremeno) što ukazuje na nedovoljnu brigu o potrebnom kvalitetu i energetskoj efikasnosti u ovom elektrovučnom sistemu.

Cilj ovog rada je da sagleda mogućnost implementacije savremenog daljinskog sistema za kontrolisanje svih parametara kvaliteta električne energije u elektrovučnim podstanicama "Železnice Srbije". Ovo je ne samo zbog potrebe ocenjivanja ostvarenog nivoa kvaliteta električne energije na elektrificiranim prugama "Železnice Srbije" već i zbog mogućnosti da se sa tim merenjima mogu dijagnosticirati izvori, učestalost i trajanja pojedinih smetnji odnosno pravovremene i efikasne korektivne akcije koje sa sadašnjim uspostavljenim sistemom nisu bile moguće.

2. KONTROLISANJE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA ELEKTRIFICIRANIM PRUGAMA „ŽELEZNICE SRBIJE"

Savremeni sistemi kontrolisanja stabilnih postrojenja električne vuče koji se sve više primenjuju na železnicama Srbije su tzv. SCADA sistemi namenjeni za daljinsku kontrolu i upravljanje ovim objektima. SCADA sistemi su hijerarhijski organizovani u nekoliko nivoa, pri čemu osnovni nivo čini nivo polja koji obuhvata davače signala i aktuatore. Signali iz nivoa polja prikupljaju se na nivou lokalnog automatskog upravljanja koji obuhvata inteligentne elektronske uređaje (IED) sa sposobnošću međusobne (horizontalne) i nadređene (vertikalne) komunikacije. Nadređeni nivo čini računarski sistem za centralni nadzor objekta i komunikacijski sistem za povezivanje objekata stabilnih postrojenja električne vuče (elektrovučnih podstanica i postrojenja za sekcionisanje) sa centrom daljinskog upravljanja koji predstavlja vrh hijerarhijske piramide sistema za kontrolisanje i upravljanje. S obzirom da se kontrolišu elektroenergetski objekti zanimljivi podaci koji se merenjima prikupljaju u SCADA sistemu su naponi i struje kao i njihov fazni odnos. Kako prikupljanje podataka za određivanje kvaliteta električne energije takođe obuhvata merenje napona i struja u istim objektima koji se kontrolišu sa SCADA sistemom to se može reći da postoji strukturna sličnost između SCADA sistema i sistema za kontrolisanje kvaliteta električne energije. Ti se sistemi

međutim bitno razlikuju, jer se na sisteme za kontrolisanje kvaliteta električne energije postavljaju stroži zahtevi za kontrolisanje većeg broja tehničkih parametara (tabela 2) i performansi merne opreme, komunikacijskih kanala i procesne moći odnosno memorijskog prostora centra za obradu prikupljanih podataka. Međutim, s obzirom na svoju hijerarhijsku strukturu SCADA sistemi mogu predstavljati osnovu za integraciju sa sistemom za kontrolisanje kvaliteta električne energije. Ovakav integrisan sistem je u mogućnosti ne samo da kontroliše već i da obezbedi potreban kvalitetet električne energije s obzirom da omogućava uspešno pronalaženje i analiziranje uzroka poremećaja u kvalitetu napajanja i to pre nastanka mogućih šteta na kritičnoj opremi u elektrovučnom sistemu. Precizna i pravovremena informacija o vrednosti svih parametara kvaliteta električne energije iz tabele 2 pri tome je ključna za otkrivanje i rešavanja problema pri obezbeđivanju potrebnog kvaliteta napajanja elektrovućnih vozila i energetske efikasnosti elektrovučnog sistema. Sistemi vrlo tačno utvrđuju izvor, učestalost i trajanje pojedine smetnje čime korisniku omogućavaju primenu pravovremenih i efikasnih korektivnih akcija kao što su: izmena u načinu napajanja pojedinih elektrovučnih vozila, izdvajanja napajanja osetljivih elektrovučnih vozila, implementacije uređaja za kondicioniranje napajanja (npr. filtri za više harmonike), promene vrste i/ili parametara zaštite, angažovanje dodatnih energetskih transformatora u paralelan rad pri napajanju kontaktne mreže, uređaja itd. (Capuder I dr., 2015).

2.1. Trajna kontrola kvaliteta električne energije

Postoji nekoliko pristupa merenju kvalitete električne energije. Forenzički pristup obuhvata rešavanje nastalih problema i uglavnom se oslanja na merenje prenosnim analizatorima dok se proaktivnim pristupom podrazumevaju sistemi za trajnu (permanentnu) kontrolu kvaliteta električne energije koji između ostalog omogućavaju i kontrolu efikasnosti sistema, preventivno održavanje i rano otkrivanje problema u radu ili smanjenje u efikasnosti opreme u elektrovučnom sistemu.

Razvoj sistema za kontrolu kvaliteta električne energije u elektrovučnom sistemu treba da počne sa aspekta ciljeva koje takav sistem mora zadovoljiti a koji u konačnosti određuju i njegovu kompleksnost. Održavanje određenog nivoa kvaliteta električne energije u elektrovučnom sistemu je stalna aktivnost koja zahteva pouzdane procese čija se efikasnost mora proveravati. Zbog toga sistemi kontrole kvaliteta električne energije mora biti integralni deo postojećih SCADA sistema odnosno integralni deo u celokupnom upravljanju elektrovučnim sistemom (Števanja, 2008).

2.2. Planiranje kontrole kvaliteta energije

Izvođenje integrisanog sistema kontrole kvaliteta električne energije sa postojećom SCADA sistemom u elektrovučnom sistemu treba da počne definisanjem ciljeva koje takav integrisani sistem mora zadovoljiti i izradom plana aktivnosti za izvedbu jednog takvog projekta (Števanja, 2008).

Neki od ciljeva mogu biti:

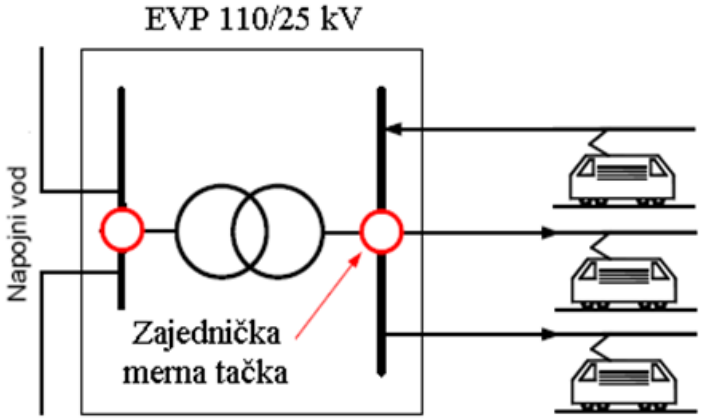
- utvrđivanje opšteg nivoa kvaliteta napajanja elektrovučnih podstanica i elektrovučnih vozila,
- utvrđivanje kapaciteta napajanja,
- otkrivanje izvora smetnji i problema u stabilnim postrojenjima električne vuče,
- rešavanje problema u eksploatisanju opreme.

Pre izvođenja integrisanog sistema za trajnu kontrolu kvaliteta potrebno je izraditi plan aktivnosti koji mora uzeti u obzir i sledeće elemente:

- tehničke karakteristike stabilnih postrojenja električne vuče,
- složenost elektrovučnog sistema i prirodu procesa unutar sistema,
- broj i razmeštaj monitora kvaliteta napajanja
- izbor vrste monitora,
- količinu i složenost prikupljenih podataka.

2.3. Mesta kontrolisanja

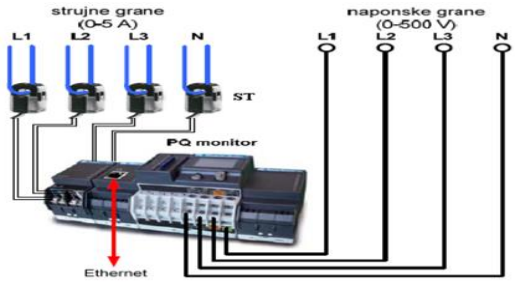
Mesta kontrolisanja kvaliteta električne energije u elektrovučnom sistemu određuju i funkciju integisanog sistema. Ako krenemo od ulazne tačke tj. od mesta monofaznog priključka elektrovučne podstanice na trofaznu elektroprivrednu mrežu tada se meri i kontroliše opšti kvalitet napajanja elektrovučne postanice. Merenje kvaliteta unutar postrojenja pokazuju kvalitet napajanja i medjudelovanja pojedinih vodova i opreme unutar postrojenja. Merenje parametara kvaliteta električne energije u izvodnim poljima elektrovulne podstanice pokazuju probleme snimljene na tom strujnom kolu i/ili na njenoj specifičnoj opremi. S obzirom na specifičnosti elektrovučnog sistema „Želenice Srbije" na mestu priključka elektrovučnih podstanica na trofaznu elektroprivrednu mrežu predlaže se merenje i kontrolisanje svih parametara kvaliteta električne energije saglasno medjunarodnoj normi IEEE 519 ili IEC 61000-4-30 , a u izlaznom poljima elektrovučnih podstanica evropskoj normi EN 50160 (tabela 2). Pri tome treba imati u vidu da se kontrola kvaliteta električne energije u elektrovućnom sistemu „Železnice Srbije" može postići jedino uključivanjem svih elektrovučnih podstanica 110/25 kV u jedinstveni sistem kontrolisanja kvaliteta električne energije (Slika 1)(Števanja, 2008).



Slika 1. Mesta ugradnje merne opreme u elektrovučnim podstanicama

2.4. Konfiguracija kontrole

Velika količina podataka koja se obrađuje i memoriše pri trajnoj kontroli kvaliteta električne energije uticala je da struktura merne opreme bude prilagođena PC tehnologiji odnosno Windows platformi. Merna oprema razvijena na ovoj osnovi poznata je pod imenom PQ monitori (Slika 2) (Števanja, 2008).



Slika 2. Trofazni priključak PQ monitora

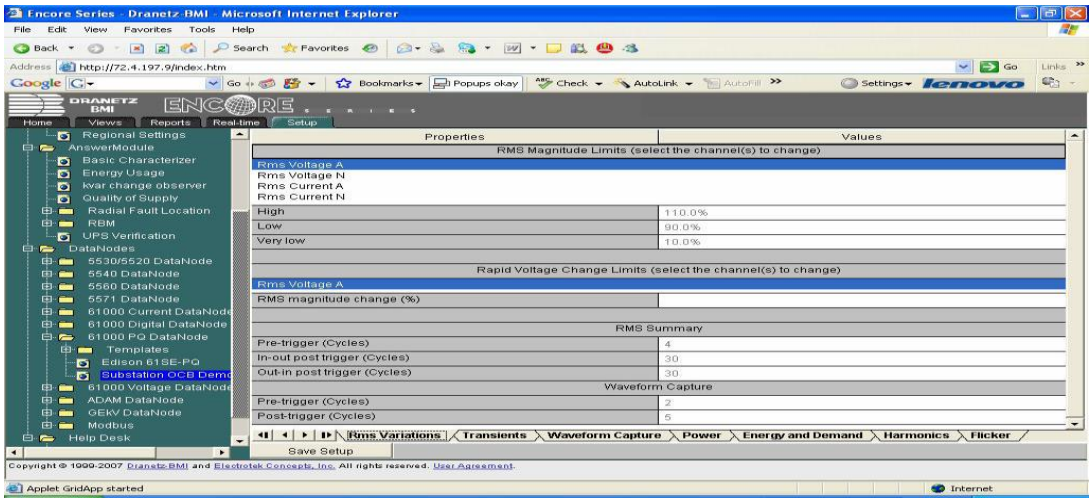
PQ uređaji su modularne strukture – sastoji se od osnovnog modula koji se napaja preko sekundara mernih strujnih i naponskih mernih transformatora pa zbog toga PQ monitori imaju ulaze prilagođene za 5 Aac odnosno naponske ulaze prilagođene za 500 Vac. Na slici 2 sa ST prikazan je precizan strujni transformator sa rastavljivim jezgrom koji daju naponski izlazni signal (0-333 mV) sa sekundara konvencionalnih strujnih transformatora što omogućuje naponski priključak nove generacije PQ monitora.

Posle izbora lokacije na koje se PQ-monitori lociraju i povezivanja na odgovarajuće merne strujne krugove ove uređaje je potrebno programirati i preko Ethernet modula povezati za centre daljinskog upravljanja.

U zavisnosti od od PQ-monitora složenost programiranja i postavljanja pragova može biti različita. Neadekvatno postavljeni pragovi mogu prouzrokovati prebrzo punjenje memorije raznim podacima iz kojih je vrlo teško izvući korisne informacije ili sa druge strane mogu prouzrokovati propuste u snimanju kritičnih događaja i nemogućnost detekcije istih, a time i otkrivanje njihovih uzroka.

Dakle, vrlo važno je snimiti početno stanje u svakoj tački i postaviti limite u skladu sa preporukama i standardima ali i u skladu sa odgovarajućom situacijom u odabranoj tački. Isto tako jednom postavljeni pragovi mernih veličina moraju se proveravati jer zavise i od izabranog vremena postavljanja i od trenutne situaciji unutar postrojenja.

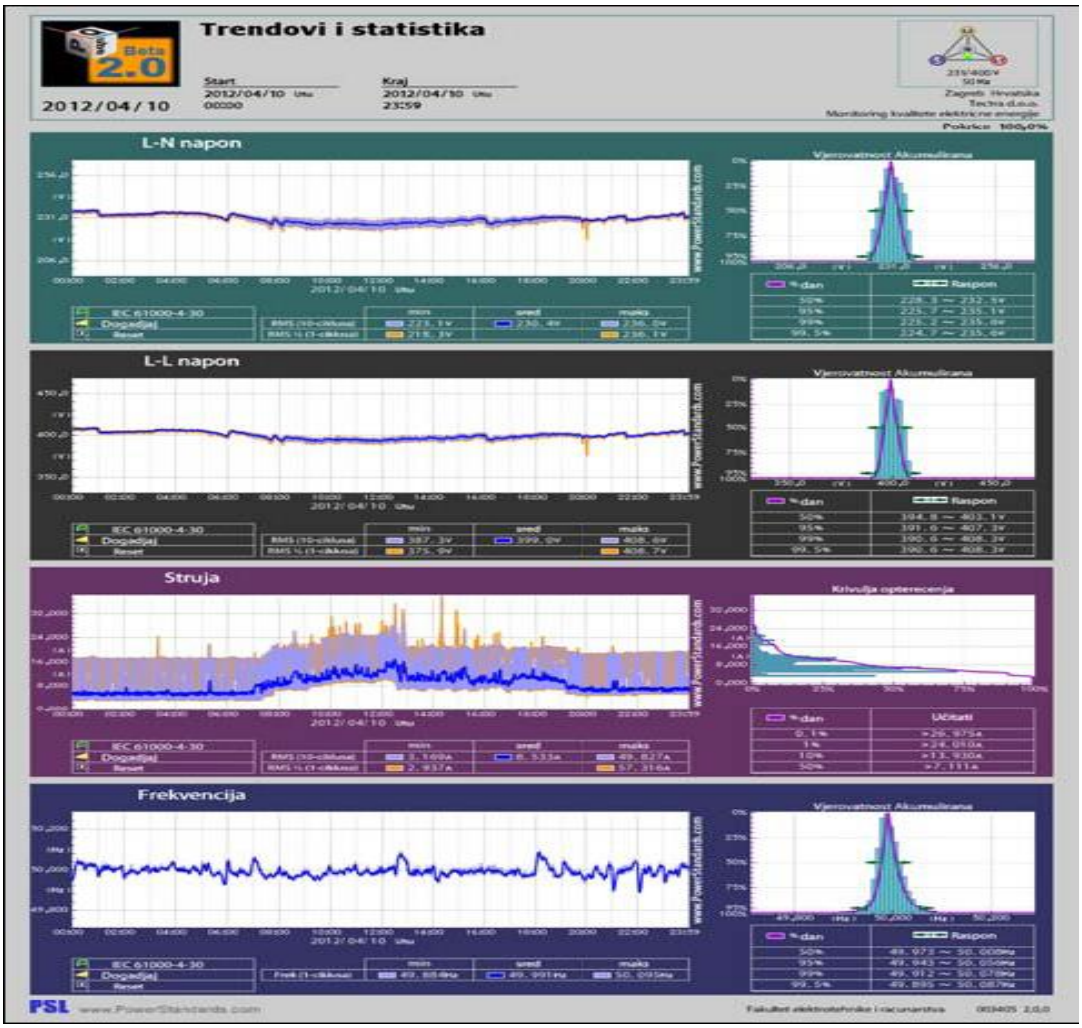
Na slici je prikazan jedan meni monitoringa gde je moguće postaviti pragove nivoa vrednosti napona za naponske događaje.



Slika 3. Meni za postavljanje limita iznosa napona

2.5. Pregled snimljenih događaja i identifikacija uzroka

PQ monitori daju unapred pripremljene izveštaje o nivou kvaliteta električne energije na izabranim lokacijama u obliku statističkih tablica ili dijarama usklađenih sa odgovarajućim normama (Slika 4) (Števanja, 2008).



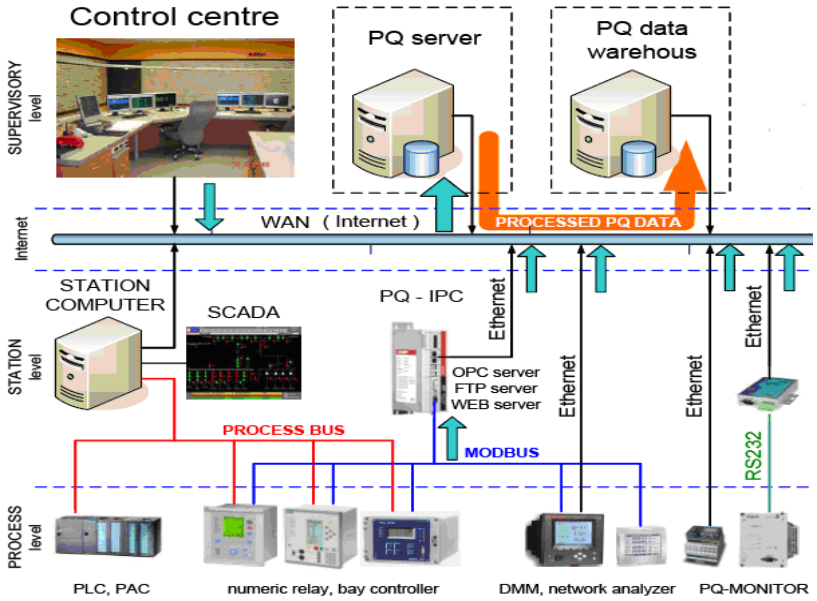
Slika 4. Statistički obradjena merenja

Na osnovu grafički i tabelarno prikazanih izmerenih parametara kvaliteta energije na utvrđenim tačkama sistema, mogu se permanentno kontrolisati svi eksploatacioni režimi rada na elektrificiranim prugama. Sem toga, ovako prikazani podaci ukazuju na eventualne smetnje, a pri vremenskoj sinhronizaciji između različitih PQ monitora može se dobiti i informaciju o brzini širenja te uticaju propagacije smetnje u raznim tačkama elektro vučnog sistema.

Snimanjem događaja i traženjem mogućih uzroka smetnji sistem za kontrolu kvaliteta je u stanju da identifikuje veliki broj smetnji u radu elektrovučnog sistema. Na taj način sistem indukuje potrebne aktivnosti za rešavanje nastalih smetnji, ali i predviđanje smetnji pre nego što do njih dođe čime se povećava energetska efikasnost i pouzdanost elektrovučnog sistema.

2.6. Koncepcija sistema

Tipična arhitektura sistema za trajnu kontrolu kvaliteta električne energije koja se predlaže prikazana je na Slici 5.



Slika 5. Šematski prikaz strukture sistema za kontrolu kvaliteta električne energije u elektrovučnim podstanicama(Števanja, 2008)

Sistem se sastoji od 3 nivoa: procesnog, lokalnog i kontrolnog nivoa.

Procesni nivo obuhvata opremu za merenje i prikupljanje podataka u napojnim 110 kV i izvodnim 25 kV poljima u elektrovučnim podstanicama.

Lokalni nivo obuhvata računare instalisane u same elektrovučne podstanice za praćenje kontrole kvaliteta gde procesna oprema nije umrežena odnosno nema mogućnost lokalnog memorisanja merenih podataka. Na ovom računaru instaliraju se OPC serveri za komunikaciju sa procesnom opremom, aplikacija za formiranje datoteka za prenos u centar daljinskog upravljanja i posebne centre za kontrolu kvaliteta električne energije na mestima merenja

Kontrolni nivo obuhvata dispečerski (CDU - centar daljinskog upravljanja) i centar za kontrolu kvaliteta električne energije (PQ centar). Operativni radnik u PQ centru komunicira vertikalno preko PQ računara prema procesnoj opremi u elektrovučnim podstanicama i horizontalno prema CDU (U PQ centre instalisani su serveri koji prihvataju datoteke iz CDU i serveri za direktnu komunikaciju sa procesnom opremom).

U procesnom nivou postoje razni uređeji koji su uključeni u sistem trajne kontrole kvaliteta, a svi su povezani u jednu celovitu bazu podataka. U ovu bazu ulaze i razni sistemski događaji iz drugih sistema kontrole rada opreme (SCADA sistem) pa se iz svih podataka sumarno prikazuju događaji, trendovi i kretanja vrednosti parametara(Števanja, 2008).

3. ZAKLJUČAK

Do sada uspostavljeni sistemi za praćenje kvaliteta električne energije na elektrificiranim prugama ”Železnice Srbije” saglasno medjunarodnim normama na žalost ne zadovoljavaju postavljene zahteve. S obzirom da regulatorne agencije zahtevaju propisane izveštaje o kvalitetu, a s druge strane železnički operateri zahtevaju ispunjenje zadatih okvira kvaliteta isporučene energije, potpuno je jasno da je sistem trajnog kontrole kvaliteta električne energije na elektrificiranim prugama nužan i višestruko koristan.Snimanjem parametara kvaliteta energije sistem za kontrolu kvaliteta je u stanju da identifikuje veliki broj smetnji u elektrovučnom sistemu, ali i da indukuje potrebne aktivnosti za njihovo rešavanje. Sem toga sistem je u stanju da predvidi i dijagnostikuje smetnje pre nego što do njih dođe što povećava energetsku efikasnost i pouzdanost elektrovučnog sistema.

Iskustvo zemalja sa višegodišnjom praksom u regulaciji kvaliteta usluga je pokazalo da je uvođenje sistema za trajnu kontrolu i regulaciju kvaliteta energije na elektrificiranim prugama proces koji zahteva postupno sprovođenje u skladu sa sticanjem znanja regulatornih agencija sa bazom relevantnih podataka i zakonodavnih okvira.

S obzirom da će pitanje kvaliteta usluga na elektrificiranim prugama Srbije sve više dobijati na značaju, potrebno je što pre otpočeti aktivnosti koje će omogućiti implementaciju sistema za kontinualno praćenje i regulaciju kvaliteta električne energije.

4. LITERATURA

D. Graovac, Univerzalni sistem za korekciju kvaliteta električne energije, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2001.

High accuracy split core CTs, DENT Instruments, Inc., Oregon 97702 USA, 2011.

IEEE Std 1159-1995, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality”

International Standard IEC 61000, Electromagnetic compatibility (EMC), Part 4-30: ”Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods“, Reference number CEI/IEC 61000-4-30:2003.

Mate Števanja: “Razvoj sustava za trajni nadzor kvalitete električne energije”, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije– HO CIRED,1. savjetovanje, Šibenik, 18. - 21. svibnja 2008.

Power Quality in European Electricity Supply Networks – 2nd edition, Network of Experts for Standardization, Eurelectric, studeni 2003.

PQube - Installation & User’s Manual, PSL Power Standards Lab, Alameda CA 94501 USA, 2011, www.PowerStandards.com.

Pravilnik o tehničkim uslovima koje mora ispunjavati podsistem energija , "Sl. glasnik RS", br. 106/2015.

Tomislav Capuder, Tomislav Tomiša, Matija Zidar , Work package 2 report: Detaljno izvešče o opremi za napredno mjerenje kvalitete EE , FENISG – Flexible Energy Nodes in Low Carbon Smart Grid funded by Croatian Science Foundation,Project grant No. 7766. Zagreb, lipanj 2015.

Uredba o uslovima isporuke i snabdevanja električnom energijom, Sl. glasnik RS", br. 63/2013.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

MODELI FINANSIRANJA ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE U ZEMLJAMA EU I SRBIJI*

RAILWAY INFRASTRUCTURE FINANCING MODELS IN EU COUNTRIES AND SERBIA

Jasmina Stanišić, Nikola Ristić, Bojan Vozar
DB Engineering & Consulting, Kosovska 39, 11000 Beograd, Srbija, Jasmina. Stanisic@deutschebahn. com, Nikola. Ristic@deutschebahn. com, Vozar@deutschebahn. com

***Apstrakt**: Više od deset godina Evropska unija (EU) je najveći donator Srbije u svim sektorima, uključujući i transportni. Osim finansijske pomoći koju prima od EU kroz instrument za pretpristupnu pomoć (IPA), Srbija je zaključila značajne investicione programe finansirane kroz kredite međunarodnih finansijskih institucija, bilateralne kredite i sredstva iz nacionalnog budžeta, dok se drugi modeli finansiranja železničke infrastrukture, kao što su javno-privatno partnerstvo (JPP) i naknade za železničku infrastrukturu, itd., ne koriste dovoljno ili uopšte. Oslanjajući se na prethodno stečena znanja i druga istraživanja u ovom polju, svrha ovog rada je da predstavi modele finansiranja železničke infrastrukture u Republici Srbiji, na osnovu trenutne prakse na železnicama širom zemalja EU. Cilj rada je da da pregled različitih modela finansiranja železničke infrastrukture u EU, da ih analizira i predstavi studije slučaja, na osnovu čega će se izvršiti poređenje sa situacijom u Srbiji. Glavni doprinos ovog rada je da ispita i predloži nove ili manje upotrebljavane modele finansiranje koje bi mogli da donesu Srbiji veću ekonomsku korist od onih modela koji su trenutno u upotrebi.*

***Ključne reči:** investicije, studije slučaja, javno-privatno parterstvo, naknade za korišćenje železničke infrastructure*

***Abstract:** For more than 10 years European Union (EU) is the biggest donor to the Republic of Serbia in all sectors, including transport. Besides financial assistance provided by EU through Instrument for Pre-Accession (IPA), Serbia concluded substantial investment programmes financed through the loans from the International Financial Institutions (IFIs), bilateral creditors and national budget resources, while other railway infrastructure financing models, such as Public Private Partnership (PPP), rail track charging, etc., are not being used sufficiently or at all. Relying on previously gained knowledge and other researches that were done in this field, this paper aims to propose solutions for railway infrastructure financing models in the Republic of Serbia, based on the current practice on the railways across the EU countries. The objective of this paper is to make overview of various railway infrastructure financing models in EU, to analyse them and present case studies, based on which comparison with the situation in Serbia will be done. Key contribution of this paper is to examine and propose new or less used financing models that could bring more economical benefit to Serbia than the used ones.*

***Key words:** investment, case study, PPP, rail track charging*

* ***Pregledni rad***

1. UVOD

Više od 50% investicija u železničku infrastrukturu u EU je u prethodnom periodu finansirano iz nacionalnih budžeta, oko 12% je kofinansirano iz sredstava EU, dok je preostalih 38% finansirano kroz partnerstva, zajmove, kredite, naknade za korišćenje infrastrukture i druge mehanizme. (Doll i dr., 2015).

EU kofinansiranje železničkih infrastrukturnih projekata se vrši kroz razne programe kao što su kohezioni fond (Cohesion Fund - CF), instrument za povezivanje Evrope (Connecting Europe Facility - CEF), evropski regionalni razvojni fond (European Regional Development Fund - ERDF), zatim kredite banaka, a Evropska Komisija u saradnji sa Evropskom investicionom bankom (EIB) je pokušala da razvije i dodatne finansijske instrumente kojima bi ojačala privatno finansiranje.

Takođe, grupa autora je 2015. godine predložila dva nova modela prilagođena specifičnostima železničkog sistema. (Doll i dr., 2015).

Nasuprot razvoju novih mehanizama finansiranja železničke infrastrukture u EU, u Srbiji pored nedovoljnih sredstava koja se izdvajaju iz državnog budžeta investiranje u železničku infrastrukturu beleži trend rasta kreditnih sredstava.

Osim toga, generalni Transportni Master Plan zahteva investicije u visini od 22,2 milijarde EUR do 2027. godine odnosno 1,5 milijarde EUR na godišnjem nivou i uključuje 33 projekta koja bi trebala biti realizovana kroz EU finansiranje tj. pretpristupne fondove, kreditne linije EIB-a i EBRD-a i državni budžet. Takođe, procenjeno je da je 7,5 milijardi EUR neophodno za održavanje i završetak postojećih projekata. (http://www.railwaypro.com/wp/launch-of-railway-projects-puts-serbia-among-eu-member-states/)

Sa druge strane, modeli poput JPP-a još nisu zaživeli u Srbiji, iako je praksa pokazala da postoje primeri gde je jasno izražen i javni i privatni interes za realizaciju projekata po ovom modelu.

Cilj ovog rada je da da pregled modela finansiranja koji se koriste u zemljama EU sa akcentom na nove modele finansiranja i problem njihove primene, kao i da razmotri mogućnosti primene novih modela u Srbiji.

2. MODELI FINANSIRANJA ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE U EU

Dok se nacionalno finansiranje najviše svodi na finansiranje iz državnog budžeta, EU sredstva se crpe kroz razne fondove i instrumente kao što su CEF, CF, ERDF (uglavnom donacije) i iz fondova EIB-a, kroz pozajmice i kredite. Osim toga, razvijeni su inovativni evropski instrumenti finansiranja koji uključuju privatne investitore ili funkcionišu po principu privatnih finansijskih šema.

2.1. Nacionalno finansiranje

- Finansiranje iz državnih budžeta

Finansiranje velikih infrastrukturnih projekata obično zahteva investicije sa više strana. EU čak i ne pokušava da pokrije finansijski nedostatak u celosti, jer se zalaže za ekonomsku

održivost projekta, te kroz razne mehanizme učestvuje sa 10 – 85% vrednosti investicija. Iako je učešće privatnog kapitala u porastu, železnička infrastruktura ne generiše dovoljno prihode koji su interesantni za privatne investitore, pa je tako finansiranje iz budžeta vlada glavni izvor železničkih infrastrukturnih investicija, sa čak preko 50% od ukupnih vrednosti investicija.

Međutim, finansiranje iz državnih budžeta nije jedini izvor nacionalnog finansiranja. Regionalne organizacije podržavaju projekte koji promovišu balansirani razvoj regiona i generišu pozitivne efekte na regionalnu ekonomiju. Gradovi, opštine i lokalne samouprave takođe daju doprinos infrastrukturnom finansiranju.

- Naknade za korišćenje železničke infrastrukture

Naknade za korišćenje železničke infrastrukture uređene su Direktivom 2001/14 i kroz Železničke Pakete. Mnoge zemlje članice naknadama uspevaju da pokriju tek tekuće troškove održavanja (5 - 10% od ukupnih troškova), te je ovaj izvor prihoda svakako nedovoljan, ali ne i zanemarljiv, način ulaganja u železničku infrastrukturu. (Doll i dr., 2015).

- Finansijske šeme za tekuće održavanje, reinvestiranje i nove investicije

U baltičkim zemljama kao što je Letonija, visoke naknade za teretni saobraćaj mogu da pokriju veći deo ukupnih troškova održavanja, dok u drugim zemljama poput Nemačke prihodi, iako značajno veći od tekućih troškova održavanja, ne mogu pokriti troškove.

Stoga su Federalna Vlada Nemačke i nemačke železnice Deutsche Bahn AG (DB AG) sklopili sporazum o finansiranju kojim se očekivana dobit upravljača infrastrukture i doprinos holdinga - DB AG, u ukupnom iznosu od 1,6 milijardi EUR na godišnjem nivou, alociraju u fond za reinvestiranje i održavanje za period 2015. - 2019. godine. Federalna Vlada alocira godišnje 4 milijarde EUR, tako da sveukupno 28 milijardi EUR stoji na raspolaganju za investiranje u održavanje železničke infrastrukture. (Doll i dr., 2015).

Finansiranje nove železničke infrastrukture se uglavnom vrši sredstvima iz državnih budžeta i EU kofinansiranjem, osim u slučajevima gde postoje jaki tokovi putnika i robe, pa je često prisutno i JPP.

- JPP

U JPP-u država je odgovorna za planiranje, pravne procedure i eventualno ima udeo u investicionim troškovima, dok privatni partneri imaju odgovornost za izgradnju, održavanje i funkcionisanje. Za delove glavnog projekta nekada su odgovorni i partneri, što znači da privatni sektor ne samo da doprinosi finansijski, već preuzima na sebe i neke pridružene funkcije, kao što su kontrola troškova, upravljanje rizikom i sl. Pošto privatni investitori ne mogu da obezbede likvidnost po boljim uslovima od države, jasno je da su kapitalni troškovi veći nego u slučaju javnog finansiranja.

2.2. EU finansiranje

- Kohezioni fond

Kohezioni fond (CF) je usmeren na države članice čiji je bruto nacionalni dohodak po stanovniku manji od 90% proseka EU. On ima za cilj smanjenje ekonomskih i socijalnih razlika i promovisanje održivog razvoja. Za period 2014. - 2020. godine, CF-u imaju pristup Bugarska, Hrvatska, Kipar, Češka, Estonija, Grčka, Mađarska, Letonija, Litvanija, Malta, Poljska, Portugalija, Rumunija, Slovačka i Slovenija. ()

Kohezioni fond izdvaja ukupno 63,4 milijarde EUR za aktivnosti iz sledećih kategorija:

- transevropske saobraćajne mreže, naročito prioritetni projekti od evropskog interesa koji su identifikovani od strane EU. Kohezioni fond će podržati infrastrukturne projekte u okviru Instrumenta za povezivanje Evrope;
- okruženje: Kohezioni fond takođe može podržati projekte koji se odnose na energiju ili transport, sve dok to jasno koristi ekologiji u smislu energetske efikasnosti, korištenja obnovljive energije, razvoja železničkog transporta, podrške intermodalnosti, jačanja javnog prevoza, itd.

  (http://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/cohesion-fund/)

- Instrumenta za povezivanje Evrope

Instrument za povezivanje Evrope (CEF) je ključni instrument finansiranja EU koji je razvijen za direktno ulaganje u evropsku transportnu, energetsku i digitalnu infrastrukturu radi rešavanja identifikovanih nedostajućih veza i uskih grla. CEF je namenjen finansiranju prekograničnih infrastrukturnih projekata u cilju jačanja EU tržišta, ekonomskog razvoja i rasta zaposlenosti. Prvobitno predloženi budžet za period finansiranja 2014. - 2020. godine za kofinansiranje TEN-T projekata u zemljama članicama EU i, gde je podobno, veze sa susednim zemljama, iznosio je 31,7 milijardi EUR, ali je nako pregovora sa MMF-om smanjen na 24,05 milijardi EUR. Od ovog iznosa, 11,305 milijardi EUR je na raspolaganju posebno za projekte koji se nalaze na teritorijama država članica koje su podobne za CF. (https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/project-funding/cef_en)

Finansijska podrška CEF prvenstveno uzima oblike:

- Grantova (bespovratnih ulaganja iz budžeta EU) koji se sprovode kroz konkurentni proces "poziva za podnošenje predloga",
- Akcija podrške programu, koje su namenjene merama podrške administracijama država članica ili tela pod njihovom nadležnošću, kako bi im se pomoglo u postizanju ukupnih ciljeva TEN-T i CEF-a, kao i studijama i IT podršci CEF program,
- EU doprinosa inovativnim finansijskim instrumentima. Ovi instrumenti razvijeni su zajedno sa poverenim finansijskim institucijama poput EIB-a, kao partnera za implementaciju Komisije. Oni imaju oblik aranžmana za podelu rizika i uključuju garancije, zajmove i projektne obveznice.

Instrument dugovanja je uspostavljen za tri sektora CEF-a sa EIB-om koji imaju za cilj podržavanje projekata saobraćajne infrastrukture, a to su:

1. Instrument garancije kredita za projekte TEN-T (Loan Guarantee Instrument for TEN-T Projects - LGTT) - finansijski instrument razvijen i finansiran od strane EK i EIB. Kako je tokom finansijske krize vrednost infrastrukturnih projekata u je opala za više od polovine tj. sa 70 milijardi EUR u 2010. na 34 milijarde EUR u 2012. godini, EIB i Evropska komisija su 2008. godine pokrenule instrument LGTT sa namerom da promovišu učešće privatnog sektora, pomažući privatnim investitorima da savladaju kritičnu fazu na početku projekta koja se javlja 5-7 godina nakon početka projekta. Dok se uobičajeni krediti EIB-a odobravaju javnom investitoru projekta i otplaćuju barem delimično od prihoda generisanih projektom, LGTT pruža garancije protiv rizika potražnje u prvim godinama u iznosu do 20% ukupnog duga, što

EIB-u daje mogućnost da prihvati dug sa većim finansijskim rizikom od normalnog. Osnovni uslov je da je projekat finansijski održiv, što procenjuje EIB, a smatra se ispunjenim ukoliko je finansijski problem koji se prevazilazi LGTT-om samo privremene prirode. Stoga LGTT ima za cilj da olakša veće učešće privatnog sektora u finansiranju projekata TEN-T u cilju ubrzavanja implementacije projekata. (http://www.eib.org/infocentre/publications/all/evaluation-the-loan-guarante-instrument-for-ten-t-projects-lgtt.htm)

2. Marguerite Fond - evropski fond za energiju, klimatske promene i infrastrukturu je panevropski fond kapitala koji deluje kao katalizator ključnih investicija u obnovljive izvore, energiju i transport. To je prvi fond te vrste koji su pokrenule vodeće evropske finansijske institucije u Evropi, kao deo evropskog plana za ekonomski oporavak. Kombinuje tržišno zasnovano načelo povratka investitorima u potrazi za ciljevima javne politike. Pokrenuta 2010. godine, uz podršku šest glavnih evropskih finansijskih institucija donosi kapitalno intenzivne investicije u infrastrukturu. Zajedno sa Evropskom komisijom i drugim institucionalnim investitorima, fond ima obaveze od 710 miliona EUR.

3. Inicijative za projektne obveznice, čiji je glavni cilj stvaranje uslova za privlačenje dodatnih privatnih finansijskih sredstava za pojedine infrastrukturne projekte. U prošlosti su pitanja tržišta kapitala bila važan izvor finansiranja za infrastrukturne projekte. Specijalizovane osiguravajuće kompanije garantovale su pun kreditni rizik starijih zajmodavaca. Međutim, od finansijske krize bilo je svega nekoliko novih obezbeđenih garancija. Štaviše, kriza državnog duga i pritisak na bilans stanja banaka ograničili su druge izvore dugoročnog finansiranja infrastrukture. Stoga postoji potreba da se nađu novi načini za promovisanje privatnog sektora za finansiranje infrastrukturnih projekata bez povećanja direktnog javnog finansiranja i samim tim javnog zaduživanja. (http://www.eib.org/products/blending/project-bonds/)

   Instrument Projektna Obveznica Evropa 2020 je osmišljen da obezbedi alternativu finansiranju projekata putem banaka ili grantova u javnom sektoru kako bi se zatvorio nedostatak finansiranja infrastrukture. Ako se projekat može adekvatno strukturirati, grantovi i projektne obveznice mogu se kombinovati.

   Evropska investiciona banka i Evropska komisija bi za odabrane projekte davali garancije mehanizmima koji već postoje, čime bi povećale njihovu privlačnost za investitore. Ti mehanizmi su takozvano "kreditno unapređenje", koje podrazumeva preuzimanje rizika u slučaju nedovoljne količine novca za otplatu duga sa pravom prvenstva. Time se smanjuje rizik, kao i troškovi dugoročnog zaduživanja za promotere projekta koji izdaju obveznice, a izlazi se u susret institucionalnim investitorima poput penzijskih fondova i kompanija za životno osiguranje, koji za ulaganje traže stabilne dugoročne hartije. (http://www. euractiv. rs/eu-prioriteti/1729-kako-pronai-2000-milijarde-evra-za-infrastrukturu-eu. html, 28.08.2017.)

   Cilj inicijative je podsticanje finansiranja tržišta kapitala za velike infrastrukturne projekte u sektorima saobraćaja (TEN-T), energetici (TEN-E) i informacijskoj i komunikacionoj tehnologiji (ICT).

- Razvijanje novih šema za Evropske Investicione fondove

Kristofersen grupa (Christophersen Group), predvođena bivšim zamenikom predsednika EU Komisije g-dinom H. Kristofersenom, je 2015. godine upozorila na potrebu za velikim infrastrukturnim investicijama, koja nije bila zadovoljena prethodnih decenija.

Skupljajući podatke od zemalja članica o investicionim potrebama, Grupa je došla do podatka da je više od EUR 600 milijardi potrebno za period 2014 - 2030. godine, kao i da je neophodno razviti mehanizme za podsticanje privatnih investicija, te je predložila dva dodatna poslovna modela: koncesiona šema i namenski transportni fond. (Doll i dr., 2015).

Koncesiona šema može funkcionisati bez generisanja prihoda od operativnih radnji projekta, po primeru JPP-a zasnovanog na plaćanju dostupnosti, odnosno plaćanja privatnom partneru za period koncesije. U ovakvim šemama privatni ugovarač projektuje, izvodi i finansira projekat i omogućava njegovo funkcionisanje tokom perioda koncesije, dok država, železnički operatori i upravljač infrastrukture doprinose plaćanju anuiteta i kamate za privatnog koncesionara. Na ovaj način moguće je ranije realizovati projekte, izbegavajući probleme oko prihoda i upravljanja infrastrukturom. Ovaj model se primenjuju u Francuskoj za finansiranje pruge za vozove velikih brzina na relaciji Tur - Bordo. Koncesionari doprinose sa 49% investicionih troškova, dok upravljač infrastrukture učestvuje sa 13%, a država (federalna i lokalna vlada) sa preostalih 38%. Šema je svedena na tzv. "DBF" model, što znači da je koncesionar odgovoran za sprovođenje projekta ali ne i operativni deo nakon izgradnje. Plaćanje amortizacije i kamate za koncesiju je na teretu železničkog operatora SNCF.

Drugi primer koncesione šeme je železničko-drumski most Oresund koji povezuje Dansku i Švedsku. gde su zajednički finansirana drumska i železnička infrastruktura. U ovom slučaju veći deo prihoda generiše se od naplate putarina, što je od koristi i za železnicu. Koncesionar je javno preduzeće Sund i Belt (Sund and Belt) a rizik je apsorbovan javnim garancijama.

Namenski transportni fond funkcioniše po principu skupljanja sredstava sa više strana. "FABI" investiciona i finansijska šema se primenjuje u Švajcarskoj, a zasniva se na dugoročnom investicionom planu i ukupnim procenjenim investicionim troškovima. Izvori prihoda za finansiranje ovih troškova životnog ciklusa uključuju naknade za korišćenje železničke infrastrukture, plaćanje obaveza u vezi sa uslugama, nadoknade za porez na gorivo, vinjete od putničkih automobila i naknade za korišćenje teških teretnih vozila. Nemački koncept, sa druge strane, izbegava ovako obimnu šemu finansiranja i fokusira se na kombinaciju uplata za javni budžet (u konačnom poreze) i plaćanja od železničkih operatora.

3. PROBLEMI PRIMENE NOVIH MODELA FINANSIRANJA

Pokušaji Evropske Komisije i EIB-a da razviju LGTT nažalost nisu bili naročito uspešni, pre svega zbog slabih interesa za privatno investiranje u transportnu infrastrukturu nakon ekonomske krize, kada je i broj JPP drastično opao. Tokom 2008. - 2012. godine LGTT je potpisan za pet projekata autoputeva, jedan pomorski projekat i jedan železnički projekat za pruge za vozove velikih u južnoj Francuskoj. Međutim, nijedan od ovih projekata zapravo nije koristio garanciju. Ovo ukazuje na to da je LGTT instrument postao veoma usko ograničen. Jedan od razloga je promena perspektive razvoja saobraćaja nakon ekonomske krize, koja je drastično smanjila sklonost banaka i drugih investitora da se angažuju u takvim projektima.

Osim toga, transportni infrastrukturni projekti često ne mogu da obezbede stabilan prihod kojim bi otplatili troškove amortizacije i kamate. Ovo je naročito tačno za železničke projekte gde JPP nije preferirana opcija iz dva razloga. Prvi, tržišni prihodi generisani na projektima su obično niski i rizični u smislu da su podložni političkom uticaju npr. paralelne investicije u puteve, nametanje poreskih obaveza u železničkom saobraćaju koji ne postoje u drugim vidovima saobraćaja ili odluke o visini naknada za korišćenje železničke infrastrukture. Drugi razlog je taj što JPP i koncesione šeme podrazumevaju da se operativni menadžment prebaci na koncesionara, što može izazvati sukob sa upravljačima infrastrukture po pitanju odgovornosti za dostupnost tokom trajanja projekta i integraciju celokupne železničke mreže, kao i prihode. Osim toga, javni uticaj u železničkom sektoru je mnogo jači nego u drumskom i avio sektoru, što dodatno otežava stvaranje jasnih i pouzdanih poslovnih prilika za privatne investitore.

Sa druge strane, primena namenskog transportnog modela naišla je na ograničenja u praksi. Kako je uglavnom prisutno mišljenje da prenos plaćanja naknada korisnika puteva za eksterne troškove nije klasifikovano kao unakrsno finansiranje, ova alatka se može primijeniti i u zemljama koje odbijaju unakrsno plaćanje. Trenutno je jedina mogućnost primene ovog instrumenta osigurana Direktivom 2011/76 EU, koja dopušta državama članicama da dodaju nadoknadu za eksterne troškove zagađenja vazduha i buke troškovima infrastrukture za dizajniranje troškova za korišćenje putnih vozila za teška vozila na autoputevima.

Za razvijanje ovog alata, na način da generišu značajne količine sredstava, bilo bi neophodno proširiti eksterne troškove transporta na sve proizvođače, proširiti spisak eksternih troškova (trenutno uključuju isključivo zagađenje vazduha i buku), napraviti lak tehnički proračun eksternih troškova (trenutno zahteva izuzetno diferenciranu šemu naplate za buku koja još ne postoji) i naplaćivati stvarne potpune eksterne troškove (trenutno "ograničene vrednosti" ograničavaju naknade).

4. MODELI FINANSIRANJA ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE U SRBIJI

Građevinska dužina železničkih pruga u Republici Srbiji je 3739 km, od čega je 3444 km jednokolosečnih i 295 km dvokolosečnih pruga. Železničke pruge su stare više od jednog veka (preko 55% svih pruga izgrađeno je u 19. veku), dok je prosečna starost koloseka oko 48 godina. Prema podacima za red vožnje za 2015/2016. godinu na samo 147,201 km koloseka ili 3,60% od ukupne dužine koloseka vozovi saobraćaju brzinama preko 100 km/h, iako su projektovane brzine na prugama znatno povoljnije. Značajno smanjenje najvećih dopuštenih brzina po prugama u proteklom periodu nastalo je kao posledica dugogodišnjeg neobezbeđivanja sredstava za redovno održavanje elemenata infrastrukture, pa se za železničku infrastrukturu može reći da ima veoma nizak nivo tehničke pouzdanosti i tehnološke raspoloživosti (Nacionalni program javne železničke infrastrukture za period od 2017. do 2021. godine, 29.05.2017.).

Kada je reč o revitalizaciji infrastrukture i realizaciji novih investicionih projekata, kao jedno od najčešće postavljenih pitanja pojavljuje se identifikovanje odgovarajućeg izvora finansiranja.

U tom pogledu u Srbiji se javljaju sledeći modeli tj. izvori finansiranja:

- Nacionalni budžet (koji se odnosi na Republički, Pokrajinski i lokalne budžete),

- IPA fond,
- WBIF,
- EIB,
- EBRD,
- Kredit Vlade Ruske Federacije,
- Kuvajtski kredit za arapski ekonomski razvoj,
- EXIM banka (http://infrazs. rs/2017/03/generalni-direktor-na-medjunarodnom-forumu-koridori-razvojna-sansa-srbije-i-regiona/, 15.08.2017.).

S obzirom na to da državni budžet kao izvor finansiranja investicionih projekata nije dovoljan, kao najpopularniji model u praksi se sve više koriste sredstva bilateralnih donatora. Najznačajniji bilateralni donator u Republici Srbiji je EU sa realizacijom godišnjih donacija od prosečno 200 miliona eura. U proteklom periodu značajni projekti su finansirani i iz kreditnih linija, dok model JPP-a još uvek nije zaživeo u praksi.

Narednom tabelom dat je prikaz izvora finansiranja na primerima realizovanih, tekućih i planiranih projekata u Srbiji.

Tabela 1: Izvori finansiranja realizovanih, tekućih i planiranih železničkih infrastrukturnih projekata u Srbiji

Završeni projekti	**Izvor finansiranja**	**Vrednost investicije**
Izgradnja drugog koloseka na deonici Pančevački Most – Pančevo Glavna	Ruski izvozni kredit	90,9 mil $
Rekonstrukcija tri severne deonice Koridora X (65,7km)	Ruski izvozni kredit	48,71 mil $
Rekonstrukcija tri južne deonice Koridora X (46,5km)	Ruski izvozni kredit	38,1 (26,4) mil $
Železnička stanica Beograd Centar - Faza 1	Kuvajtski fond za arapski ekonomski razvo	10 miliona kuvajtskih dinara (oko 25,7 miliona evra)
Projekti u fazi realizacije	**Izvor finansiranja**	**Vrednost investicije**
Izgradnja železničko-drumskog mosta preko reke Dunava u Novom Sadu (Žeželjevog most)	EU IPA fond i Republika Srbija	51,7 mil €
Rekonstrukcija i modernizacija deonice pruge Gilje - Čuprija - Paraćin	EIB	38,66 mil €
Rekonstrukcija glavnom opravkom pruge Resnik – Valjevo	Ruski izvozni kredit	79,92 mil $
Aktuelni projekti	**Izvor finansiranja**	**Vrednost investicije**
Modernizacija pruge Beograd-Subotica (Budimpešta) - I deonica: Beograd Centar – Stara Paz	Exim banka Kina	319,9 mil €
Modernizacija pruge Beograd-Subotica (Budimpešta) -II deonica: Stara Pazova – Novi Sad	Ruski izvozni kredit	338 mil $
Modernizacija pruge Beograd-Subotica (Budimpešta) - III deonica: Novi Sad – Subotica	Exim banka Kina	
Rehabilitacija glavnom opravkom deonice Rasputnica G – Rakovica – Resnik	EBRD	23,7 mil €
Rekonstrukcija deonice Jajinci - Mala Krsna	EBRD	30 mil €
Obnova stanice Mala Krsna	EBRD	10 mil €
Planirani projekti – obezbeđen izvor finaniranja	**Izvor finansiranja**	**Vrednost investicije**
Rekonstrukcija i elektifikacija pruge Niš – Dimitrovgrad	EU fond (WBIF), EIB i Budžet Srbije	84,37 mil €
Elektrifikacija i uradnja signalnih i telekomunikacionih uređaja	EU fondovi i EIB	45 mil €
Budući projekti – nije obezbeđen izvor finansiranja	**Izvor finansiranja**	**Vrednost investicije**
Železnička stanica Beograd Centar – Faza II		47 mil €
Teretna obilazna pruga Beli Potok - Vinča - Pančevo Glavna		106,3 mil €
Rekonstrukcija pruge Resnik – Vrbnica, deonica Valjevo – Vrbnica		200 mil €
Izgradnja jednokolosečne obilazne pruge oko Grada Niša		100 mil €
Elekrifikacija pruge Pančevo Glavna – Vršac		46 mil €
Rekonstrukcija i modernizacija postojećeg i izgradnja drugog koloseka na deonici Stalać - Đunis		150 mil €
Rehabilitacija regionalnih pruga		30 mil €

Svojevremeno je postojala ideja rekonstrukcije pruge Petrovaradin - Beočin po modelu JPP-a. Naime, u regionu kroz koji prolazi 17 kilometara ove pruge posluju velika preduzeća, a nakon njenog zatvaranja 2007. godine zbog lošeg stanja, najveći deo teretnog saobraćaja prebačen je na puteve. Vrednost rekonstrukcije je procenjena na 6,5 miliona EUR. Iako je projekat definisan kao jedan od prioriteta kojim će se označiti početak sanacije železničkog saobraćaja u pokrajini, od potpisivanja Protokola 2013. godine između Pokrajinske Vlade

Vojvodine i predstavnika nekoliko kompanija predvođenih kompanijom BFC Lafarž, koja u Beočinu poseduje cementaru, nije se odmaklo puno (http://www. beocin. rs/sr/?id=506, 25.08.2017.).

5. ZAKLJUČAK

Razvoj železničke infrastrukture u EU zahteva velika finansijska ulaganja iz nacionalnih sredstava, koja mogu biti podržana privatnim investicijama. Međutim, sve dok privatna ulaganja zahtevaju velike i pouzdane prihode od železničkih operacija, železničke investicije će imati male šanse za privlačenje privatnih investitora. Stoga i dalje preovladava tradicionalni način finansiranja železničke infrastrukture iz državnih budžeta, koji nije i najfleksibilniji način za izgradnju i razvoj infrastrukture zbog budžetskih ograničenja i političkih uticaja.

Dok su u EU razvijeni različiti modeli finansiranja kroz partnerstva i instrumente EU, Srbija se osim na pretpristupne fondove EU u velikoj meri oslanja na kredite. Stoga postoji potreba da se nađu novi načini za promovisanje privatnog sektora za finansiranje infrastrukturnih projekata bez povećanja direktnog javnog finansiranja i samim tim javnog zaduživanja.

Otvaranje tržišta i uvođenje naknada za korišćenje infrastrukture eventualno će omogućiti manja sredstva za ulaganja u održavanje infrastrukture.

Jedan od modela koji bi mogao da zaživi je svakako model JPP. Revitalizacija železnice je od velikog značaja i za privatne kompanije i za stanovnike, jer teretni drumski transport ima negativne posledice po kvalitet puteva, bezbednost saobraćaja i građana, kao i za zaštitu životne sredine. Ovaj model bio bi pogodan naročito u slučajevima gde pored postojanja javnog interesa postoji mogućnost za udruživanje privatnog interesa, a samim tim i podelu rizika.

6. LITERATURA

Doll, C., Rothengatter, W., Schade, W. (2015). . The Results and Efficiency of Railway Infrastructure Financing within the EU.

Narodna skupština Republike Srbije (2017). Nacionalni program javne železničke infrastrukture za period od 2017. do 2021. godine, 10-17.

http://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/cohesion-fund/

https://ec. europa. eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/project-funding/cef_en

http://infrazs. rs/2017/03/generalni-direktor-na-medjunarodnom-forumu-koridori-razvojna-sansa-srbije-i-regiona/

http://www. beocin. rs/sr/?id=506

http://www. eib. org/infocentre/publications/all/evaluation-the-loan-guarante-instrument-for-ten-t-projects-lgtt. htm

http://www. eib. org/products/blending/project-bonds/

http://www. euractiv. rs/eu-prioriteti/1729-kako-pronai-2000-milijarde-evra-za-infrastrukturu-eu. html

http://www.railwaypro.com/wp/launch-of-railway-projects-puts-serbia-among-eu-member-states/

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

PRIMJENA OPTIČKIH SISTEMA U POVEZIVANJU ELEKTROTEHNIČKIH UREĐAJA I POSTROJENJA INFRASTRUKTURE ŽELJEZNICA RS A.D. DOBOJ*

APPLICATION OF THE OPTICAL TELECOMUNICATION SYSTEM FOR CONNECTING ELECTRICAL FACILITIES AND SYSTEMS OF RAILWAY INFRASTRUCTURE ON RAILWAYS OF REPUBLIC OF SRPSKA

Mario Danilović, Nebojša Tomić, Goran Stevanović, Dragan Žigić
ŽRS A.D. Doboj, Svetog Save 71, Doboj 74000, Bosna i Hercegovina, mario.danilovic@gmail.com, tomic.nebojsa@gmail.com, stevanovic.doboj@gmail.com, zigadragan@gmail.com

***Apstrakt**: U radu je opisana integracija povezivanja elektrotehničkih uređaja i postrojenja infrastrukture ŽRS a.d. Doboj primjenom optičkih vodova kroz realizaciju kapitalnog Projekta PS-03/14. Iskustva u dosadašnjem radu postojećih željezničkih prenosnih sistema. Kroz posmatranje sistema, kroz precizne statističke pokazatelje i analize, prikazane su smetnje i kvarovi, problematika održavanja sistema – angažovanje radne snage i mehanizacije, utroška materijala i sredstava, pojave otuđenja i slično. Prezentovane su sve prednosti u odnosu na postojeće komunikacione i upravljačke veze. Kroz analitički pristup dati su proračuni i uporedne karakteristike postojećeg i novog sistema. U radu su jasno prikazani svi pokazatelji, prevashodno brzine prenosa informacija, homogenost povezivanja novoinstalirane opreme po zahtjevima evropskih normi i standarda, te pouzdanost kompletnog sistema. Savremene kominukacioni i upravljački uređaji zahtjevaju novi pristup, jer u suprotnom efikasnost tih sistema postaje ograničena, pa čak i sa ozbiljnim poteškoćama u funkcionisanju.*

***Ključne riječi:** optički kabl, efikasnost, pouzdanost, željeznice*

***Abstract**: The research describes integration of use of fiber optic cables for connecting electrical facilities and systems of railway infrastructure through the implementation of a capital Project PS-03/14. Experiences in the functioning of the existing rail transport system. Through observation of the system, across accurate statistical data and analysis, here are shown faults and failures, problems engaging the workforce and machines for maintenance, the cost of materials and resources, the problems of stealing of cables etc. Presented the advantages over existing lines for communications and management. Calculationss and comparative characteristics of the existing and the new system was given through analytical approach. The paper shows all the indicators, primarily data transfer speed, the homogeneity connecting newly installed equipment according to requirements of European norms and standards, and the reliability of the entire system. Modern devices for communications and control requires a new approach, because otherwise the efficiency of these systems becomes limited, or even with serious difficulties in functioning.*

***Key words:** fiber optics, efficiency, reliability, railways*

* ***Stručni rad***

1. UVOD

Železnički operateri teže ka optimizaciji upotrebe materijalnih sredstava i radne snage, a u cilju što kvalitetnijeg i profitabilnijeg poslovanja. Za postizanje ovoga potrebno je u svakodnevni rad uvesti savremene tehnologije.

Sinteza telekomunikacionih i informacionih tehnologija predstavljaju bitan faktor u razvoju i primjeni povezivanja tehničkih sistema uopšteno, a tako i okviru Željeznica RS. Zahvaljujući kontinuiranom unapređivanju tehnologija, funkcionisanje železničkih tehničkih sistema je znatno olakšano, prednost se ogleda u fleksibilnom radu, nižim troškovima poslovanja te u bržem obavljanju poslovnih operacija. Osavremenjivanje i obnavljanje železničke infrastrukture podrazumijeva uvođenje elektronskih digitalnih tehnologija koje će zamijenile stare analogne, kako u sferi bezbjednosti saobraćaja tako i u sferi poboljšanja komunikacija. Na ovaj način se dobija i neuporedivo veća lepeza usluga u odnosu na postojeće analogne zahvaljujući novom prenosnom mediju.

U ovom radu cilj je dati prednosti optičkih sistema i ukazati na projektovane upotrebe, kao i uporedne karakteristike prenosnih medija koji se koriste za odvijanje železničkog saobraćaja na prugama Željeznica RS a.d.Doboj, kroz primjere budućih primjena tehničkih sistema povezanih preko optičkog kabla.

2. PREGLED KARAKTERISTIKA PRENOSNIH MEDIJA

2.1. STKA kablovi

Na prugama Željeznica RS a.d. prema Tehničkim uslovima za isporuku i ugradnju signalno-sigurnosne i telekomunikacione opreme kao glavni magistralni kabl koristi se kombinovani signalno-telekomunikacioni kabl tipa STKA i STA. Odgovarajućim standardima je propisana konstrukcija ovih kablova, električne karakteristike, način ispitivanja i označavanje ovih kablova.

Magistralni signalno-telekomunikacioni kabl je izveden sa koaksijalnim paricama malog presjeka (tip STKA), bez koaksijalnih parica (tip STA), sa simetričnim visokofrekventnim i niskofrekventnim četvorkama. Oklopljen je aluminijunskim plaštom i zaštitom od mehaničkih oštećenja i korozije. Izolacija žila u kablu je papirna. Oznaka ovog kabla je:

STKA: 2x1,2/4,4+1x4x1,2(VF 120kHz)+8x4x1,2 NF+12x4x0,9 NF (1)

odnosno

STA: 3x4x1,2 (VF 120kHz) + 8x4x1,2 NF + 12x4x0,9 NF (2)

Neke od električnih karakteristika ovog kabla su:

Tabela 1. Električne karakteristike STKA kabla

Otpor petlje provodnika 0,9/1,2mm	55,2/31,2 □□km
Otpor izolacijeizmeđu provodn	10 G□□km
Nominalna vrijednost radnog kapaciteta	26,5 nF/km @800Hz
Planirana vrijednost vlastitog prigušenja	0,220 N/km@120kHz; 0,320 N/km@250kHz

Ovim kablom se ostvaruju sledeće veze, od kojih neke trenutno nisu u funkciji:

- veze između željezničkih automatskih telefonskih centrala;
- visokofrekventne veze preko visokofrekventnih uređaja za rad po koaksijalnim paricama i visokofrekventnim „četvorkama“;
- veze za prenos impulsa satnih mehanizama;
- veze za regulisanje saobraćaja putem automaskih pružnih blokova (APB);
- veze za potrebe upravljanja napajanjem kontaktne mreže;
- pružne međustanične telefonske veze (omnibus veze).

2.1.1. Brzine prenosa preko kabla

Brzine prenosa preko bakarnog kabla i maksimalne udaljenosti ćemo dati na primjerima prenosa za potrebe upravljanja napajanjem kontaktne mreže elektroenergetskim postrojenjima u Centru za daljinsko upravljanje (CDU) u Doboju i prenosa za potrebe željezničkog intraneta.

Za potrebe CDU koriste se asinhroni point-to-point fast-poll modemi za industrijske primjene za rad po bakarrnim kablovima, deklarisanih brzina od 2400bps do 19200 bps.

Tabela 2. Brzine prenosa point-to-point fast-poll modem preko bakarnog kabla

Brzine prenosa podataka (bps)	Udaljenost (km)
19,200	3
9,600	6
4,800	7,6
2,400	12,8

Za potrebe željezničke intranet mreže koriste se profesionalne brze digitalne simetrične pretplatničke linije (Symmetrical high-speed digital subscriber line - SHDSL) modemi.

Brzine prenosa u zavisnosti od udaljenosti i debljine provodnika su date u tabeli.

Tabela 3. Brzine prenosa SHDSL modema u zavisnosti od udaljenosti i debljine bakarnog provodnika

1p line speed (kbps)	2p line speed (kbps)	Provodnik 0.8mm (km)	Provodnik 1.2mm (km)
64	128	27,2	42,4
128	256	19,8	30,8
256	512	20,3	31,6
512	1024	17,8	27,7
1024	2048	13,6	21,2
1536	3072	9,9	15,4
2048	4096	10,4	16,2
2304	4608	9,9	15,4

2.2. Optički kabl

Projektovani optički kabl predviđen je za rad u konfiguraciji optičkih prozora, a optička vlakna zadovoljavaju sljedeće karakteristike:

Optičke karakteristike:

Tabela 4. Optičke karakteristike kabla

koeficijent slabljenja na 1300nm	≤0,38 dB/km
koeficijent slabljenja na 1500nm	≤0,25 dB/km
hromatska disperzija (1285-1300nm)	≤3,5 ps/nm.km
hromatska disperzija (1270-1350nm)	≤6,0 ps/nm.km
hromatska disperzija 1550nm	≤18 ps/nm.km

2.2.1. Proračun karakteristika sistema prenosa podataka

Kod sistema prenosa po optičkim kablovima najbitniji je proračun karakteristika prenosa regeneratorske dionice za razmatrane prenosne sisteme koji će raditi po kablu. Regeneratorsku dionicu predstavlja prenosni put od izlaznog konektora predajnog umetka linijskog terminalnog uređaja (regeneratora) jedne stanice do ulaznog konektora prijemnog umetka linijskog terminalnog uređaja (regeneratora) susjedne stanice.

2.2.1.1. Montažni monomodni i jednonitni kablovi

Srednja vrijednost slabljenja po spoju je 0,1 dB. Srednja vrijednost slabljenja po konektorskom spoju je 0,5 dB između uređaja i optičkog razdjelnika sa pripadajućim FC/PC konektorskim p r i k l j u č c i m a na optičkim razdjelnicima u stanicama, kao i konektori na završnoj optičkoj kutiji, optička vlakna sa svim pripadajućim nastavcima na trasi optičkog kabla. Ukupno slabljenje regeneratorske dionice proračunava se po obrascu:

$$A = N_S \times a_{SS} + N_C \times a_{CS} + L_n \times a_n + a_m \quad (3)$$

- N_S - ukupan broj spojeva na regeneratorskoj dionici;
- a_{SS} - srednje slabljenje spojeva (dB);
- N_C - ukupan broj konektora na regeneratorskoj dionici;
- a_{CS} - srednje slabljenje konektora (dB);
- a_n - podužno slabljenje optičkog vlakna (srednja vrijednost) (dB/km);
- L_n - dužina vlakna regeneratorskog polja (km);

a_m - rezervno slabljenje regeneratorske dionice (dodatni spojevi, efekat starenja kabla, istrošenost konektora i sl.) (dB).

Širina propusnog opsega B_n regeneratorske dionice ograničena je samo hromatskom disperzijom i računa se po obrascu gdje je:

$$B_n = 0{,}441 / (T \times 10^{-6}) \quad (4)$$

$$T = \Delta\lambda \times M(\lambda) \times L \ (ps) \quad (5)$$

- $\Delta\lambda$ - širina spektra zračenja optičkog izvora određena po kriterijumu 3dB optičke snage (nm);
- $M(\lambda)$ - koeficijent hromatske disperzije optičkog kabla (ps/nm.km);
- L - dužina regeneratorske dionice (km).

Hromatska disperzija $H(\lambda)$ računa se po obrascu:

$$H(\lambda) = M(\lambda) \times L \ (ps/nm) \quad (6)$$

vrijednosti ostalih parametara su:

U II optičkom prozoru (λ= 1300 nm)
- širina spektra zračenja optičkog izvora Δλ (3 dB) npr.=1.7 nm za 622 (Mbit/s).
U III optičkom prozoru (λ= 1550 nm)

- širina spektra zračenja optičkog izvora Δλ (3 dB), npr.=0.3(nm) za 622(Mbit/s);
- srednja vrijednost slabljenja po spoju je 0,1 (dB);
- srednja vrijednost slabljenja po konektorskom spoju je 0,5 (dB);
- rezervno slabljenje 2(dB) (do 20km).

Ukupnu disperziju je potrebno razmatrati samo u slučaju dugačkih regeneratorskih ili velikih binarnih protoka, kada se koriste optički izvori sa velikom širinom spektra i kada talasna dužina optičkog izvora nije podešena na talasnu dužinu nulte disperzije vlakna:
I Za λ = 1300 nm
dužina deonice: L = 52,00 (km)
broj nastavaka: N_S = 15
broj konekt. spojeva: N_C = 2
rezervno slabljenje: 4 (dB)

$$AI = 15x\ 0.1 + 2\ x\ 0.5 + 52\ x\ 0.38 + 4 = 26{,}26(dB) \quad (7)$$

II Za λ = 1550 nm
dužina deonice: L = 52,00 (km)
broj nastavaka: N_S = 15
broj konekt. spojeva: N_C = 2
rezervno slabljenje: 4 (dB)

$$AI = 3\ x\ 0.1 + 2\ x\ 0.5 + 6\ x\ 0.25 + 4 = 19.50\ (dB) \quad (8)$$

2.2.2.2. Brzine prenosa preko optičkog kabla

Brzine prenosa preko modernih optičkih mreža su reda veličine nekoliko desetina Gb/s. Brzine zavise i od upotrebljene mrežne tehnologije. Na ŽRS je planiran mehanizam visokih performansi prenosa u tele-komunikacionim mrežama (*Multi Protocol Label Switching* - MPLS). MPLS olakšava stvaranje „virtualne veze“ između udaljenih čvorova i može da enkapsulira pakete različitih mrežnih protokola, poput IP, ATM, SONET.

3. DOSADAŠNJA PRAKSA I ISKUSTVA U EKSPLOATACIJI BAKARNIH KABLOVA NA ŽRS

Bogato iskustvo službi za održavanje telekomunikacionih i signalno-sigurnosnih kablovskih trasa, te precizni statistički pokazatelji koji se vode u dijelovima Društva nameću zaključak da je došlo vrijeme za unapređenje spojnih puteva, te kao nedostatke možemo ukratko navesti:

Eksploatacioni vijek bakarnih kablovskih trasa je u poodmaklom periodu (preko 45 godina korištenja), uzimajući u obzir samo period nakon modrenizacije TK i SS postrojenja i elektrifikacije pruge (od sedamdesetih godina prošlog vijeka pa na ovamo);

Zahtjeva se angažovanje većeg broja radnika, mehanizacije, mjerne opreme, materijala i alata shodno propisanoj periodici za održavanje istih u odnosu na planiranu dinamiku održavanja optičkih medija;

U proteklom periodu bio je izražen problem otuđenja dijela kablovskih trasa (djelimično ili u potpunosti), koje su izazvale ozbiljne probleme u odvijanju i organizovanju željezničkog saobraćaja, te nanijele značajnu materijalnu štetu;

Pristup prenosnom mediju je robusniji, zahtjeva veće (robusnije) elemente za priključenje, kao što su reglete, ormari, glomazne i skupe spojnice i sl. dok je pristup optičkim sistemima jednostavniji (konvertori koji se nalaze u sastavu uređaja koji pristupa optičkoj trasi, optički razdjelni ormari, itd..).

4. POVEZIVANJE ELEKTROTEHNIČKIH UREĐAJA I POSTROJENJA INFRASTRUKTURE ŽRS OPTIČKIM VEZAMA

Uvođenjem optičkog kabla kao glavnog prenosnog medijuma omogućeno je proširenje broja uređaja i sistema koji se međusobno povezuju, kao i njihova primjena u funkcionisanju željezničke infrastrukture i svrsishodnijem odvijanju željezničkog saobraćaja.

Neke od ovih sistema ćemo navesti ovdje.

4.1. Telefonske IP centrale duž putnog pravca Doboj – Banja Luka

Predloženi sistem je predviđen za pružanje usluga operativne i administrativne telefonije na Željeznicama Republike Srpske, kao i za prenos podataka za potrebe korporativnog intraneta i ostali sistema.

Sistem je predviđen za realizaciju:

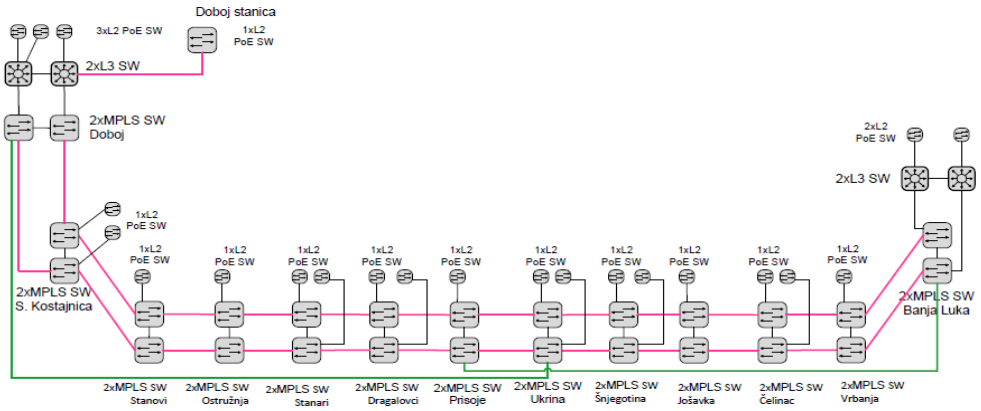
- dispečerskih međustaničnih veza – pružna telefonija;
- povezivanje dispečerskog sistema sa elektronskim izlučivačima poziva (*Electronic call emitter*), javnim prenosnicima (*analog public connection*), LB i CB analognim telefonima duž trase pruge;
- telefonskih administrativnih veza – poslovna telefonija, međusobno povezivanje javne telefonske mreže i *željezničkih automatskih telefonskih* (ŽAT) centrala po digitalnim i digitalno paketskim (*Internet protocol* - IP, *Session Initiation protocol* - SIP) signalizacijama i protokolima;
- povezivanje PBX-R centrala Level 1 i Level 2 sa vanjskom javnom telefonskom mrežom (*Public Switched Telephone Network* - PSTN);
- direktan izlaz staničnih PBX-R centrala na javnu GSM (*Global System for Mobile Comunications* - GSM) mrežu;
- međustanični prenos podataka;
- snimanje razgovora na unapred definisanim ulaznim linijama ili izlaznim trunk-ovima;
- centralizovanu kontrolu i upravljanje aktivnim komponentama sistema.

Ukupno, za povezivanje svih lokacija koristi se 3 para optičkih vlakana (6 vlakana SM). Dva para optičkih vlakana se od početne stanice Doboj na dalje do Banja Luke odgranjavaju svakoj željezničkoj stanici koja posjeduje PBX-R centralu. Tu se priključuju na ulaze i izlaze optičkih IP/MPLS svičeva. Preko njih se vrši kompletan prenos podataka.

Svičevi omogućavaju prenos IP i prenos TDM (E1) linkova (*protokol enkapsulacije* - CES E1 linkova u MPLS). Na taj način je centrale moguće međusobno priključivati kako po IP signalizacijama (SIP-T ili H.323) tako i po TDM signalizacijama (SS7). IP/MPLS svičevi su duplicirani na svakoj lokaciji, čime je zadovoljen zahtjev o redundantnosti sistema. Treći par optičkih vlakana se koristi za još jedan stepen redundantnosti, koji omogućava rad sistema u primjeru ispada kompletne jedne željezničke stanice (npr. požar ili poplava u telekomunikacionom dijelu jedne od željezničkih stanica).

Optičko vlakno se priključuje između lokacija Doboj i Prisoje, odnosno Ukrina i Banja Luka. Detaljna slika mrežnog dijela rješenja je prikazana na Slici 1.

Mrežni dio rješenja sačinjavaju IP/MPLS svičevi na kojima se zaključuju pasivne optičke redundantne veze i na koje se priključuju PoE (*Power over Ethernet*) svičevi i same PBX-R centrale. S obzirom na to da za komunikaciju koriste MPLS protokol, prenos podataka je garantovan sa maksimalno mogućom brzinom prenosa.



Slika 1. Prikaz mrežnog dijela telekomunikacionog sistema ŽRS a.d.

4.2. Daljinska kontrola interloking sistema (CTC) preko novih elektronskih signalno-sigurnosnih uređaja

Sistem daljinskog upravljanja je dizajniran da kontroliše nekoliko staničnih signalno-sigurnosnih SS uređaja sa jedne lokacije odnosno *centralne postavnice* (*Central Traffic Control* - CTC).

Radi povećanja pouzdanosti, stanice povezuju dvije nezavisne komunikacijske veze. Stanične situacije se na prikazuju na monitorima kod dispečera. Kontrola se vrši sa komandnog računara dispečera. Pošto monitori pokrivaju cijelu situaciju na terenu (moguće 100 i više km), dispečer daljinskog upravljanja ima mnogo bolju sliku saobraćajne situacije na tom području što mu pomaže u donošenju odluka. Na ovaj način kontrola saobraćaja postaje efikasnija. Sistem je projektovan za komunikaciju preko optičkih vlakana ili bakarnih kablova uz odgovarajuće interfejse.

4.2.1. Specifikacije sistema

Sigurnost *(Fail-safe)* i pouzdanost sistema:

- Daljinsko upravljanje do 20 staničnih SS uređaja na jednom pružnom odsjeku;
- Maksimalan broj dispečera je 12;

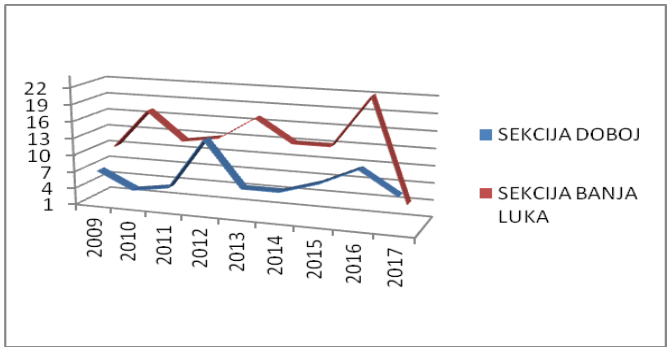
- Upravljanje računarima za jedan pružni odsjek može biti selektivno konfigurisan i izmjenjiv;
- Prikazivanje staničnih situacija na jednom ili do maksimalno osam monitora.

U skladu je sa sigurnosnim zahtjevima SIL 4 (*Safety integrity level 4*), standardima evropskog komiteta za elektrotehniku (*Comité Européen de Normalisation Électrotechnique* – CENELEC), mogućnost izvršenja bezbjednosno kritičnih operacija, ažuriranje prikaza reljefa svakih 200 ms, daljinsko upravljanje omogućava kontrolu svakog dijela signalne opreme (elektronske i druge nadograđene odgovarajućim interfejsom), mali troškovi održavanja.

4.3. Centar daljinskog upravljanja

Sistem za daljinsko upravljanje elektroenergetskim postrojenjima električne vuče postoji već duži niz godina. U pogledu prenosa projektovan je u master-slave komunikaciji između servera i uređaja daljinskog upravljanja u elektro nergetskim postrojenjima (*Master-slave komunikacija* sa zahtjevom - *Request* i direktnim odgovorom - *Response*), i prilagođen za komunikaciju preko bakarnih prenosnih puteva.

Uvođenjem optičkih kablova ovaj sistem je moguće prilagoditi novom načinu prenosu informacija, korištenjem opto-električnih konvertora, koji bi zamijenili dosadašnje modeme čime bi se osigurala veća pouzdanost rada sistema iz razloga što se u posljednje vrijeme sve učestalije pojave smetnji u prenosnom putu daljinskog upravljanja, baš zbog predugog vijeka ekspoatacije bakarnih kablova, što je prikazano na grafikonu 1.



Grafikon 1. Statistika broja smetnji daljinskog upravljanja od 2009. g. - 2017. g.

4.4. Sistem tačnog vremena

Sistem tačnog vremena je u analognoj tehnologiji podrazumijevao povezivanje električnih časovnika duž nekog pružnog pravca, koji su radili prema taktu dobijenom iz matičnog časovnika.

Pojavom digitalnih uređaja u željezničkoj infrastrukturi, pojavila se potreba za usaglašavanjem tačnog vremena na svakom od uređaja i sistema. Stanični SS uređaji, sistema daljinskog upravljanja elektroenergetskim postrojenjima, časovnici u staničnim zgradama kao i telefonske centrale sada mogu imati jedinstveno vrijeme.

Projektovani sistem tačnog vremena koristi više protokola i interfejsa prema opremi, kao npr. NTP za mrežno okruženje, RS485, RS232 i druge.

4.5. WiFi u stanicama Doboj i Banja Luka

Korisnici ovog sistema su prevashodno putnici u putničkom željezničkom saobraćaju, koji će preko unutrašnjih i vanjskih AP-ova (*Access Point*) pristupati Internetu uz prethodnu autentifikaciju. Korisnici će prilikom logovanja na mrežu imati pristup do portala preko kojeg će prilikom autentifikacije dobijati informaciju o uslovima korištenja.

Za potrebe nadzora i monitoringa će se koristiti softver koji će biti instaliran na fizički server. Server će biti instaliran u Željezničkoj Stanici Doboj, a pristup internetu će se obezbjediti i u stanici Banja Luka prenosom preko virtuelnih LAN-ova po optičkom kablu.

4.6. Video nadzor putnih prelaza i kontrola uređaja za osiguranje PP

Podaci sa video nadzora i kompletna dijagnostika uređaja za automatsko osiguranje putnog prelaza tipa "RLC 23" će se putem optičkog kabla prenositi do centralnog servera koji će biti instaliran u stanici Doboj. Daljinski pristup centralizovanoj bazi podataka će istovremeno biti omogućen i iz stanice Banja Luka.

Ovakav način skladištenja podataka i povezivanja sa uređajima u udaljenim službenim mjestima, obezbjeđuje kvalitetniji monitoring sistema i pravovremenu dijagnostiku u slučaju pojave kvara ili smetnje. Centralizovana baza podataka osigurava uštedu u opremi i rezervnim dijelovima.

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan kako upotreba optičkog kabla utiče na jedan globalan željeznički sistem baziran na modernim industrijskim telekomunikacionim i informacionim mrežama što bi imalo za posljedicu visok nivo standardizacije, centralizovani nadzor i upravljanje, mogućnost preusmjeravanja saobraćaja protoka podataka, što je slučaj u primjeni kod CDU.
Dat je pregled proračuna i najznačajniji primjeri implementacije opisanih u prethodnom poglavlju.
Primjenom prezentovanog optičkog sistema garantuju se u budućnosti bolji, kvalitetniji i sigurniji prenosa informacija, podataka, te upravljanja i nadzora elektrotehničkih uređaja i postrojenja.

6. LITERATURA

IskraTel Group, (2016), Telecommunication railway system for line section Doboj - Banja Luka, Kranj,

TeleGroup, (2017), Izvedbeni projekat za izgradnju kablovske infrastrukture i polaganja optičkog kabla duž željezničke pruge Doboj- Banja Luka, Banja Luka.

ZJŽ, (1971), Tehnički uslovi za isporuku i ugradnju signalno-sigurnosne i telekomunikacione opreme na magistralnim prugama JŽ,

C. Liu and L. Ruan, (2006), "p-cycle design in survivable wdm networks with shared risk link groups (srlgs)," Photonic Network Communications, vol. 11, no. 3, pp. 301–311,

FER ZESOI/LS&S (2004), Strukturno kabliranje – planiranje, projektiranje, izvođenje i održavanje, Zagreb.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

MREŽNE SKRETNICE U SKLOPU INTRANET MREŽE NA ŽELJEZNICAMA REPUBLIKE SRPSKE*

NETWORK SWITCHES TO THE INTRANET NETWORK ON THE RAILWAYS OF THE RS

Saša Cvijanović[a], Zoran Ž. Avramović[b]

[a] *Železnice Republike Srpske a.d. Doboj, Svetog Save 71, Doboj, Republika Srpska, BiH, sasadzmail@gmail.com*

[b] *Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija, zoran.avramovic@sf.bg.ac.rs*

Apstrakt: *U radu je predstavljena poslovna Intranet mreža na Železnici Republike Srpske sa mrežnim skretnicama. U nastavku je prikazana administracija i pristup mrežnim skretnicama sa udaljenog mjesta u sklopu Intranet mreže ŽRS. Prikazani sistem omogućava praćenje i administraciju mrežne opreme na bezbjedan i siguran način preko SSH i telnet protokola. Sa dobro organizovanom mrežnom infrastrukturom i kvalitetnom mrežnom opremom, mreža postaje siguran i nezaobilazan način prenosa saobraćajnih, organizacionih i dijagnostičkih podataka i informacija. S obzirom na to da su poslovi železnice organizovani po saobraćajnim čvorovima, tako je i računarska mrežna infrastruktura projektovana. Tako je nekoliko stotina korisnika Intraneta na ŽRS povezan na više desetina mrežnih skretnica, na četiri mjesta: u Doboju, u Banjaluci, u Prijedoru i u Novom Gradu. Pored svih ovih korisnika ima i određen broj mrežnih štampača i multifunkcionalnih uređaja koji su takođe preko mrežnih skretnica spojeni na Intranet. Analiza ekonomske opravdanosti ovako projektovanog i realizovanog sistema pokazala je velike uštede.*

Ključne riječi: *železnica Republike Srpske, skretnica, Intranet računarska mreža, mrežni čvorovi, ekonomska opravdanost*

Abstract*: This paper presents the business Intranet network at the Republika Srpska Railways with network switches. Below is an administration and access to network switches from a remote location within the Intranet Network of the ŽRS. The displayed system enables the monitoring and administration of network equipment in a secure and secure manner via SSH and telnet protocols. With a well-organized network infrastructure and high-quality network equipment, the network becomes a safe and inevitable way of transporting traffic, organizational and diagnostic data and information. Since railway operations are organized by traffic nodes, the computer network infrastructure has been designed. Thus, several hundred Intranet users at the ŽRS are connected to several dozen network switches, in four locations: in Doboj, in Banja Luka, in Prijedor and in Novi Grad. In addition to all these users, there are a number of network printers and multifunctional devices that are also connected to the Intranet via network switches. An analysis of the economic feasibility of this projected and realized system has shown great savings.*

Key words: *Republic of Srpska Railway, switch, Intranet computer network, network nodes, feasibility study*

* ***Stručni rad***

1. UVOD

Početno konfigurisanje mrežne računarske i komunikacione opreme željeznice preko komandne linije i web radnog okruženja omogućava njeno brzo podešavanje, kako usmjerivača tako i mrežnih skretnica i njihovo blagovremeno stavljanje u rad. Kako bi se dodatno konfigurisanje moglo odvijati sa udaljenih tačaka rasute željezničke infrastrukture, taj posao daljeg podešavanja nastavljaju mrežni administratori.

U tom smislu, veliku prednost pruža sistem koji ima mogućnost podešavanja mrežne skretnice i omogućavanje postavki koje su unaprijed definisane, kad to bude potrebno. To obezbjeđuje mrežnim administratorima fleksibilnost u podešavanju mrežne opreme, tako da bude spremna u slučaju proširenja ili potrebne zamjene. Takođe, sistem omogućava praćenje i administraciju mrežne opreme na bezbjedan i siguran način preko SSH i telnet protokola.

Sa dobro organizovanom mrežnom infrastrukturom i kvalitetnom mrežnom opremom, mreža postaje siguran i nezaobilazan način prenosa saobraćajnih, organizacionih i dijagnostičkih podataka i informacija. A korištenje takve računarske mreže u željeznicama ima pozitivnog uticaja u poslovanju Željeznice Republike Srpske.

2. OSNOVE KONCEPCIJE MREŽE ŽRS

Pouzdana i kvalitetna željeznička računarska mreža omogućava i brojne dodatne servise, kao što su, npr. IP telefonija, samostalni VLAN i ostali servisi koji se razvijaju u upravljačkom informacionom sistemu željeznice. Sve to administrira se sa jednog mjesta ili čak i više informacionih sistema sa bilo kog mjesta koje ima pristup Internetu ili mreži. To omogućava centralizaciju radnih mjesta u vidu administratora i mogućnost praćenja više elemenata mrežne opreme sa jednog mjesta. Na taj način se smanjuju troškovi, a povećava efikasnost informacionog sistema što je bitno za svaku kompaniju koja ima potreba za velikim i pouzdanim informacionim sistemom.

Ne samo korisnicima, već i mrežnim i sistemskim administratorima, kvalitetna mreža ima značajnu ulogu u informacionom sistemu. Većina korisnika nije ni svjesna šta se događa iza mrežne utičnice na koju je spojen njihov računar. Korisnici obavljaju svoj dio posla ne vodeći računa gdje se nalaze serveri, aplikacije i baze podataka sa kojima rade. Oni očekuju nesmetan rad u svako doba, što se nastoji pružiti koliko god je više moguće. Ali i odnos korisnika bi trebao da bude bolji, posebno prema mrežnoj opremi i mrežnim kablovima koji su na udaru korisnika. Većinom su stolovi i računari blizu mrežnih utičnica, ali ima i mjesta gdje mrežni kablovi idu po podu i nalaze se na udaru korisnika koji ih svakodnevno gaze i fizički deformišu. U neposrednoj blizini mjesta gdje se nalazi mrežna oprema treba voditi računa o prašini i duvanskom dimu, s obzirom na to da ne bi trebalo da bude prisutan uticaj prašine i duvanskog dima na mrežne uređaje.

Sistemski administratori sa kvalitetnom mrežom poboljšavaju kvalitet svoje usluge sa raznim pomoćnim alatima. Takođe, nema više potrebe da višesatno stoje ispred komandnih konzola u server salama, nego taj dio posla obavljaju iz kancelarije sa svojih računara. Imaju mogućnost udaljenog pristupa korisnicima preko sistema za daljinski pristup računarima i otklanjaju probleme koje korisnici nisu u mogućnosti da samostalno riješe.

3. OSNOVNE PERFORMANSE OSOBLJA I MREŽE ŽRS

Mrežna oprema koja ima specijalno realizovan operativni sistem namijenjen za bolji i kvalitetniji mrežni rad, svrstava se u sam vrh proizvoda u svojoj kategoriji, u kojoj se nedvosmisleno nalaze, u mreži ŽRS primijenjeni Cisco. Treba napomenuti da je administracija mrežnih skretnica i mrežne opreme u stručnom pogledu veoma složena i zahtijeva visok stepen znanja angažovanog osoblja. Sama obuka za administraciju mrežnih uređaja je relativno skupa i prilično komplikovana, zahtijeva odlično poznavanje računarskih mreža i protokola. Polaganje ispita se odvija u posebnim centrima koji su ovlašteni za ispitivanje i dodijelu certifikata. Međutim, mrežni administratori koji posjeduju certifikate, veoma su traženi, jer trend rasta informacionih sistema i računarskih mreža zahtijeva sve veći broj mrežnih administratora. Kako mrežnih administratora sa certifikatima tako i sistem administratora sa licencama i certifikatima su tražena radna snaga širom svijeta, a posebno u ekonomski razvijenim državama. Stoga se često dešava da kvalitetni radnici napuštaju svoja radna mjesta zbog boljih uslova kod drugog poslodavca.

Doboro planirana, projektovana i realizovana mreža sa kvalitetnom opremom omogućava proširenje kapaciteta mreže bez velikih ulaganja. A trend razvoja informacionih tehnologija zahtijeva i proširenje kapaciteta mrežne infrastrukture zbog sve većeg broja korisnika na mreži. Modularsnost korištene opreme omogućava upotrebu raznih medijuma za prenos, kao što su bakarne parice, UTP i optičko kablo. Zamijenom odgovarajućeg modula mrežna infrastruktura prilagođava se trenutnim potrebama i mogućnostima. Bolji mrežni kapaciteti se zahtijevaju i zbog integrisanja poslovnih procesa i veće potrebe za dijeljenim podacima, mrežnim štampačima i serverskim aplikacijama.

Mrežnu infrastrukturu, ipak, treba održavati, širiti, poboljšavati i unapređivati. Potrebno je redovno čistiti mrežne uređaje koji rade 365 dana u godini, bez prestanka i preventivno pratiti njihov rad. Posebno mrežice i ventilatore koji hlade uređaje, jer se dešava da dođe do zaprljanja i nedovoljnog hlađenja uređaja.

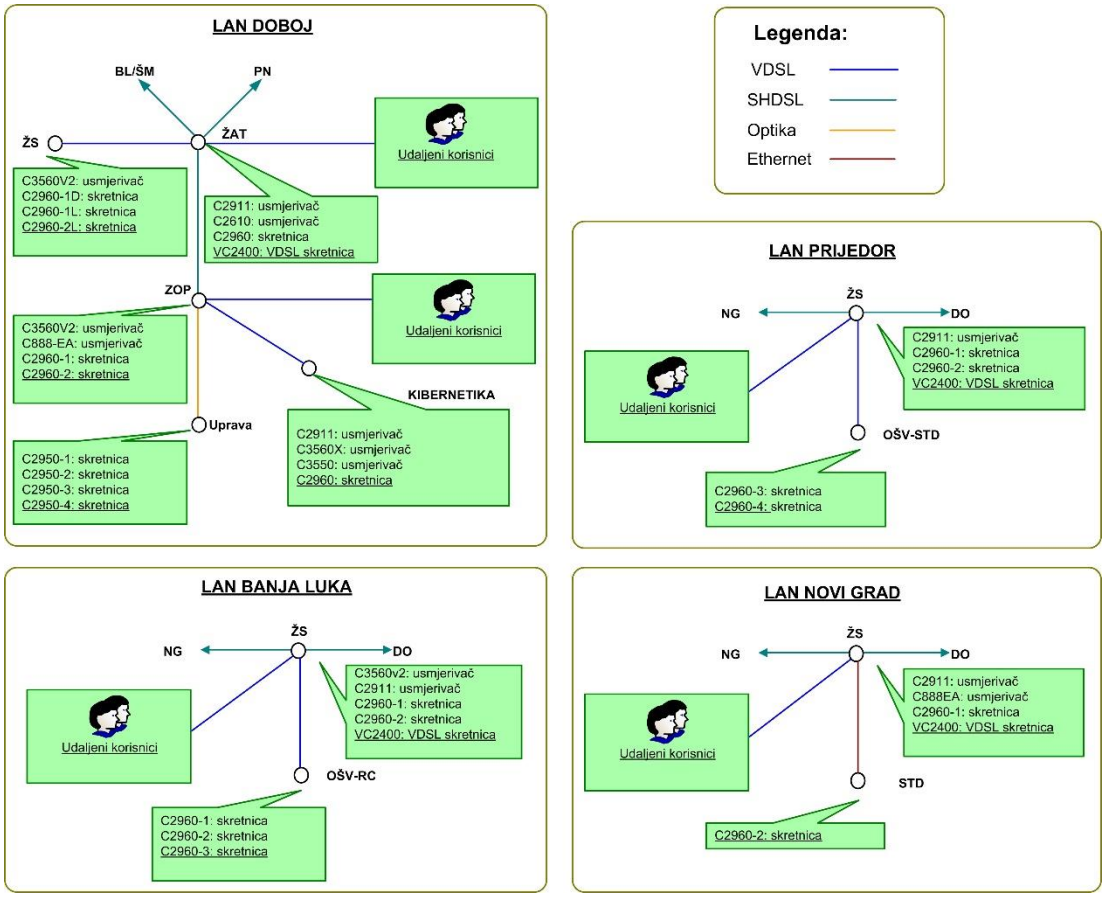
4. ORGANIZACIJA I ARHITEKTURA RAČUNARSKE MREŽE

Veliki dio informacija koje su prikupljene i obrađene u ovom radu nastale su zahvaljujući iskustvu i radu autora na administraciji mreže. Podaci su korišteni iz Radne jedinice za računarsku mrežu i servis, koja se nalazi u sklopu Službe za upravljanje i održavanje informacionog sistema u Sektoru za informacione sisteme i informatičke tehnologije Željeznica Republike Srpske.

Željeznice Republike Srpske su implementirale Intranet i povezale većinu svojih mrežnih i saobraćajnih čvorova preko mreže. Kako su ŽRS organizovane u čvorove, a Uprava je smještena u Doboju, tako su i Sektor za informacione sisteme i informatičke tehnologije kao i administratori mreže i sistema smješteni u Doboju.

U većini prespojnih ormara su korišćene mrežne skretnice koje su preko komunikacionih ili peč panela (engl. patch panel) spojene kroz mrežnu instalaciju sa RJ45 utičnicama u kancelarijama. Na te utičnice se spajaju računari korisnika Intraneta kao i ostali mrežni uređaji (kao što su multifunkcionalni uređaji i mrežni štampači). Svakako se u prespojnim ormarima nalazi i serverska oprema (tamo gdje je to potrebno), kao i sistemi za neprekidno napajanje.

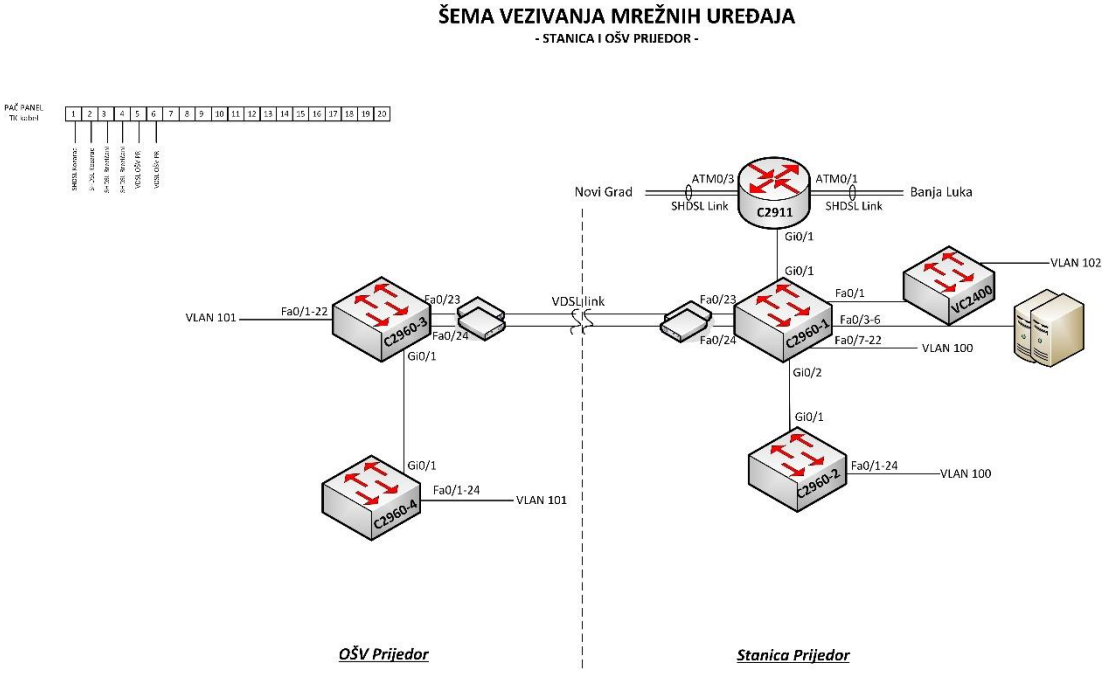
Postoje razvodni ormari u kojima ima više skretnica, koje su međusobno spojene. Zbog broja korisnika u većim zgradama jedna skretnica često nije bila dovoljna, pa su se spajale dvije, tri ili čak četiri mrežne skretnice. Bilo jedna ili više skretnica, sve su u razvodnom ormaru spajane na mrežne usmjerivače i/ili međusobno.



Slika 1. Šema Intraneta ŽRS sa mrežnom opremom (dokumentacija ŽRS)

Kako su poslovi željeznice organizovani po saobraćajnim čvorovima tako je i računarska mrežna infrastruktura projektovana. Tako je preko 400 korisnika Intraneta na ŽRS povezana sa preko 35 mrežnih skretnica. Konkretno, na četiri mjesta u Doboju imamo 10 skretnica i oko 260 povezanih korisnika. U Banjaluci na dva mjesta je instalirano pet mrežnih skretnica, sa oko 50 korisnika, u Prijedoru na dva mjesta postavljene su četiri mrežne skretnice na koje je spojeno oko 40 korisnika, dok je u Novom Gradu sa dvije skretnice, na dva mjesta, spojeno oko 20 korisnika. Pored svih ovih korisnika ima i određen broj mrežnih štampača i multifunkcionalnih uređaja koji su takođe preko mrežnih skretnica spojeni na Intranet.

Određeni korisnici imaju potrebu pristupa Intranetu izvan dometa mreže, pa se uspostvaljaju VPN konekcije. Na taj način udaljeni korisnici pristupaju resursima koji se nalaze u Intranet mreži. Radi redundantnosti, iznajmljeni su Internet linkovi kojima se ostvaruje veza u slučaju prekida Intraneta i na taj način se ostvaruje siguran i neprekidan rad korisnicima na mreži.



Slika 2. Šema povezivanja mrežnih uređaja u Intranet mreži (dokumentacija ŽRS)

Na osnovu šema povezivanja mrežnih uređaja u čvorovima Intranet mreže vidi se raspored skretnica i usmjerivača i način njihovog povezivanja. Na šemama vezivanja se tačno vidi po kojem portu su vezani uređaji i preko kog medijuma. Na Intranet mreži se računari korisnika vezuju UTP kablom, ali mrežne skretnice i usmjerivači, zavisno od mogućnosti i potreba, vezuju se, pored UTP kabla, bakarnom paricom i optičkim kablom.

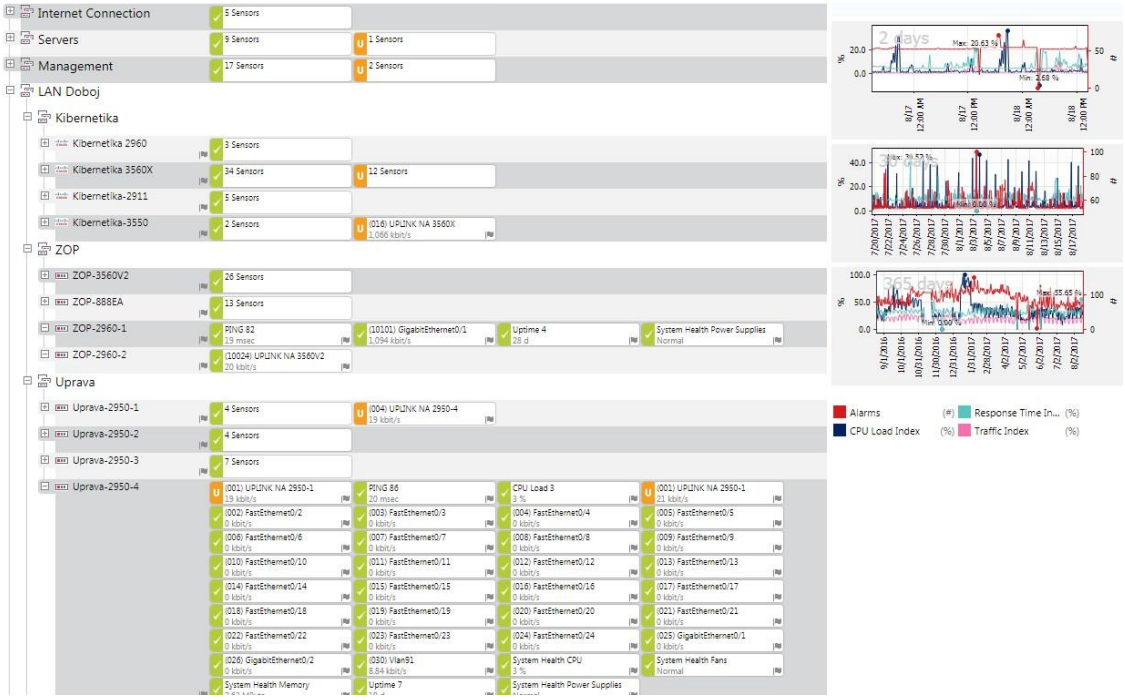
Povezivanje optičkim vlaknom se vrši preko medija konvertora koji konvertuju mrežni saobraćaj sa UTP kabla na optičko vlakno, pa preko optičkog kabla se prenosi do željenog razvodnog ormara, ponovo na medija konvertor na drugoj strani (koji vrši obrnuti proces konvertovanja sa optičkog signala na mrežni saobraćaj preko RJ45 konektora).

Za povezivanje bakarnom paricom koriste se VDSL modemi VC-231, koji sa RJ45 i RJ11 konektorima povezuju različite medijume i prenose podatke i informacije preko bakarne parice na većoj udaljenosti. Baš zbog ograničenja udaljenosti nismo u mogućnosti koristiti UTP kablove koji imaju ograničenje u dužini do 100 metara. Tako se postavljaju dva modema, jedan na odašiljnoj i drugi na prijemnoj strani koji rade u dva različita režima, prijemni i odašiljni. Podešavanje se vrši preko prekidača na samim modemima i nemaju nikakavo radno okruženje. Međutim, koristi se i višeportna skretnica VC-2400MR koja ima mogućnost podešavanja, kao i GUI radno okruženje. Na toj skretnici postoji mogućnost filtriranja, praćenja i podešavanja portova. Konkretno se vrši filtriranje preko MAC adresa, da računari koji nisu verifikovani i upisani u MAC tabele filtriranja nemaju mogućnost pristupa mreži preko ovih skretnica. Na taj način se štiti pristup i podiže kvalitet mreže.

U nekim razvodnim ormarima se nalaze i serveri koji svojim servisima poboljšavaju rad na mreži. Većinom su to DHCP, DNS i servis aktivnog direktorijuma, kao i serverske varijante antivirusnog programa. Podižu se i ostali potrebni servisi, zavisno od mjesta, kao što su WSUS, WDS i serverski monitoring mrežnih štampača. Svakako se u tim razvodnim ormarima nalaze i sistemi neprekidnih napajana koji štite uređaje i servere od variranja napona.

Mrežni administrator iz Doboja ima uvid u kompletnu mrežu i može provjeriti stanje mreže prema svakom korisniku i uređaju koji je spojen na Intranet. Spajanjem preko protokola SSH ili telnet na skretnicu administrator ima uvid u stanje skretnice ili usmjerivača. Za spajanje su potrebni korisničko ime i lozinka kao i mrežna adresa za svaki mrežni uređaj na koji se spajamo. Za praćenje i informacije o radu skretnice dovoljan je korisnički način rada, ali za izmjene u konfiguraciji potreban je privilegovani način rada čiji pristup je zaštićen lozinkom.

Mrežni administrator vrši administraciju kompletne mreže sa jednog mjesta i na zahtjev odobrava priključivanje novog računara na Intranet mrežu. Na taj način, preko MAC adresa, administrator tačno zna koji su računari priključeni na mrežu. Ovo podiže bezbjednost mreže, a administrator sve rješava sa jednog mjesta, iz Doboja.



Slika 3. Monitoring računarske mreže ŽRS (PRTG network monitor)

Pomoću dodatnih aplikacija vrši se monitoring svih uređaja na mreži sa bilo koje tačke u mreži, povezivanjem na serversku aplikaciju koja vrši monitoring. Ova aplikacija omogućava dodavanje senzora za praćenje određenih protokola i portova, zavisno od želje i potrebe na određenom mjestu.

Sa kvalitetnom mrežnom opremom se može i uštedjeti na primjeru manjih čvorova koji imaju potrebu za DHCP servisom. Na većini mrežnih usmjerivača se mogu podići DHCP servisi i vršiti dodjeljivanje IP adresa bez potreba za serverom. Kao i rezervisanje određenih IP adresa za mrežne uređaje ili određene računare u toj mreži. To je značajna ušteda na manjim čvorovima, što je u konkretnom primjeru Novi Grad (koji ima oko 20 korisnika).

Izgrađena mreža je omogućila bolju zaštitu korisnika od zlonamjernih programa kao i filtriranje sadržaja koji je dostupan korisnicima. Na taj način je onemogućeno gledanje filmova, slušanje muzike i drugih zabavnih sadržaja, a pretraživanje po Internetu je sigurnije.

Samo ažuriranje antivirusnog programa se odvija preko lokalnih servera i na taj način je ažuriranje brže, a zauzeće linkova prema Internetu minimalno zbog potreba ažuriranja.

Na isti način se vrši i ažuriranje radnih stanica preko WSUS servisa, gdje se na jednom serveru preuzimaju nadogradnje za operativne sisteme radnih stanica i zatim se dijele u mreži. Međutim, i sistemski administrator ima mogućnost puštanja nadogradnje na određene računare u određeno vrijeme - na taj način se ne opterećuje mreža i mogu se zadržati nadogradnje prije instaliranja. Sama nadogradnja se zadržava iz razloga dobijanja povratinih informacija da li je došlo do propusta u samoj nadogradnji od proizvođača.

Pojedini korisnici imaju svoje dijeljene podatke, pa su jedni te isti podaci dostupni većem broju korisnika, a ažuriranje je trenutno. Na taj način se uvid u ekonomske proračune ili pravne akte realizuje preko dijeljenih resursa. Prestala je potreba za višestrukim štampanjem istih dokumenata, a dostupnost je moguća iz svih tačaka mreže, ali uz poštovanje odgovarajućih sigurnosnih parametara. Najčešće su to korisničko ime i lozinka, da bi se znalo ko i kad je pristupao dokumentima, a sa lozinkom se povećava nivo bezbijednosti.

5. ZAKLJUČAK

Ekonomska isplativost kvalitetne računarske mreže pokazana je i kroz studiju opravdanosti koja je urađena sa ciljem da utvrdi troškove štampanja u kompaniji. Rezultati su pokazali da se mrežnim multifunkcionalnim uređajima na 30-50 korisnika smanjuje trošak tonera od 30 do 50%, a troškovi održavanja uređaja čak do 80%. Na taj način je dobijena ušteda na tonerima i na održavanju, a štampači koji su se koristili su prosleđeni na lokacije gdje je broj ljudi manji. Jer, isplativost na manjem broju ljudi nije opravdana u kratkom vremenskom roku za skupe mrežne multifunkcionalne uređaje.

Multifunkcionalni uređaji imaju svoj softver koji vrši administraciju uređaja i korisnika preko mreže. To znači da korisnici imaju svoje šifre za pristup uređajima i time se može pratiti koliko koji korisnik štampa na uređaju, a sve to preko mreže. Na isti način se mogu definisati politike da se ograniči broj štampanja, vrijeme korišćenja uređaja za korisnika ili grupu korisnika – u zavisnosti od toga kako je koncipirano administriranje korisnika.

Pojedine aplikacije su pravljene namjenski kao serverske, a klijenti se povezuju preko mreže. Na ovaj način se vrši praćenje teretnih vozova i njihovo formiranje, gdje svaka stanica unosi promjene na vozu – ako postoje. Ovakve se aplikacije prave isključivo za ŽRS i najveći dio takvih aplikacija Željeznice Republike Srpske razvile su samostalno, za specifične uslove poslovanja.

Ovo su neki primjeri iskoristivosti i isplativosti informacionog sistema sa kvalitetnom mrežom. Bez kvalitetne mrežne infrastrukture, teško je širiti i poboljšavati informacioni sistem.

6. LITERATURA

Chiarella, A. (2005). Umrežavanje pomoću Cisko i Microsoft tehnologija, (R. Prodanović, prevodilac). Čačak: Kompjuter Biblioteka.

Dokumenti ŽRS, Služba za upravljanje i održavanje informacionih sistema.

Lammle T. (2008). CCNA Cisco Certified Network Associate, (2. izdanje). (R. Prodanović, prevodilac). Beograd: Kompjuter Biblioteka.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
DOI:
UDK:
www.novihorizonti.rs.ba

FAKTORI KOJI MOGU DOVESTI DO NASTANKA OPASNE SITUACIJE NA PUTNIM PRELAZIMA ZBOG NEISPUNJAVANJA USLOVA OD STRANE ODGOVORNIH RADNIH ORGANIZACIJA*

FACTORS THAT COULD CAUSE DANGEROUS SITUATIONS ON LEVEL CROSSINGS DUE TO CONDITIONS NOT RESPECTED BY COMPANIES

Rade Cvijanović[a], Dalibor Spasić[a], Vladimir Malčić[b]

[a] *ŽRS a.d.Doboj, Svetog Save 71, Doboj, Republika Srpska, BiH, radecvijanovic@gmail.com, spasicdalibor@gmail.com*

[b] *Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52 74 000 Doboj, Republika Srpska, BiH vladimir_malcic@hotmail.com*

Apstrakt: *Nastanak opasne situacije zbog nepoštovanja zakonom regulisanih odredbi koje se odnose na bezbjednost saobraćaja nije slučaj samo kod raskrsnica u nivou prilikom konflikta između dva drumska vozila, gdje postoji mogućnost da učesnici u saobraćaju budu dovedeni u zabludu čime bi se stvorila opasna situcija, koja kao rezultat može imati nastanak saobraćajne nezgode. Konfliktna situacija može se javiti i prilikom prelaska drumskog vozila preko željezničke pruge, odnosno konflikta između drumskog i željezničkog vozila. Svrha ovog rada ima za cilj ukazivanje na faktore i propuste vezane za stvaranje opasne situacije zbog neispunjavanja propisanih uslova od strane odgovornih radnih organizacija (upravljača puta i željezničke infrastrukture) i nastanak vanrednih događaja na mjestima ukrštanja pruge i puta u nivou, koji mogu imati teške posledice. Kao i uslova koji moraju biti ispoštovani prilikom regulisanja saobraćaja na mjestima ukrštanja željezničke pruge i puta.*

Ključne riječi: *Putni prelaz, signalizacija, preglednost, opasne situacije, bezbjednost.*

Abstract*: The emergence of a dangerous situation due to non-compliance with legally regulated provisions relating to traffic safety is not the case only at intersections in the level of the conflict between two road vehicles, where there is a possibility that traffic participants will be mistaken in order to create a dangerous situation, which may result with a car accident. A conflict situation may also occur when a road vehicle crosses a railway line or a conflict between a road and a railway vehicle. The purpose of this paper is to point out factors and omissions related to the creation of a dangerous situation due to the failure. To meet the prescribed conditions by responsible work organizations (road and railway infrastructure managers) and the occurrence of emergency events at crossroads and road level crossings, which may have severe consequences. As well as the conditions that must be met when regulating traffic at the crossroads of the railway and the road.*

Key words: *Road crossing, signaling, transparency, dangerous situations, safety.*

1. UVOD

Prelaz puta preko željezničke pruge, kao mjesto ukrštanja drumskog i željezničkog saobraćaja u istom nivou, predstavlja mjesto konflikata na kojima dolazi do saobraćajnih nezgoda (Službeni glasnik BIH, 2006), odnosno nesreća (Službeni glasnik BIH, 2012) ili

* ***Stručni rad***

vanrednih događaja – nezgoda ili udesa (Službeni glasnik Republike Srpske, 2017), koje za posledice mogu imati materijalnu štetu i/ili nastradala lica. Prilikom nastanka nezgode ili udesa, između drumskog i železničkog vozila, dolazi do razmjene sudarnih sila koje su izuzetno velike, zbog velike mase između ova dva vozila, dok se kontakt najčešće ostvaruje između prednjeg (čeonog) dela voza i bočne strane drumskog vozila, govori nam da ovakvi vanredni događaji veoma rijetko prođu sa manjom materijalnom štetom ili lakim povredama učesnika u drumskom vozilu. Razloge za nastanak vanrednih događaja na putnim prelazima treba tražiti u propustima učesnika u saobraćaju, neadekvatnoj opremi i signalizaciji, nedovoljnoj preglednosti, kao i u nizu drugih faktora koji mogu dovesti do nastanka opasne situacije. U 1996. godini, (Savez inženjera i tehničara Srbije, 1996), pojam opasne situacije definisan je kao: „**Opasna situacija je svaka promena okolnosti na putu koja zahtjeva reagovanje bar jednog učesnika kako ne bi došlo do saobraćajne nezgode**“.

Prema statističkim podacima Sektora unutrašnje kontrole ŽRS koji vodi evidenciju o nastalim vanrednim događajima na putnim prelazima u cilju povećanja bezbjednosti saobraćaja, najčešći uzrok nastanka udesa ili nezgoda na putnim prelazima, jeste, ne ustupanje prvenstva prolaza, čime vozači drumskih vozila ne ustupajući prvenstvo prolaza šinskom vozilu (ne zaustavljajući se na znaku STOP), stvaraju opasnu situaciju koja vrlo često dovodi i do nastanka udesa (ŽRS – Sektor unutrašnje kontrole, 2017). S obzirom da su vanredni događaji između drumskih i železničkih vozila rijetkost u odnosu na saobraćajne nezgode između drumskih vozila, u slučaju izrade saobraćajno-tehničkog vještačenja od strane vještaka saobraćajne struke se zahtjevaju dodatna angažovanja i vještaka železničke struke. Dužnost vještaka jeste da analizira sve uslove i okolnosti koje su dovele ili mogle da dovedu do stvaranja opasne situacije i nastanka saobraćajne nezgode, a sve to u cilju izrade što kvalitetnijeg nalaza i mišljenja vještaka. Prilikom analiziranja saobraćajne nezgode na prelasku puta preko pruge dužnost vještaka saobraćajne struke, pored zakonske regulative iz oblasti drumskog saobraćaja, predstavlja neophodnost u poznavanju određenih propisa iz zakonske regulative vezane za železnički saobraćaj, sa ciljem što boljeg definisanja propusta i dužnosti učesnika u saobraćaju, odgovornih lica i/ili odgovornih radnih organizacija nadležnih za održavanje dionice na kojoj je došlo do nastanka saobraćajne nezgode. Kvalitetna analiza saobraćajne nezgode u najvećoj mjeri uticaće na odluku Suda, što pred saobraćajnog vještaka uže oblasti bezbjednost drumskog saobraćaja ponekad postavlja dodatne uslove angažovanja „poželjne" razmjene znanja i saradnje sa kolegama vještacima iz oblasti železničkog saobraćaja. U radu je najprije analizirana zakonska regulativa iz oblasti drumskog i železničkog saobraćaja u BiH koja se odnosi na prelazak puta preko pruge, što omogućava vještaku saobraćajne struke lakše sagledavanje i analiziranje vanrednih događaja na putnim prelazima, nastalih na mjestu ukrštanja ova dva vida saobraćaja. Dat je pregled zakonskih i podzakonskih akata kojima se propisuju norme za bezbjedan i siguran saobraćaj na mjestima ukrštanja železničke pruge i puta. Zatim je definisana grupa faktora koja se odnosi na uslove koje trebaju ispoštovati upravljači puta i železničke infrastrukture da ne dođe do nastanka opasne situacije prilikom prelaska puta preko železničke pruge. Na kraju, dat je pregled i izvršena analiza vanrednih događaja na putnim prelazima u poslednjih 5 godina na prugama ŽRS.

2. ZAKONSKA REGULATIVA

Zakonskom regulativom u Republici Srskoj i BiH uspostavljen je pravni okvir za bezbjedno odvijanje saobraćaja na prelasku puta preko pruge, čime su definisane obaveze kako

učesnika u saobraćaju, tako i obaveze odgovornosti nadležnih subjekata zaduženih za uspostavljanje bezbjednog odvijanja saobraćaja na njima, odnosno upravljača puta i upravljača infrastrukture (pruge). Prilikom analize vanrednih događaja (nezgode ili udesa na putnim prelazima), pored zakonskih i podzakonskih akata iz oblasti željezničkog saobraćaja, vještak ili lice koje provodi isledni postupak mora poznavati zakonske i podzakonske regulative iz oblasti drumskog saobraćaja, odnosno:

- Instrukcije za sigurnost i interoperabilnost željezničkog sistema (Službeni glasnik BIH, 2012);
- Zakon o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini (Službeni glasnik BIH, 2006);
- Zakon o željeznicama Republike Srpske (Službeni glasnik Republike Srpske, 2017);
- Zakon o javnim putevima (Službeni glasnik Republike Srpske, 2013);
- Zakon o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske (Službeni glasnik Republike Srpske, 2011);
- Pravilnik o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cesti, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašćena osoba (Službeni glasnik BIH, 2007);
- Signalni pravilnik (Službeni glasnik Republike Srpske, 2005);
- Pravilnik o identifikaciji i kriterijumima za utvrđivanje prioriteta otklanjanja opasnih mjesta i načiu otklanjanja opasnih mjesta (Službeni glasnik Republike Srpske, 2014);
- Pravilnik o načinu ukrštanja željezničke pruge i puta (Službeni glasnik Republike Srpske, 2010);

Prilikom analize saobraćajne nezgode ili udesa, od strane stručnog lica koje sprovodi postupak veoma je važno utvrditi osnovne podatke koji se odnose na dan kada se dogodila predmetna saobraćajna nezgode ili udes, s obzirom da određena zakonska i podzakonska regulativa koja je donijeta posle dana nastanka saobraćajne nezgode ili udesa neće važiti u trenutku nastanka saobraćajne nezgode ili udesa. Na osnovu zakonske regulative, koja važi u trenutku nastanka saobraćajne nezgode, vještak se bliže upoznaje sa uređenim, pravilima ponašanja i obavezama "kako učesnika u saobraćaju, tako i odgovornih lica i odgovorne radne organizacije nadležne za održavanje prelaska puta preko željezničke pruge".

U tabeli 1 dat je pregled zakonskih i podzakonskih odredbi i propisa kojima se regulišu i propisuju norme vezano za mjesta ukrštanja pruge i puta. Pregledom normi navedenih u tabeli 1 primjećuje se da se u zakonskoj regulativi BiH i Republike Srpske koja propisuje i uređuje mjesta ukrštanja pruge i puta postoji dosta preklapanja i ponavljanja u propisima, kao i da s obzirom na državno uređenje i dosta nivoa upravljanja postoje propisi koje treba poštovati na nivou države (BIH), a i na nivou entiteta (ŽRS i FBIH). Na osnovu ovoga, bitno je detaljno proučiti zakonsku regulativu od strane stručnih lica koja se bave vještačenjem u ovakvim slučajevima.

Table 1. Pregled propisa i odredbi vezano za ukrštanje željezničkih pruga i puteva.

OPIS PROPISA	DOKUMENTI I ČLANOVI U KOM JE PROPISAN
Ukrštanje pruge i puta u nivou ili dinevelisano.	član 40, 41 Instrukcije za sigurnost i interoperabilnost željezničkog sistema; član 49, 50, 51 stav 2 i 3 Zakona o ŽRS; član 3, 4, 5, 7 Pravilnika o načinu ukrštanja željezničke pruge i puta.
Putni prelaz.	član 51 stav 1 Zakona o ŽRS.

Obaveze pri građenju, održavanju mjesta ukrštanja pruge i puta.	član 42, 43, 48, 49 Instrukcije za sigurnost i interoperabilnost željezničkog sistema; član 49, 51 stav 4 i 5, član 52, 53, 54, 55 stav 1, član 59, 60, 63, 64, 119 pod 11), član 120 Zakona o ŽRS; član 28 stav 1, 30, 37 Zakona o javnim putevima; član 25 Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima RS; član 8, 9, 10, 11, 12, 47, 48, 49 Pravilnika o načinu ukrštanja željezničke pruge i puta.
Pravila prelaženja pruge na prelazima u nivou.	član 44, 50 Instrukcije za sigurnost i interoperabilnost željezničkog sistema; član 41 stav 3, član 64, 103, 113, 114, 115, 176 Zakona o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u BIH; član 56, 79 Zakona o ŽRS; član 34 Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima RS.
Osiguravanje putnih prelaza i preduzimanje mjera.	član 45, 47 Instrukcije za sigurnost i interoperabilnost željezničkog sistema; član 146 Zakona o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u BIH; član 57, 119 pod 5) Zakona o ŽRS; član 86 Pravilnika o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cesti, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašćena osoba; član 13 pod 9) Pravilnik o identifikaciji i kriterijumima za utvrđivanje prioriteta otklanjanja opasnih mjesta i načiu otklanjanja opasnih mjesta; član 6, 26-46 Pravilnika o načinu ukrštanja željezničke pruge i puta.
Preglednost.	član 46 Instrukcije za sigurnost i interoperabilnost željezničkog sistema; član 9 pod 49), član 19 Zakona o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u BIH; član 58, član 119 pod 6) Zakon o ŽRS; član 2 pod c), član 28 stav 2 Zakona o javnim putevima ; član 38 Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima RS; član 58 Pravilnika o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cesti, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašćena osoba; članovi 13 - 25 Pravilnika o načinu ukrštanja željezničke pruge i puta.
Parkiranja i zaustavljanja vozila na putnom prelazu.	član 73, 74, 93 Zakona o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u BIH; član 43 pod b), v), član 44 pod a) Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima RS.
Saobraćajna signalizacija.	član 145, 147, 148, 149, 150 Zakona o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u BIH; član55, 99 stav 3 Zakona o ŽRS; član 33 Zakona o javnim putevima; član 26, 27 Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima RS; član 2, 17, član 29 pod 2), pod 23), član 33 pod 33), 34), 35), 36), 37), član 65, 73, 74, 84 Pravilnika o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cesti, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašćena osoba; član 5 pod 21), član 23, 29 pod 11), član 46 Signalni pravilnik.
Gradnja objekata u blizini putnih prelaza.	član 18 pod 28) i 53) Instrukcije za sigurnost i interoperabilnost željezničkog sistema; član 2 pod 14) i 25), član 58 stav 3, član 61, 62, 63 Zakon o ŽRS.
Novčane kazne za nepoštovanje propisa prelazka mjesta ukrštanja pruge i puta.	član 233 pod 10), 12), član 235 pod 19), 20), član 236 pod 16), član 237 pod 17), član 239 pod 25), 26 Zakona o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u BIH; član 124 pod 5), 9), 10), 12), 15), 16), 20), član 128 pod 4), 5), 10) Zakon o ŽRS; član 122 pod b), član 124 pod a) Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima RS.

3. FAKTORI KOJI MOGU DOVESTI DO NASTANKA OPASNE SITUACIJE NA PUTNIM PRELAZIMA ZBOG NEISPUNJAVANJA USLOVA OD STRANE ODGOVORNIH RADNIH ORGANIZACIJA

Kako je u samom uvodu u rad rečeno da prema statistici koja se vodi na ŽRS, u većini slučajeva lični propusti vozača drumskih vozila dovode do nastanka opasne situacije na

mjestima ukrštanja željeznčke pruge i puta. Nepažnja vozača drumskih vozila može biti uslovljena nizom faktora, koji nisu predmet ovog rada. S toga je, u ovom dijelu skrenuta pažnja na to da odgovorne radne organizacija (upravljač infrastrukture i upravljač puta) stvore neophodne uslove za bezbjedan saobraćaj na ovim mjestima i time izbjegnu eventualnu odgovornost nakon nastanka vanrednih događaja (nezgoda i udesa) na putnim prelazima. S obzirom na to da je najveći broj putnih prelaza osiguran saobraćajnim znakovima na putu i trouglom preglednosti rad je usmjeren na grupu faktora koji mogu dovesti do nastanka opasne situacije uglavnom kod ovog tipa osiguranja putni prelaza.

Kada spominjemo grupu faktora koji mogu dovesti do nastanka opasne situacije prilikom prelaska puta preko željezničke pruge, sa posebnim akcentom na faktore koji se odnose na odgovorne radne organizacije (upravljač infrastrukture i upravljač puta) koji trebaju da stvore neophodne propisane uslove za bezbjedan saobraćaj na ovakvim mjestima, ovdje smo naveli najvažnije, i to:

a) faktori koji određuju propisanu udaljenost jednog putnog prelaza od drugog;
b) faktori koji određuju propisanu preglednost;
c) faktori koji određuju postavljanje odgovarajuće signalizacije na putnim prelazima;
d) faktori koji određuju propisano održavanje putni prelaza;
e) faktori koji određuju propisanu kontrolu putni prelaza od strane nadležnih službi;

3.1.1.Faktori koji određuju propisanu udaljenost jednog putnog prelaza od drugog.

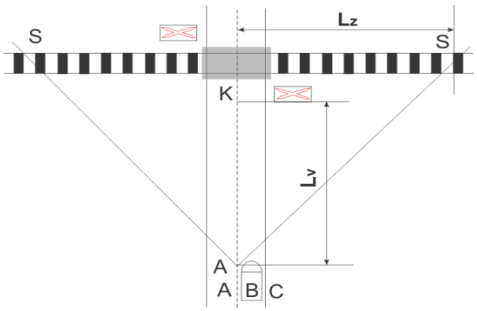
Najčešće se dešava da se na mjestima ukrštanja željezničke pruge i puta nalaze putni prelazi na udaljenosti manjoj od propisane (Službeni glasnik Republike Srpske, 2010). Putni prelazi sa različitim načinima osiguranja, na različitim kategorijama pruga javljaju se jedani od drugih na udaljenostima manjim od propisanih, što je u suprotnosti sa zakonskom regulativom (Službeni glasnik Republike Srpske, 2017). Ovim se povećava broj dozvoljenih putnih prelaza na željezničkoj infrastrukturi i samim tim i mogućnost za nastanak vanrednih događaja.

3.1.2.Faktori koji određuju propisanu preglednost.

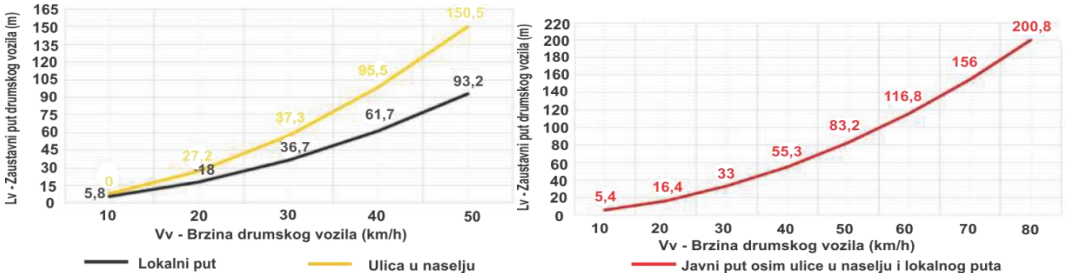
U tabeli 1 su navedeni propisi koji regulišu preglednost na putnim prelazima. Putni prelazi mogu biti osigurani na više načina (Službeni glasnik Republike Srpske, 2010), kako je navedeno Pravilnikom o načinu ukrštanja željezničke pruge i puta (u daljem tekstu Pravilnik).

Polazeći od pretpostavke da su vještacima saobraćajne struke uglavnom poznati elementi opreme putni prelaza (branici, polubranici, uređaji za davanje svjetlosnih signala i sl.), i način njihovog funkcionisanja, njima u ovom radu neće biti posvećena posebna pažnja. Imajući to u vidu, najznačajniji element koji je potrebno analizirati predstavlja trougao preglednosti, jer je to termin koji nije definisan u pratećim podzakonskim aktima koji se odnose na drumski saobraćaj. Trougao preglednosti prema pravilniku (Službeni glasnik Republike Srpske, 2010) predstavlja prostor iznad površine ograničene linijama koje čine trouglovi: ASK, BSK i CSK (slika 1). U slučaju kada je putni prelaz regulisan svetlosnim saobraćajnim znakovima i saobraćajnim znakovima na putu, trougao preglednosti nije potrebno analizirati pravilnikom. U odnosu na vrstu puta zavisi i dovoljna preglednost željezničke pruge i puta. Članom 17. (Službeni glasnik Republike Srpske, 2010), definisana je dovoljna preglednost željezničke pruge sa javnim putem, osim sa ulicama u naselju i lokalnih puteva, gdje brzina ograničena do 30 km/h predstavlja zaustavni put drumskog vozila

udaljenosti od 33 metra. U ovom slučaju pri vremenu reagovanja vozača od 1 sekunde, usporenje iznosi 1.37 m/s². Sledeći trougao preglednosti, definisan članom 18. pravilnika, koji se odnosi na dovoljnu preglednost železničke pruge i lokalnog puta postoji ako je udaljenost od znaka "Andrejin krst" do drumskog vozila (tačke B na slici 1) iznosi 18 metara, pri kretanju drumskog vozila od 20 km/h. U ovom slučaju pri vremenu reagovanja vozača od 1 sekunde, usporenje iznosi 1.2 m/s². Treći trougao preglednosti koji se odnosi na ukrštanje železničke pruge sa ulicom u naselju ili sa ne kategorisanim i zemljanim putem za brzinu ograničenu do 10 km/h, predstavlja zaustavni put drumskog vozila od 8 metara, odnosno odstojanje na kome vozač treba da zaustavi vozilo do znaka "Andrejin krst" a kao je to definisano članom 19. pravilnika. U ovom slučaju pri vremenu reagovanja vozača od 1 sekunde, usporenje iznosi 0.7 m/s². Prilikom analize saobraćajne nezgode, veštaci često iz materijalnih elemenata iz Spisa nisu u mogućnosti da definišu brzinu ograničenu neposredno ispred prutnog prelaza jer nekada takvih materijalnih elemenata u Spisu nije moguće naći (Caird, J.K. i dr., 2002). U tom slučaju preciznu analizu trougla preglednosti nije moguće izvršiti, odnosno moguće je izvršiti analizu trougla preglednosti u odnosu na opšte ograničenje brzine u naselju i van naselja. Članom 21. pravilnika definisana je obaveza upravljača puta o postavljanju saobraćajnog znaka "ograničenja brzine" na osnovu čega se trougao preglednosti prilagođava određenom ograničenju u zavisnosti od kategorizacije puta. Znak "ograničenja brzine" se postavlja u tački A, B ili C. U slučaju kada nema znak kojim se brzina neposredno ispred putnog prelaza ograničava, tada važi opšte ograničenje brzine pa se trougao preglednosti definiše na osnovu te brzine (Budiša K. i dr., 2015). Na slici 2 prikazana je zavisnost brzine vozila (Vv) i udaljenosti (Lv) od tačke A, B i C do znaka "Andrejin krst" za sva tri slučaja trougla preglednosti. Dužina puta približavanja železničkog vozila (Lz) za ukrstanje železničke pruge i javnog puta, osim sa ulicom u naselju i lokalnih puteva iznosi četvorostruka vrijednost najveće dopuštene brzine na železničkoj pruzi (4Vmax), izražene u metrima. Za lokalni put ova vrednost se povećava i iznosi 5Vmax, dok za ulicu u naselju, nekategorisan ili zemljani put iznosi takođe 5Vmax pri čemu je brzina voza u km/h prema Pravilniku.



Slika 1. Trougao preglednosti, Izvor: Budiša K. i dr., 2015.



Slika 2. Dijagram zavisnosti brzine vozila (Vv) i udaljenosti (Lv) od tačke A, B i C do znaka "Andrejin krst" za sva tri trougla preglednosti. Izvor: Budiša K. i dr., 2015.

Ako je ostvarivanje propisanog trougla preglednosti zbog konfiguracije terena pruge i puta ili izgrađenih objekata tehnički neizvodljivo, preglednost na mjestu ukrštanja željezničke pruge i puta računa se od saobraćajnog znaka ”obavezno zaustavljanje” (najmanja udaljenost iznosi 3 m od najbliže ivice šine) uz odgovarajuću drumsku signalizaciju.

Ovakvo otežano ostvarivanje trougla preglednosti za svaki putni prelaz posebno utvrđuje komisija, na osnovu neposrednog uvida, a prema kriterijumima bezbjednog odvijanja saobraćaja i ekonomske opravdanosti. Ovu komisiju imenuje ministar saobraćaja i veza u Republici Srpskoj. Komisija se mora sastojati od 3 člana (predstavnici željezničkog, drumskog saobraćaja i onog ko upravlja putevima). Za bezbjednost saobraćaja i izbjegavanje stvarnja opasnih situcija vrlo je bitno da svi faktori po pitanju preglednosti budu ispunjeni. Kroz razna istraživanja, je dokazano da je ograničena preglednost je povezana sa dešavanjem udesa i nezgoda na putnim prelazima (Fitzpatrick K. i dr., 1997).

3.1.3.Faktori koji određuju postavljanje odgovarajuće signalizacije na putnim prelazima;

Učesnici u drumskom saobraćaju moraju pomoću saobraćajnih znakova na putu na vrijeme biti upozoreni na opasnost približavanja neobezbjeđenog ili obezbjeđenog prelaza u nivou, a takođe i učesnici u željezničkom saobraćajau.

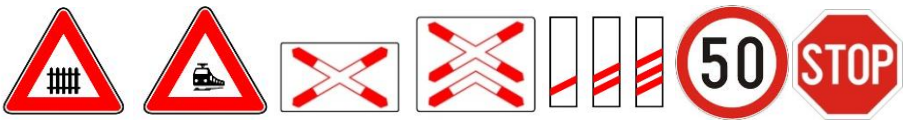
Pravilnikom o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cesti, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašćena osoba, (u daljem tekstu PoSZiS) propisuje se vrsta, značenje, oblik, izgled, način i mesto postavljanja polubranika ili branika, uređaja za davanje svetlosnih signala, zvučnih znakova i drugih karakteristika koje svaki saobraćajni znak mora da ispuni (Službeni glasnik BIH, 2007). Ovim podzakonskim aktom definisani su saobraćajni znaci koji se daju učesnicima u saobraćaju koji se kreću putem. Dok su Signalnim pravilnikom definisani saobraćajni znaci koje moraju poštovati i davati učesnici u željezničkom saobraćaju (Službeni glasnik Republike Srpske, 2005). Na slici 3 prikazana je pružna opomenica (signalna oznaka "Pazi, putni prelaz") koja se ugrađuje ispred putnog prelaza na udaljenosti od 500 m na magistralnim i ostalim prugama I reda, a na 200 m na sporednim prugama. Pružna opomenica mora se vidjeti sa najmanje udaljenosti od 300 m na prugama sa zaustavnim putem od 1000 m i od 200 m na prugama sa zaustavnim putem od 700m. Signalna oznaka 209 upozorava mašinovođu da kod ove oznake mora dati signalni znak 67 "Pazi" i ponavljati ga više puta sve do nailaska na putni prelaz, radi najavljivanja učesnicima drumskog saobraćaja da se voz približava putnom prelazu.

Slika 3. Signalna oznaka 209 "Pazi, putni prelaz". Izvor: Službeni glasnik Republike Srpske, 2005.

Na slici 4 prikazani su znakovi opasnosti definisani u PoSZiS (Službeni glasnik BIH, 2007), i to: znak I-48 "prelaz puta preko željezničke pruge sa branicima ili polubranicima", znak I-49 "prelaz puta preko željezničke pruge bez branika ili polubranika", znak I-50 "Andrejin krst sa jednim kolosijekom" i znak I-51 "Andrejin krst sa dva ili više kolosijeka" i znak I-52 "približavanje prelazu puta preko željezničke pruge".

Pored znakova opasnosti, definisani su i neki znakovi izričite naredbe (slika 4). Znak izričite naredbe može biti zajedno sa znakom opasnosti postavljen na jednom stubu, gde se

pored obavještenja o opasnosti vozaču drumskog vozila ukazuje i na zabranu, ograničenje i obaveze kojih mora da se pridržava ispred prelaska puta preko pruge. Takođe, često je prisustvo i znaka kojim se ograničava brzina prilikom približavanja drumskog vozila na prelasku puta preko pruge, čime se mogućnost uočavanja nailazećeg voza od strane vozača drumskog vozila u potpunosti ispunjava, u smislu trougla preglednosti, koji je definisan Pravilnikom o načinu ukrštanja željezničke pruge i puta. Naime, neki od znakova izričite naredbe koji se postavljaju na prelasku puta preko pruge predstavljeni si na slici 4 i to: znak II-2 "obavezno zaustavljanje" i znak II-34 "ograničenje brzine".



I-48 I-49 I-50 I-51 I-52 II-34 II-2

Slika 4. Znakovi opasnosti i izričite naredbe na putnom prelazu. Izvor: Službeni glasnik BIH, 2007.

Često se dešava da zbog nepropisno postavljene signalizacije, učesnici u saobraćaju se dovedu u zabunu, te može doći do stvaranja opasne situacije na putnom prelazu. Uglavnom se to odnosi na drumsku signalizaciju.

3.1.4.Faktori koji određuju propisano održavanje putni prelaza

Koliko je bitno da se ispoštuju svi neophodni propisi vezano za bezbjednost i sigurnost saobraćaja na putnim prelazima, toliko je bitno da radne organizacije zadužene za odžavanje mjesta ukrštanja pruge i puteva tokom eksploatacije redovno prate i ispunjavaju obaveze iz svog domena poslova, kako bi se izbjeglo stvaranje opasni situacija. Na slikama 5 i 6 prikazani neki od propusta prilikom neadekvatnog održavanja, gdje se vidi da je putni prelaz zarastao i da je preglednost smanjena (slika 5). A na slici 6 se primjećuje da nedostaje saobraćajni znak ”obavezno zaustavljanje”, koji je propisan, ali iz nekog razloga nije postavljen ili je otuđen itd.

Slika 5. Zarasla pruga, smanjena preglednost

Slika 6. Nepotpuna signalizacija

3.1.5.Faktori koji određuju propisanu kontrolu putni prelaza od strane nadležnih službi

Veoma bitno je da lica koja su zadužena, odnosno pod čijom su nadležnošću navedena mjesta ukrštanja pruge i puta, vode računa i redovno kontrolišu prutne prelaze kao sastavne dijelove pruge i puta. Takođe je od velike važnosti da svaku uočenu nepravilnost svako u svom domenu prijave nadležnima, te da se blagovremeno reaguje a sve u cilju bezbjednosti i sigurnosti učesnika u saobraćaju.

4. ANALIZA VANREDNIH DOGAĐAJA NA PUTNIM PRELAZIMA U PERIODU OD 2012 DO 2017 GODINE

Na osnovu podataka dobijenih od strane Sektora unutrašnje kontrole ŽRS koji vodi evidenciju o nastalim vanrednim događajima na putnim prelazima u cilju povećanja bezbjednosti saobraćaja, u tabeli 2 prikazan je broj udesa na putnim prelazima na mreži pruga ŽRS i u tabeli 3 broj nezgoda na putnim prelazima na mreži pruga ŽRS u poslednjih 5 godina (ŽRS – Sektor unutrašnje kontrole, 2017).

Tabela 2. Udesi na putnim prelazima u period od 2012 do 2016 godine

UDESI NA PUTNIM PRELAZIMA	GODINA				
	2012	2013	2014	2015	2016
Za drumska vozila na kojima je saobraćaj obezbijeđen signalno sigurnosnim uređajima (branici, polubranici i svjetlosni signali)	1	-	-	-	-
Za drumska vozila na kojima je saobraćaj obezbijeđen saobraćajnim znacima na putevima.	3	3	2	-	4
Za pješake	-	-	-	-	-
UKUPNO	4	3	2	-	4

Analizirajući udese na putnim prelazima u poslednjih 5 godina došlo se do sledećih rezultata, i to, usled 13 udesa na putnim prelazima u poslednjih 5 godina, smrtno je stradalo 10 osoba, 8 ih je teško povređeno i materijalna šteta se kreće oko 100000 KM. Iako je železnički saobraćaj jedan od bezbjednih vidova saobraćaja, bitno je preduzeti sve mjere kako bi se smanjio broj nastanka opasnih situacija, a samim tim i broj VD (nezgoda i udesa).

Tabela 3 Broj nezgoda na putnim prelazima na mreži pruga ŽRS

NEZGODE NA PUTNIM PRELAZIMA	GODINA				
	2012	2013	2014	2015	2016
Za drumska vozila na kojima je saobraćaj obezbijeđen signalno sigurnosnim uređajima (branici, polubranici i svjetlosni signali)	6	6	8	16	10
Za drumska vozila na kojima je saobraćaj obezbijeđen saobraćajnim znacima na putevima.	10	15	13	10	4
Za pješake	-	-	-	-	-
UKUPNO	16	21	31	26	14

Ako pogledamo broj nezgoda na putnim prelazima, u odnosu na udese, vidi se kroz godine unazad, da dolazi do znatnog broja stvaranja opasnih situacija, te je potrebno detaljnije analizirati sve faktore koji utiču na takvo stanje i time smanjiti i broj udesa i povećati bezbjednost učesnika u saobraćaju.

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je da ukaže na grupu faktora koji mogu dovesti do nastanka opasne situacije prilikom prelaska puta preko železničke pruge. Pored toga, da ukaže na zakonsku regulativu BIH i RS iz oblasti drumskog i železničkog saobraćaja koja se odnosi na prelazak puta preko pruge. Da bi se na pravi način shvatili uzroci saobraćajnih nezgoda, potrebno je sagledati i analizirati međusobni odnosi svih uticajnih činilaca i to u svjetlu stvorene opasne situacije na putu ili pruzi. Bitno je ukazati i uputiti lica koja se bave postupcima isleđenja i vještačenja nesreća na putnim prelazima u cilju davanja što kvalitetnijeg mišljenja, a pored toga i skrenuti pažnju organizacijama koje su zadužene za obezbjeđenje saobraćaja na njihove

obaveze i postupke. Kod nas je obično slučaj da se reaguje tek nakon nastanka udesa sa velikim posledicama, a ne blagovremeno kako se to ne bi dogodilo.

6. LITERATURA

Budiša K., Tomislav P., Tijana I., Vedran V., (2015), *Nastanak opasne situcije zbog neadekvatne saobraćajne signalizacijei preglednosti na prelasku puta preko pruge,* XIV Simpozijum, Vještačenje saobraćajnih nezgoda i prevara u osiguranju, Perućac.

Caird, J.K., Creaser, J.I., Edwards, C.J., Dewar, R.E. (2002), *A Human Factors Analysis of Highway-Railway Grade Crossing Accidents in Canada* (TP 13938E), Transport Canada.

Fitzpatrick K., Carlson P., Bean J. (1997), *Traffic violations at grade highway-railway grade crossings*, Texas transportation institute.

Službeni glasnik BIH (2006), *Zakona o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini*, Sarajevo, JP Službeni glasnik, 6/06, 47/07, 84/09, 48/10, 18/13, 8/17.

Službeni glasnik BIH (2007), *Pravilnik o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cesti, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašćena osoba*, Sarajevo, JP Službeni glasnik, 16/07, 61/07.

Službeni glasnik BIH (2012), *Instrukcija o bezbjednosti i interoperabilnosti željezničkog sistema*, Sarajevo, JP Službeni glasnik, 11/12.

Službeni glasnik Republike Srpske (2005), *Signalni pravilnik*, Banja Luka, JU Službeni glasnik, 1/05, 21/06.

Službeni glasnik Republike Srpske (2010), *Pravilnik 322 – o načinu ukrštanja pruge i puta*, Banja Luka, JU Službeni glasnik, 76/10.

Službeni glasnik Republike Srpske (2011), *Zakon o bezbjednosti saobraćaja na putevima Republike Srpske*, Banja Luka, JU Službeni glasnik, 63/11.

Službeni glasnik Republike Srpske (2013), *Zakon o javnim putevima*, Banja Luka, JU Službeni glasnik, 89/13.

Službeni glasnik Republike Srpske (2014), *Pravilnik o identifikaciji i kriterijumima za utvrđivanje prioriteta otklanjanja opasnih mjesta i načiu otklanjanja opasnih mjesta*, Banja Luka, JU Službeni glasnik, 94/14.

Službeni glasnik Republike Srpske (2017), *Zakon o željeznicama Republike Srpske*, Banja Luka, JU Službeni glasnik, 19/17.

Savez inženjera i tehničara Srbije (1996), *Pravilniku o saobraćajno-tehničkom veštačenju - osnovni pojmovi, definicije i merne jedinice*, Beograd.

ŽRS – Sektor unutrašnje kontrole (2017), *Izvještaji o stanju bezbjednosti i urednosti u željezničkom saobraćaju za period od 2013 do 2017 godine*, A.D. ŽRS Doboj.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

POVEĆANJE SIGURNOSTI ŽELJEZNIČKOG PROMETA UPOTREBOM MJERNO-DIJAGNOSTIČKIH SUSTAVA*

USE OF WAYSIDE MONITORING SYSTEMS IN ORDER TO INCREASE SAFETY OF THE RAILWAY TRANSPORT AND REDUCE MAINTAINANCE COSTS ON THE INFRASTRUCTURE

Ivan Jugović, Mia Viduka Milas
Altpro d.o.o., Velika Cesta 41, 10000 Zagreb, Hrvatska, i.jugovic@altpro.hr, mia.viduka@altpro.hr

***Apstrakt**: Važnost pouzdanog i sigurnog željezničkog prometa povećava se zajedno s ekonomskim napretkom pojedine zemlje. Pritom se velika važnost daje ekološkom aspektu svih oblika prometa. U tom pogledu željeznički se promet smatra jednim od najpogodnijih oblika. Međutim, unatoč tome, ekstenzivna eksploatacija infrastrukture i vozila te opasan teret koji se prevozi, može dovesti do vrlo ozbiljnih nesreća koje mogu ugroziti ljudske živote i okolinu. Još neke od posljedica nesreća u željezničkom prometu su velike štete na infrastrukturi i vozilima te privremeni zatvori pruga koji u svakom slučaju dovode do velikih troškova. Kako bi spriječili takve nesreće, važno je pravilno održavati željezničku infrastrukturu i vozila a vlakove ravnomjerno opterećivati pri utovaru. Dosadašnji propisi propisuju vizualni pregled željezničkih vozila koji se zasniva na subjektivnoj procjeni stanja vozila, i takva praksa nije dovoljno pouzdana. Upotreba mjerno-dijagnostičkih sustava nameće se kao ključno rješenje za pouzdan i siguran željeznički promet.*

***Ključne riječi:** pouzdan i siguran željeznički promet, željezničke nesreće, održavanje željezničkih vozila i infrastrukture, mjerno dijagnostički sustavi*

***Abstract**: Importance of reliable and safe railway traffic is increasing together with the economic progress of each country. Big importance is also given to the environmental perspective of each form of transport. Although railways are among the safest and environmental friendliest forms of transport, great asset exploitation and dangerous goods which are being transported, can lead to dangerous accidents. These accidents can jeopardize human life and surroundings. Another outcome of a railway accident is a big damage on the infrastructure and temporary closure of the track which, in each case, lead to more expenses. In order to prevent these accidents, it is necessary to keep the railway vehicles well maintained and trains properly loaded. Old regulations, which include visual inspections and subjective evaluation of the vehicle state, aren't sufficient. Use of wayside monitoring systems is imposed as a key solution for a safe and reliable railway transport.*

***Key words:** reliable and safe railway traffic, railway accidents, vehicles and infrastructure maintenance, wayside monitoring systems*

1. UVOD

Jedan od glavnih uzroka željezničkih nesreća je nepravilno utovaren teret ili kvar na nekoj od vitalnih mehaničkih komponenti željezničkog vozila: osovini, željezničkom kotaču,

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

kočnicama. Trenutni pristup u ispitivanju i nadzoru ispravnosti vitalnih komponenti željezničkog vozila oslanja se na ručni pregled u početnom i završnom kolodvoru. Ručni pregled podrazumijeva da pregledači vagona koriste vlastita osjetila (vid, dodir, procjena temperature) što krajnji rezultat postavlja u ovisnost o subjektivnoj procjeni pregledača. Također, ne pregledavaju se nužno sve vitalne komponente (osovine, kotači, kočioni elementi…) svih vagona. Takav pristup neminovno dovodi do rizika od pojave željezničkih nesreća s većim ili manjim posljedicama po okolinu, koje ponekad ovise i o faktoru slučajnosti. Na taj način, nemoguće je predvidjeti ili utjecati na broj nesreća i, posljedično, na trošak koji je neka nesreća prouzročila. Željezničke nesreće utječu istovremeno na upravitelja infrastrukture i na prijevoznika, pa se ove negativne posljedice tiču obje strane, a rješenje problema je zajedničko pitanje.

Uvođenje mjerno-dijagnostičkih sustava u redovitu upotrebu ključna je metoda u prevenciji željezničkih nesreća i smanjenju troškova štete koju neispravna vozila naprave na infrastrukturi. Glavni faktori rizika za većinu željezničkih nesreća, mogu se podijeliti u dvije grupe:

- faktori uzrokovani kvarom na vozilu i
- faktori uzrokovani nepravilno tovarenim teretom.

Faktori uzrokovani kvarom na vozilu uglavnom se odnose na dodirne točke između vozila i infrastrukture. To su dijelovi vozila podložni trošenju:

- kotači i osovine
- pantograf.

Nepravilno utovaren teret može dovesti do oštećenja na vozilima i infrastrukturi, a time i do potencijalne nesreće, u slučaju:

- neravnomjernog rasporeda tereta u vagonu
- prekoračenja dozvoljenog osovinskog opterećenja
- nepravilno pričvršćenog tereta
- nepoštivanja statičkog (utovarnog) profila.

2. MJERNO-DIJAGNOSTIČKI SUSTAVI

Obje grupe faktora rizika odnose se na status željezničkog vozila. Automatiziran i pouzdan nadzor stanja željezničkih vozila nameće se kao ključno rješenje za siguran i pouzdan željeznički promet. Kako bi se poništili spomenuti faktori rizika, potrebno je ugraditi odgovarajuće mjerno-dijagnostičke sustave na određenim točkama na željezničkoj mreži ili mjerno-dijagnostičke stanice s više kombiniranih sustava na jednom mjestu. Neki od najvažnijih mjerno-dijagnostičkih sustava opisani su u nastavku. S obzirom na važnost, naglasak će biti na sustavu za nadzor temperature osovinskih ležajeva, kočionih diskova i papuča te oboda kotača željezničkih vozila (tzv. „hot box“ sustav).

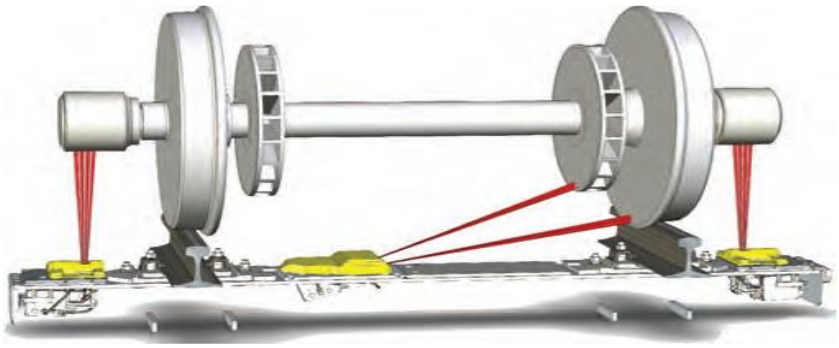
2.1. Sustav za nadzor temperature osovinskih ležajeva, kočionih diskova i papuča te oboda kotača željezničkih vozila (tzv. „hot box sustav“)

Pregrijani osovinski ležajevi i kočnice predstavljaju veliki sigurnosni rizik u željezničkom prometu. U slučaju kvara, tj. ispada iz rada osovinskog ležaja, dok je željezničko vozilo u prometu, postoji mogućnost iskliznuća vozila ili kompozicije što može dovesti do

ozbiljne željezničke nesreće s katastrofalnim posljedicama. Takva nesreća može rezultirati ljudskim žrtvama i ozbiljnim štetama na vozilima i/ili infrastrukturi te okolini. Jedna od indikacija skorog ispada iz rada osovinskog ležaja je povećanje temperature kućišta osovinskog ležaja. Jedan od načina detekcije takvog osovinskog ležaja jest nadzor temperature svih osovinskih ležajeva željezničkog vozila / kompozicije, kako bi se detektiralo svako neprihvatljivo povećanje temperature. U slučaju da se takve „vruće osovine“ ne detektiraju na vrijeme, može doći do puknuća osovine a posljedično i do iskliznuća.

Blokirane kočnice također mogu dovesti do oštećenja vozila i infrastrukture. Detektirati se mogu, kao i kod osovinskih ležajeva, nadzorom temperature, u ovom slučaju oboda kotača željezničkog vozila s obzirom da blokirane kočnice rezultiraju porastom temperature željezničkog kotača.

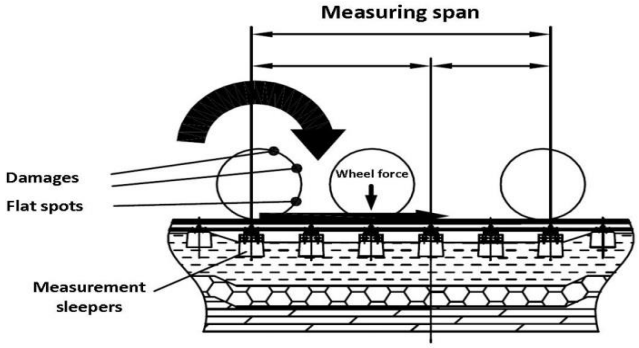
Sustav za nadzor temperature osovinskih ležajeva, kočionih diskova i papuča te oboda kotača željezničkih vozila sastoji se od posebnog, čeličnog mjernog praga s ugrađenim mjernim modulima (za mjerenje temperature osovinskih ležajeva, kočionih diskova i oboda kotača pomoći infracrvenih senzora).



Slika 1. Osnovna konfiguracija sustava za nadzor temperature osovinskih ležajeva, kočionih diskova i papuča te oboda kotača željezničkih vozila

2.2. Dinamička vaga

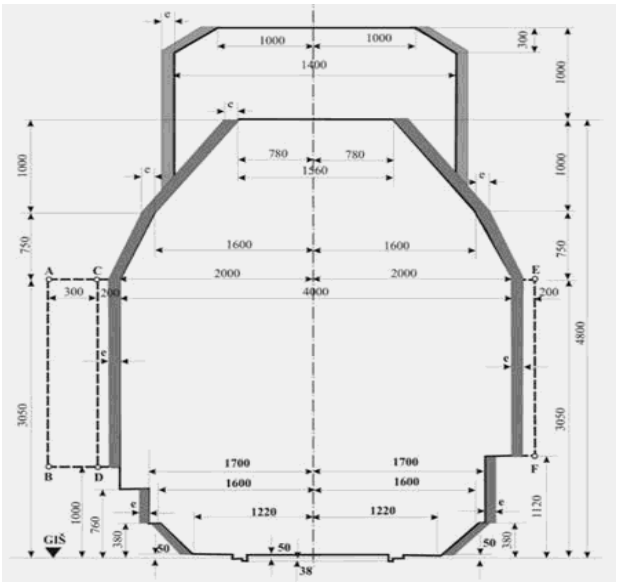
Dinamička vaga je sustav koji omogućava mjerenje dinamičkih sila koje vozilo vrši na infrastrukturu. Ti se podaci mogu iskoristiti za određivanje težine pojedine osovine, vagona pa i cijele kompozicije, te za detekciju nepravilnosti na željezničkim kotačima, npr. ravnim mjestima na obodu kotača (tzv. „flat spots“).



Slika 2. Principijelna shema dinamičke vage

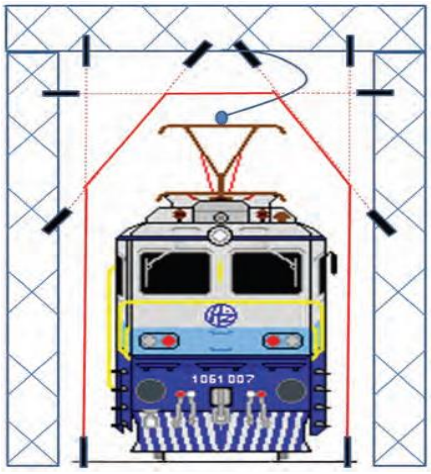
2.3. Nadzor slobodnog profila

Svako bi se vozilo, nakon utovara, trebalo pridržavati dimenzija statičkog (utovarnog) profila. Svako nepoštivanje statičkog profila predstavlja velik rizik, posebno na dionicama s posebnim infrastrukturnim objektima poput mostova i tunela. Statički (utovarni) profil je poprečni presjek vozila koje miruje na ravnom kolosijeka. S druge strane, imamo slobodni profil, koji predstavlja presjek prostora koji mora ostati slobodan iznad i pokraj kolosijeka da bi vozila koja se kreću kolosijekom mogla prolaziti istim bez smetnji (slika 3).



Slika 3. Slobodni profil

Sustav za nadzor slobodnog profila („high-wide load detector“) sastavljen je od niza infracrvenih setova senzora. Svaki set sastoji se od odašiljača i prijemnika. Setovi su montirani na posebnom portalu na pruzi. Pozicija senzora na portalu mora se definirati na osnovu slobodnog profila pripadajuće dionice pruge. Prema tome, detekcijski profil sustava je vrlo prilagodljiv te isključivo ovisi o specifičnim zahtjevima krajnjeg korisnika.



Slika 4. Sustav za nadzor slobodnog profila

2.4. Sustav za detekciju viseće opreme

Sustav za detekciju viseće opreme (“dragging equipment detector”) koristi akcelerometar (mjerač ubrzanja) za detekciju sila udara tereta ili dijelova koji vise s podvozja željezničkog vozila. Sustav upozorava korisnika kada neki predmet udari obložne panele sustava silom većom od postavljenog praga. Orijentacija mjerača ubrzanja isključuje mogućnost „lažne uzbune“ zbog ravnog kotača.

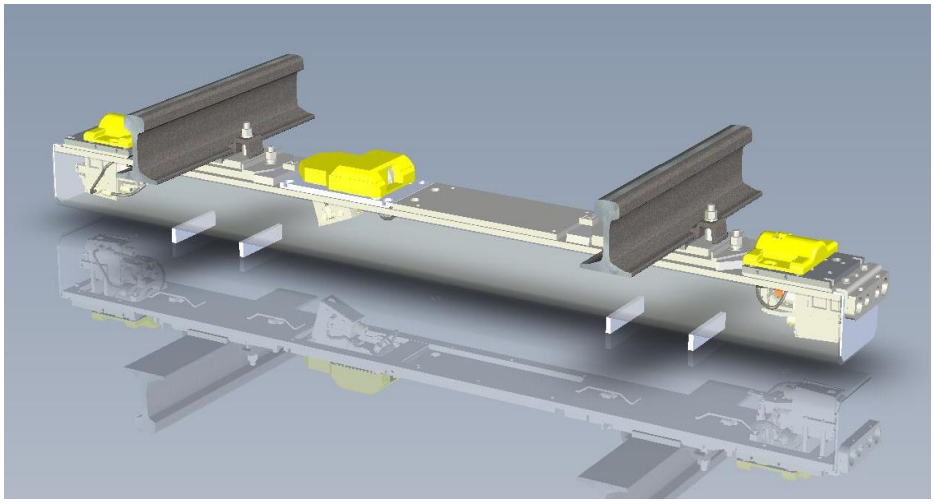
Slika 5. Sustav za nadzor slobodnog profila

2.5. Sustav za nadzor stanja pantografa i kontaktnog voda

Pantograf koristi grafitnu traku za provođenje električne energije između kontaktnog voda i pantografa. U slučaju da je ova traka oštećena ili potrošena, pantograf može oštetiti kontaktni vod. Sustav za nadzor stanja pantografa i kontaktnog voda koristi lasersku tehnologiju za nadzor debljine grafitne trake. Sustav također kontinuirano prati silu kojom pantograf pritišće kontaktni vod. Ukoliko je ta sila manja od dozvoljene, može doći do gubitka kontakta.

2.6. Održavanje mjerno dijagnostičkih sustava

Kao i kod većine modernih elektroničkih željezničkih uređaja, i mjerno dijagnostičke sustave karakterizira modularni dizajn s niskim troškom održavanja. Tek manji dio opreme nalazi se na samoj pruzi, pod utjecajem okoline. Najbolji primjer za to je tzv. „hot box“ sustav, čiji se jedini aktivni dijelovi, infracrveni mjerni moduli, nalaze zaštićeni u posebnom čeličnom pragu (slika 6), dok se sva ostala elektronika nalazi u kućici pored pruge. Time se smanjuje utjecaj okoline na pouzdanost i raspoloživost uređaja.



Slika 6. Prikaz dizajna vanjske opreme "hot box" sustava

Dizajn vanjskih modula vrlo je robustan i najčešće je zadužen ispunjenje osnovnog cilja, a to je prikupljanje informacija koje kasnije obrađuje elektronika smještena u kontroliranu okolinu (npr. zatvorena kućica pored pruge) kojoj je lako pristupiti bez utjecaja na raspoloživost pruge. Drugi dobar primjer su senzori za mjerenje naprezanja kod dinamičke vage (slika 7). Senzori su robusni, hermetički zatvoreni i lako zamjenjivi.

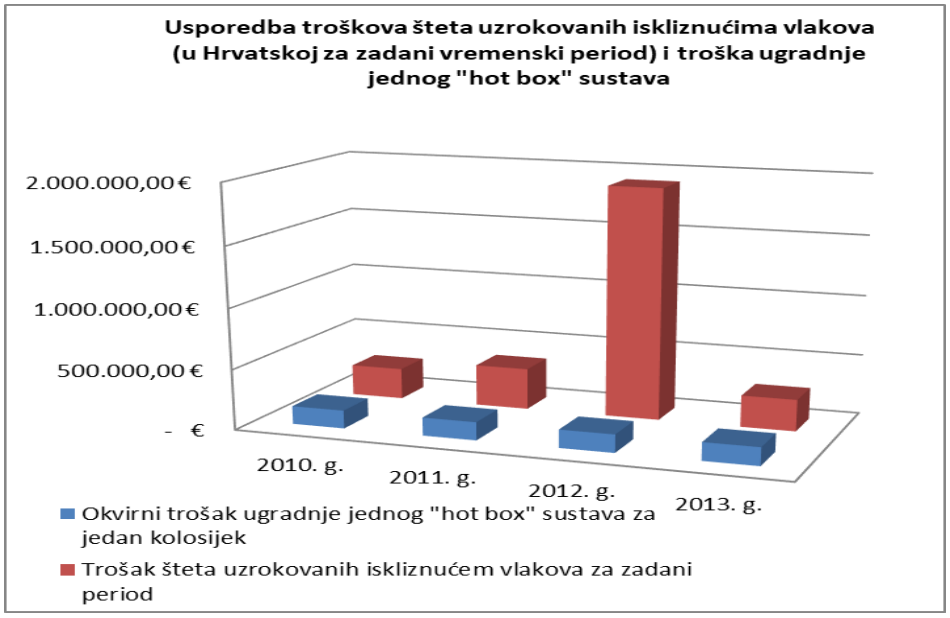
Slika 7. Prikaz dizajna vanjske opreme dinamičke vage

Održavanje ovakvih sustava svodi se na godišnji vizualni pregled cijelog sustava te mjerenje preciznosti, npr. kod „hot box" sustava se to odnosi na mjerenje temperature pomoću posebnog umjerenog grijača. Moderni mjerno-dijagnostički sustavi također imaju vlastitu dijagnostiku pomoću koje javljaju operateru sve nepravilnosti i greške u realnom vremenu.

3. ISTRAŽIVANJE U HRVATSKOJ

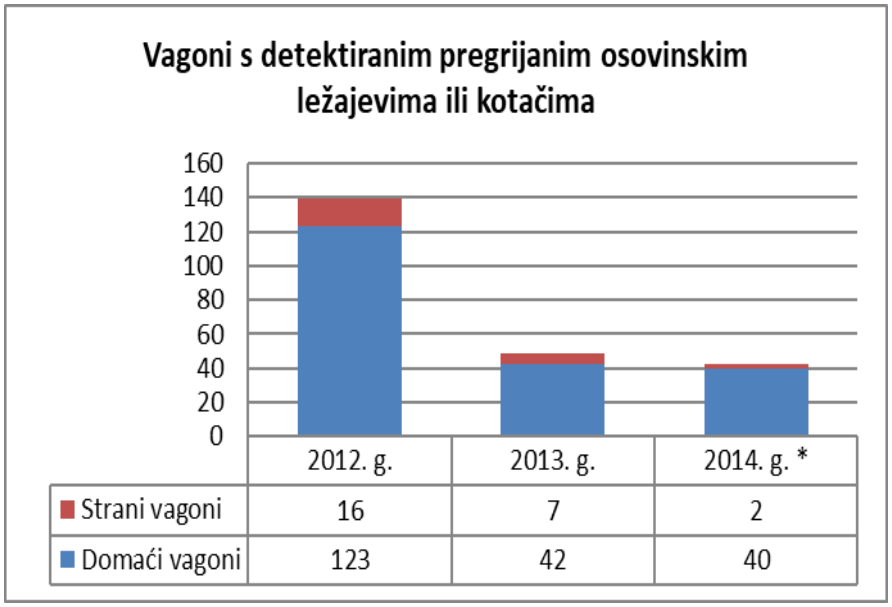
Tvrtka Altpro d.o.o. izradila je opsežnu analizu o važnosti i razlozima za uvođenje sustava za nadzor temperature osovinskih ležajeva, kočionih diskova i papuča te oboda kotača željezničkih vozila (tzv. „hot box" sustavi) na željezničku mrežu HŽ Infrastrukture. Na temelju raspoloživih podataka napravljena je usporedba troškova šteta uzrokovanih iskliznućima

vlakova (u Hrvatskoj za zadani vremenski period) i troška ugradnje jednog "hot box" sustava (slika 5). Rezultati te usporedbe potpuno opravdavaju ugradnju takvog sustava. U periodu od 2010. do 2013. godine, kompletna željeznička mreža HŽ Infrastrukture mogla se opremiti „hot box“ sustavima samo od troška nastalog iskliznućima vlakova.



Slika 8. Usporedba troškova šteta uzrokovanih iskliznućima vlakova (u Hrvatskoj za zadani vremenski period) i troška ugradnje jednog "hot box" sustava

Također je napravljena i analiza ručno detektiranih pregrijanih osovinskih ležajeva i kotača za period od 2012. do 2014. godine. Ova se analiza može usporediti s kasnijim rezultatima ugrađenog „hot box“ sustava.



Slika 9. Ručno detektirani pregrijani osovinski ležajevi i kotači (rezultat samo za prvih 5 mjeseci)*

4. PROBNA UGRADNJA U HRVATSKOJ

Nakon početne analize, „hot box“ sustav ugrađen je od strane tvrtke Altpro d.o.o. u Hrvatskoj tijekom srpnja 2014. godine na željezničkoj pruzi M202 (Zagreb – Rijeka) između stanica Meja i Škrljevo. Ta je željeznička pruga dio Mediteranskog TEN-T koridora i vrlo je važna njena uloga u povezivanju luke Rijeka s ostatkom zemlje i Europe. Radi se o pruzi s velikom gustoćom prometa što predstavlja idealnu lokaciju za ugradnju mjerno-dijagnostičkih sustava.

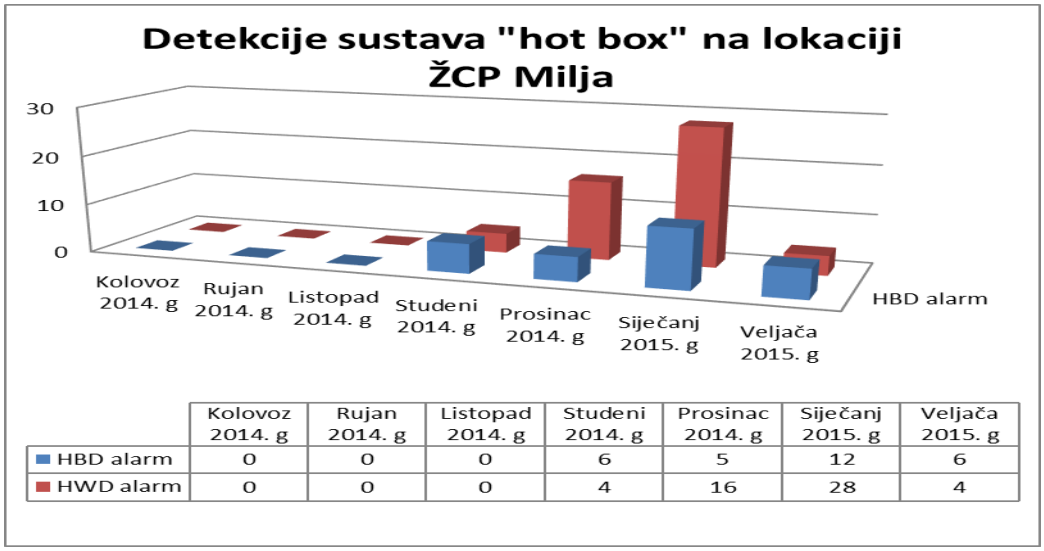
Unutrašnji dio opreme ugrađen je u obližnjoj kućici željezničko-cestovnog prijelaza Milja (ŽCP Milja). Udaljenu terminal za dojavu ugrađen je u kolodvoru Škrljevo, 6,5 km udaljenom od ŽCP-a Milja u smjeru Rijeke.

Slika 10. „Hot box“ sustav ugrađen na lokaciji ŽCP Milja

Tijekom 7 mjeseci rada, sustav je detektirao 81 pregrijani osovinski ležaj ili kotač. Rezultat je tim bolji, ako se uzme u obzir da je tijekom prva 3 mjeseca promet bio smanjenog obujma i usporen zbog radova na infrastrukturi te u tom periodu nije bilo detekcija.

Rezultati korištenja „hot box“ sustava definitivno opravdavaju njegovu ugradnju. Ukupno, alarm na **81** osovini potvrđen je od strane sustava za period od kolovoza 2014. do veljače 2015. godine. Alarmi se mogu podijeliti u dvije skupine:

- pregrijani osovinski ležaj (HBD)
- pregrijani obod željezničkog kotača (HWD).



	Kolovoz 2014. g	Rujan 2014. g	Listopad 2014. g	Studeni 2014. g	Prosinac 2014. g	Siječanj 2015. g	Veljača 2015. g
HBD alarm	0	0	0	6	5	12	6
HWD alarm	0	0	0	4	16	28	4

Slika 11. Detekcije sustava „hot box“ na lokaciji ŽCP Milja

Ovi se rezultati mogu usporediti s tablicom ručno detektiranih pregrijanih osovinskih ležajeva i kotača (slika 6). U 2012. godini, ukupno je ručno detektirano 139 vagona s pregrijanim osovinskim ležajem ili kotačem. Ali ta se informacija odnosi na cijelu željeznički mrežu HŽ Infrastrukture i period od godine dana, usporedivši s periodom od 7 mjeseci rada „hot box“ sustava na ŽCP Milja.

5. PROBNA UGRADNJA U BIH

U mjestu Doboju (pruga Šamac – Doboj) ugrađen je u svibnju 2017. godine „hot box“ sustav. Sustav je ugrađen na desnom kolosijeku (smjer Doboj). Unutrašnja oprema ugrađena je u staru APB kućicu, dok udaljeni terminal za dojavu ugrađen u uredu prometnika kolodvora Doboj.

Sustav će se sustavno pratiti te će se nakon isteka probnog perioda napraviti analiza kojom će se nastojati opravdati ugradnja.

Slika 12. „Hot box“ sustav ugrađen na lokaciji Doboj

6. ZAKLJUČAK

Krajnji cilj probnih ugradnji u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini jest opremanje cijele željezničke mreže s odgovarajućim brojem mjerno dijagnostičkih sustava koji će se nadzirati s jednog, centralnog mjesta te uvođenje nove 24-satne službe za praćenje rada mjerno-dijagnostičkih sustava, koja će iz istih izvući maksimalnu korist.

Slika 13. Primjer radnog mjesta službe za praćenje rada mjerno-dijagnostičkih sustava

S podacima proizašlim iz takvih sustava, moguće je raditi daljnje analize i promijeniti pristup u nadzoru ispravnosti i održavanju željezničkih vozila. Time bi se promijenila praksa koja se već desetljećima prakticira u našim krajevima, a to je ručni pregled vozila i ne vođenje adekvatne analitike stanja željezničkih vozila što nam omogućuje preventivno održavanje i posljedično, povećanje sigurnosti željezničkog prometa.

7. LITERATURA

ALTPRO d.o.o. Zagreb (2014.). Tehnički opis sustava za nadzor temperature osovinskih ležajeva, kočionih diskova i papuča te oboda željezničkih kotača.

CENELEC EN 15437-1:2009 (2009.). Railway applications – Axlebox condition monitoring – Part 1: Track side equipment and rolling stock axlebox.

Stipetić, A. (2008.). Gornji ustroj željezničkog kolosijeka.

D – L O G I S T I C S

L O G I S T I K A

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

ORGANIZACIJA TRANSPORTA MEDICINSKOG I KLINIČKOG OTPADA*

ORGANIZATION OF TRANSPORTATION OF MEDICAL AND CLINICAL WASTE

Bojan Ožegović[a], Siniša Sremac[a], Tanja Arsić[b], Goran Tepić[a]
[a]*Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad 106314, Srbija, bojanozegovic@outlook.com, sremacs@uns.ac.rs, gtepic@uns.ac.rs*
[b] *Center for Preventive technical and fire engineering, Valjevo 14000, Serbia tanja.arsic@beotel.net*

***Apstrakt**: Organizacija transporta opasnih materija je kompleksna procedura i karakteriše je detaljno upravljanje transportnim procesima u cilju zadovoljenja potreba korisnika. Medicinski i klinički otpad koji se generiše u okviru zdravstvenih ustanova potrebno je transportovati na bezbedan i propisan način pre svega u funkciji zaštite ljudi i životne sredine. Za potrebe organizacije transporta neophodno je obezbediti prvenstveno adekvatno odlaganje i odgovarajuću ambalažu s ciljem smanjenja rizika za sve učesnike u transportu. Shodno tome potrebno je na propisan način odložiti, upakovati, transportovati i skladištiti medicinski i klinički otpad. Organizacija transporta opasnih materija u drumskom transportu zahteva poštovanje zakonske regulative (zakona, pravilnika, direktiva i konvencija), a pre svega ključnog dokumenta u ovoj oblasti Evropskog sporazuma o međunarodnom drumskom transportu opasne robe - ADR.*

***Ključne reči:** medicinski i klinički otpad, ADR, savetnik za bezbednost u transportu opasnog tereta*

***Abstract**: Organization of transportation of hazardous materials is a complex procedure and is characterized by detailed management of transportation processes in order to meet user needs. Medical and clinical waste which is generated in the field of health care institutions needs to be transported in a safe and proper manner, above all in order to protect people and the environment. For the purposes of the organization of the transportation, adequate disposal and appropriate packaging in order to reduce the risk for all participants in transportation must be primarily provided. Accordingly, it is necessary for medical and clinical waste to be disposed, packaged, transported and stored in the prescribed manner. Organization of hazardous materials in road transport requires abiding by law (laws, regulations, directives and conventions), and above all, a key document in this area, the The European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road - ADR.*

***Keywords:** medical and clinical waste, ADR, security adviser in the transport of dangerous goods*

1. UVOD

Jedan od najvećih svetskih ekoloških problema je neadekvatno postupanje sa medicinskim i kliničkim otpadom. Medicinski i klinički otpad koji se generiše u okviru zdravstvenih ustanova ne odlaže se i transportuje na adekvatan način. Zato je potrebno ukazati

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

na zakonske regulative koje jasno definišu način odlaganja, pakovanja, transporta i spaljivanja.

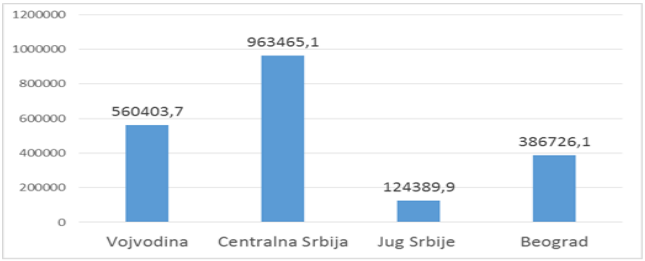
Prvi cilj svake politike o otpadu je smanjenje na najmanju moguću meru negativnih efekata nastajanja otpada na zdravlje ljudi i životnu sredine (Direktiva EU 2008/98/EZ). Da bi se smanjio uticaj negativnih efekata, potrebno je poštovati zakonsku regulativu koja uređuje pitanje odlaganja, pakovanja, transporta i spaljivanja.

Medicinski otpad je otpad koji nastaje pri pružanju zdravstvene zaštite ljudima, a koji čine neopasan i opasan otpad definisan u Katalogu otpada u skladu sa propisima koji uređuju kategorije i klasifikaciju otpada (Pravilnik o upravljanju medicinskim otpadom, 2010). Nastajanje medicinskog i kliničkog otpada u zdravstvenim ustanovama zahteva propisano odlaganje, razvrstavanje i rukovanje, sve u cilju kako bi se pripremilo za bezbedan transport. Prilikom rukovanja medicinskim i kliničkim otpadom, potrebno je svesti rizik na minimum.

2. GENERISANJE MEDICINSKOG I KLINIČKOG OTPADA U REPUBLICI SRBIJI

Bolnice u Republici Srbiji poseduju 50.988 kreveta sa brojem bolničkih dana od približno 15 miliona/god. Prosečna zauzetost kreveta je 72%. Prema stepenu društvenog razvoja i geografskim odlikama Srbije, u bolnicama se stvara oko 0,2 kg medicinskog otpada dnevno po krevetu, što je u skladu sa preporukama Svetske zdravstvene organizacije (http://rasejanje.eu, 25.08.2017.). Zavisno od vrste otpada, potrebno je obezbediti bezbedno odlaganje. Količina generisanog otpada je ulazni parameter za definisanje generisanog medicinskog i kliničkog otpada, koja zavisi od broja pacijenata.

Institut za javno zdravlje Srbije „Dr Milan Jovanović Batut“ je tokom 2013. godine sproveo istraživanje na teritoriji Srbije o generisanju medicinskog i kliničkog otpada u domovima zdravlja i opštim bolnicama. Rezultati istraživanja su pokazali da generisana količina medicinskog i kliničkog otpada (IMO) iznosi 2.034.984,8 kg. Podaci ukazuju da je najveća količina tretiranog IMO na teritoriji Centralne Srbije koja obuhvata 12 okruga, dok sa druge strane Grad Beograd ukupno tretira 386.726,1 kg IMO. Tretirane količine IMO na teritoriji Srbije u 2013. godini prikazane na slici 1.



Slika. 1. Generisani medicinski i klinički otpad u Srbiji, 2013. (Knežević i Matić, 2014)

Tokom israživanja koje je sprovedeno, izostali su podaci o generisanju medicinskog i kliničkog otpada iz opštih bolnica sa teritorije Beograda. Na taj način znatno je umanjena količina generisanog medicinskog i kliničkog otpada, iz razloga što je znatno veća količina generisanog medicinskog i kliničkog otpada u opštim bolnicama.

Domovi zdravlja kao ustanove primarne zdravstvene zaštite godišnje generišu 294.247,8 kg IMO (http://www.batut.org.rs. 12.08.2017.). Uzrok generisane količine

infektivnog medicinskog otpada je obim poslovanja. Obim poslovanja zdravstvenih ustanova predstavlja broj ambulantnih poseta, koje predstavljaju osnovu za definisanje dinamike generisanja otpada. Prema dobijenim podacima, može se uočiti da je broj ambulantnih poseta najveći u regionu Centralne Srbije.

Najreprezentativniji primerak o količini generisanog otpada, je pokazatelj koji se odnosi na dinamiku generisanja otpada. Dinamika generisanja otpada dobija se iz odnosa IMO količina i broja ambulantnih poseta. Na osnovu dobijenih vrednosti, podaci u tabeli 1 pokazuju na kojoj od teritorija se generiše najviše otpada. Prema prikazanim podacima može se uočiti da je najveća dinamika generisanja otpada na teritoriji Beograda, iako Centralna Srbija ima veći broj pacijenata.

Tabela 1: Evidencija generisanja IMO u ustanovama primarne zdravstvene zaštite – domovi zdravlja (DZ), Srbija, 2013. (Knežević i Matić, 2014)

Projektni regioni	**Broj DZ**	**IMO količina (kg)**	**Broj ambulantnih poseta**	**Dinimika generisanja otpada**	**kg/dan**
Vojvodina	32	90.357,77	8.027.874	0,011	10,82
Centralna Srbija	49	109.509,80	14.906.502	0,007	7,74
Jug Srbije	21	45.807,76	7.545.477	0,006	8,33
Grad Beograd	6	48.554,50	4.042.051	0,012	31,00
Ukupno	108	294.247,8	34.521.904	0,009	14,47

U okviru istraživanja koje je sprovedeno na teritoriji Republike Srbije, obuhvaćena su 122 doma zdravlja. Pored njih obuhvaćna je i 31 opšta bolnica na teritoriji Srbije, osim u projektnom reginu Beograda. Ukupna količina generisanog otpada je 955.891,29 kg. To je skoro tri puta više nego u domovima zdravlja. Prosečna dinamika generisanja otpada u opštim bolnicama je 0,35, za razliku od domova zdravlja gde iznosi 0,009. Podaci prikazani u tabeli 2 ukazuju da se znatno više generiše IMO u opštim bolnicama nego u domovma zdravlja.

Tabela 2: IMO generisan u opštim bolnicama, Srbija, 2013. (Knežević i Matić, 2014)

Projektni regioni	**Broj OB**	**IMO količina (kg)**	**Dinamika generisanja otpada**	**kg/dan**
Vojvodina	7	273.483,04	0,34	107,04
Centralna Srbija	20	652.096,30	0,35	85,37
Jug Srbije	4	70.311,95	0,37	58,30
Ukupno	31	995.891,29	0,35	83,57

3. RAZVRSTAVANJE I PAKOVANJE MEDICINSKOG I KLINIČKOG OTPADA

Medicinski otpad sakuplja se na mestu nastanka, razvrstava se opasan od neopasnog otpada, odnosno različite vrste opasnog medicinskog otpada i odlaže u odgovarajuću ambalažu prilagođenu njegovim svojstvima, količini, načinu privremenog odlaganja, prevoza i tretmana (Pravilnik o upravljanju medicinskim otpadom, 2010). Razvrstavanje medicinskog otpada vrši se prema Katalogu otpada. Svaka vrsta otpada koja se razvrstava zahteva odgovarajuću ambalažu za pakovanje kako ne bi došlo do pucanja kesa, curenja supstanci iz posuda ili propisipanja iz kontejnera i kanti. Opasan medicinski otpad potrebno je odložiti u odgovarajuću ambalažu kako bi se obezbedila zaptivenost i celovitost ambalaže za potrebe daljeg transorta.

Po završetku ukazivanja pomoći, lečenja i nakon davanja terapija korisnicima usluga, zdravstveni radnici dužni su da razdvoje medicinski i klinički otpad u skladu sa propisima u odgovarajuću ambalažu. Prilagođena ambalaža za sakupljanje otpada su plastične vreće, plastične posude različitih boja (zavisno od toga u kojoj vrti otpada se radi). Za potrebe odlaganja, obezbeđuje se adekvatna ambalaža koja je propisana pravilnikom. Pored toga veoma je važno napomenuti, da se ambalaža po boji razlikuje za koju vrstu otpada je namenjena. Plastični kontejneri, kese ili druga ambalaža za potrebe pakovanja i odlaganja medicinskog i kliničkog otpada moraju biti u skladu sa bojama iz tabele 3.

Tabela 3: Boja ambalaže prema vrsti otpada

Vrsta otpada	Boja ambalaže
Komunalni otpad	Crna boja
Komunalni otpad namenjen za reciklažu	Svetlo plava
Infektivni medicinski otpad	Žuta
Oštri predmeti	Žuta
Citotoksični otpad	Ljubičasta
Farmaceutski otpad	Crvena
Patoanatomski otpad	Braon

Nakon popunjenosti kontejnera ili plastične kese, radnici koji su zaduženi za rukovanje medicinskim i kliničkim otpadom su dužni da provere da li je čvrsto zatvorena ambalaža, kako ne bi došlo do rasturanja, prosipanja i izlivanja. Nakon bezbednosnih provera, potrebno je odložiti primarnu ambalažu u sekundarnu, pri tome je potrebno voditi računa o ambalaži u koju se pakuje. Svaka ambalaža mora posedovati osnovne podatke na osnovu kojih se može utvrditi vrsta materije, opasnost koja može biti prouzrokovana i kod koji ukazuje na vrstu ambalaže i osnovne podatke o proizvodnji.

Svaki komad za otpremu se označava i obeležava sa(ADR, br. 2/10 i 14/13):

- UN brojem i nazivom,
- Oznakama opanosti i
- Sertifikacionim kodom ambalaže.

Manipulisanje ambalažom u kojoj je smešten medicinski otpad, zahteva informisanje o samoj vrsti otpada kao i vrsti ambalaže koja mora biti propisana. Ambalaža koja je propisana za upotrebu, mora da poseduje sertifikacioni kod, kojim se dokazuje kod ambalaže, zemlja porekla i vreme proizvodnje. Na samoj ambalaži mora biti označen i UN broj kao i naziv opasne materije, kako bi rukovaoci bili upućeni i pri tome preduzimali preventivne radnje. U skladu sa UN brojem potrebno je postaviti i oznaku opasnosti. Na ovaj način ukazuje se moguća opasnost u slučaju nepravilnog rukovanja ili vanrednog događaja. Način odlaganja primarne u sekundarnu ambalažu kao i oznake prikazane su na slici 2.

Slika 2. Način pakovanja i oznake na ambalaži(http://blog.stericycle.com, 09.09.2017.)

4. TRANSPORT MEDICINSKOG I KLINIČKOG OTPADA

Transport opasnog tereta može imati nesagledive negativne uticaje na život i zdravlje ljudi i životnu sredinu. Zbog specifičnosti u tehnologiji rada i sistemu bezbednosti u drumskom saobraćaju, transport opasnog tereta mora biti organizovan po pravilima koja minimiziraju mogućnost nastanka nesreće i incidenta (vanrednog događaja), odnosno da se posledice koje mogu nastati pri takvim događajima svedu na najmanju moguću meru. „Domino efekat“ je jedan od najvažnijih fenomena u proizvodnji, skladištenju, pretovaru i transportu opasnih materija. Pod "domino efektom" se podrazumeva kaskada događaja u kojima se naredni akcidenti prostorna i vremenska posledica prethodnih incidenta, što dovodi do posledica velikog akcidenta (Tanackov i dr., 2012). Kada je u pitanju transort opasnog tereta veoma je važno poštovati preporuke koje su definisane od strane ADR-a. Potrebno je u skladu sa svetski regulativama i domaćim zakosnkim odredbama uskladiti transport, kako bi se smanjila mogućnost nastanka vandrednog događaja.

Nakon razvrstavanja, pakovanja i obeležavanja ambalaže u kojoj se nalazi medicinski i klinički otpad, potrebno je organizovati transport u skladu sa propisima kako bi se smanjio rizik od nastanka vanrednog događaja. Postupanje sa medicinskim i kliničkim otpadom zahteva, adekvatno pripremu pre samog transporta. Prilikom preuzimanja otpada na transport, potrebno je dati upute o kojoj vrsti otpada se radi i kako s njim postupati. Sa praktičnog aspekta je veoma važna upućenost radnika u posledice koje mogu da se jave nakon vanrednog događaja, kako bi se preduzele preventivne radnje u cilju smanjenja negativnog uticaja po okolinu.

4.1. VOZILA ZA TRANSPORT MEDICINSKOG I KLINIČKOG OTPADA

U cilju dobrog odabira vozila namenjenih za transport infektivnog optada, potrebno je obezbediti prevozna sredstva koja se će omogućiti bezbednost, jednostavnost manevra prilikom utovara i istovara otpada. Prilikom selekcije vozila, koja će se koristiti za potrebe transporta infektivnog otpada potrebno je voditi računa da to budu zatvorena vozila, koja su sandučastog oblika i imaju zatvorenu karoseriju sa vratima na zadnjem kraju i bokovima (Ožegović, 2017).

Transportne jednice za transport medicinskog i kliničkog otpada su sandučastog tipa. Vozila namenjena za transport ove vrste otpada oslobođena su izdavanja Sertikata o vozilu. Prilikom oganizacije transporta, koriste se komercijalna vozila kao što su kombi i dostavna/pick up vozila. U cilju ispunjavanja kriterijuma za transport medicinskog i kliničkog otpada, moraju se ispoštovati uslovi navedeni u tabeli 4

Tabela 4: Uslovi koje moraju ispunjavati vozila

Br.	Uslovi koje moraju vozila ispuniti
1	Jednostavna vozila za potrebe utovara i istovara
2	Vozila sandučastog oblika
3	Zatvorena karoserija vozila, sa vratima na zadnjem kraju
4	Celovitost konstrukcije
5	Nedozvoljava isticanja u slučaju prevrtanja i pucanja ambalaže
6	Obavezno čišćenje i dezinfekcija vozila u slučaju prosipanja

Zbog izuzeća koja se odnose na transport ove vrste otpada kada su u pitanju manje količine, svakako potrebno je voditi računa kada se otpad transportuje putničkm vozilima. Infektivni otpad mora na propisan način upakovati i nakon toga pažljivo transportovati

putničkim vozilo kako se ne bi ugrozila bezbednost putnika u vozilu. Ova vrsta otpada prilikom transporta putničkim automobilom, mora biti odvojena od putnika u vozilu. Potrebno je smnajiti ili u potpunosti izbaciti ovaj način transporta medicinskog i kliničkog otpada iz bezbednosnih razloga. Iako se radi o bezbedno upakovanom otpadu, velika opasnost se javlja po putnike u vozilu koji se prevoze zajedno sa otpadom.

Kada se prevozi infektivni otpad iz grupe opasnosti od 2 do 4, tada je najverovatnije da će biti upotrebljene sledeće tri oznake (ADR, br. 2/10 i 14/13):

- UN 2814 – infektivne materije, koje utiču na ljude,
- UN 2900 –infektivne materije, koje utiču na životinje i
- UN 3291 – nepreciziran medicinski otpad, koji nije drugačije označen.

Vozila za transport medicinskog otpada, moraju biti na propisan način označena u skladu sa ADR-om. Medicinski i klinički otpad spada u kategoriju zaraznih materija, koje su prema ADR-u svrstane u klasu 6. Shodno odredbama ovog sporazuma, vozila moraju posedovati listicu opasnosti na spoljašnjem delu vozila. Pored listice opasnosti potrebno je postaviti Narandžastu tablu na prednjem i zadnjem delu vozila. Sadržaj Narandžaste table ukazuje na broj opasnosti i UN broj opasne materije. Označena vozila za transport medicinskog i kliničkog otpada su prikazana na slici 3. i 4.

Slika 3.Kombi vozilo

Slika 4.Pick-up vozilo

4.2. TRANSPORTNI DOKUMENTI

Za realizaciju transporta, potrebno je obezbediti propisanu dokumentaciju u skladu sa ADR-om. Na ovaj način učesnici u transportu moraju da pruže visok nivo međusobnog poverenja prilikom sklapanja ugovora. Svaka od ugovorenih strana, dužna je da izda ili pribavi od nadležnih organa dokumentaciju neophodnu za transport. Pribavljena dokumentacija, mora da prati transport i da se pokaže na zahtev ovlašćenih lica.

Transportna dokumentacija je:

- Transportni dokument,
- Pisana upustva,
- Sertifikat o stručnom osposobljavanju vozača i
- Sredstava za identifikaciju članova posade.

Podaci u transportnoj dokumentaciji moraju biti jasno ispisani i čitljivi. Dopušteno je korišćenje malih i velikih slova, pod uslom da je naziv jasno ispisan prilikim ispisivanja zvaničnog naziva dokumenta. Prilikom transporta otpada, u transportnom dokumentu zvanični naziv sadrži izraz „OTPAD“ pre punog naziva.

Transportni dokument mora da sadrži sledeće podatke za svaku materiju ili predmet koji su predate na transport (ADR, br. 2/10 i 14/13): UN broj, zvaničan naziv, brojeve uzoraka listica opasnosti, grupu pakovanja, broj i opis komada, ukupnu količinu, ime i adresu pošiljaoca, ime i adresu primaoca (navesti broj teleofona odgovornog lica), izjavu u skladu sa sporazumom i kod za ograničenje tunela.

Pošiljalac je dužan da zajedno sa transportnim dokumentom izda upustvo o merama, koje prevoznik eventualno treba da preduzme. Ova pismena upustva moraju biti sastavljena na jezicima koje prevoznik i nadležni organi smatraju neophodnim i moraju da sadrže minimalno sledeće informacije (ADR, br. 2/10 i 14/13):

- Dodatne mere pri utovaru, slaganju, transportu, rukovanju i istovaru ambalaže,
- Ograničenja u pogeledu vida transporta i
- Mere u slučaju opasnosti koje su adekvatne u odnosu na pošiljku.

Podizanje bezbednosnih zahteva na viši nivo, ostvaruje se obučavanjem radnika koji učestvuju u transportu. Kako bi bezbednosni zahtevi bili ispoštovani potrebno je da se poštuju pisana upustva koja su data. Osnova bezbednog transporta leži u kvalitetno edukovanom i informisanom kadru. Pored pošiljaoca koji je dužan da izdaje pisana upustva, bitna karika u ovom lancu je svakako i Savetnik za bezbednost u transportu opasnog tereta, koji pravovremeno informiše vozače, pre početka transporta kao i tokom.

Vozači vozila kojima se transportuje opasna roba moraju posedovati sertifikat koji je izdat od nadležnog organa (Sremac, i dr., 2017), u kojem se potvrđuje da su vozači pohađali obuku i položili ispit o posebnim zahtevima koji moraju biti ispunjeni u toku transporta opasne robe (ADR, br. 2/10 i 14/13). Sertifikat o stručnom osposobljavanju za vozača u transportu opasnog tereta, moraju posedovati lica koja u vozilu poseduju preko $3m^3$ medicinskog i kliničkog otpada.

Prilikom preuzimanja medicinskog i kliničkog otpada iz zdravstvene ustanove, zaposleni koji predaju generisani otpad na dalji tretman mogu da zatraže Sredstvo za identifikaciju člana posade, kako bi se uverili da je robu preuzelo lice koje s njom zna da rukuje. Zbog opasnosti koja može biti izazvana, nepažljivim i nepravilnim rukovanjem svaki vid preventivnog delovanja u cilju povećanja bezbednosti ima pozitivne efekte.

5. ZAKLJUČAK

Prema podacima Instituta za javno zdravlje „Dr Milan Jovanović Batut“ prosečna stopa generisanja medicinskog i kliničkog otpada na teritoriji Srbije u 2013. godine je 0,1795 kg/pacijentu. Zemlje sa niskim dohotkom generišu 0,2kg/pacijentu prema podacima Svetske zdravstvene organizacije (WHO), za razliku od zemalja sa visokim dohotkom koje dosežu i 0,5kg/pacijent. Prema dobijenim podacima može se ustanoviti da Srbija spada u države za niskim dohotkom i ako nije dostigla propisane vrednosti WHO. Potrebno je obnoviti istraživanje kojim bi se utvrdio trend generisanja. Na osnovu tih podataka mogao bi se ustanoviti potreban broj vozila za transport medicinskog i kliničkog otpada.

Vozila za transport ove vrste otpada moraju biti propisano obeležena. Potrebno je označiti vozilo sa listicama opasnosti klase 6. Vozila za transport opasnih materija moraju posedovati narandžastu tablu sa prednje i zadnje strane. Tek po označavanju vozila, može se započeti transport pod uslovom da su svi ostali kriterijumi zadovoljeni. Propisana dokumentacija za transport prati otpad od trenutka preuzimanja pa do predaje primaocu. Savetnik za bezbednost u transportu opasnog tereta dužan je da pripremi propisanu dokumentaciju i da uputi vozače kako i na koji način postupati sa opasnom materijom. Edukacija i osposobljavanje zaposlenih u ovoj vrsti posla mora biti kontinuirano kako bi radnici imali visok nivo posvećenosti i ozbiljnosti u poslu koji obavljaju.

Zakonske regulative znatno otežavaju organizaciju transporta medicinskog i kliničkog otpada. Postojeći pravilnici koji su na snazi već poslednjih 10. god. daju osnovna upustva, bez detaljnih smernica oko organizacije transporta. Nedostatak se javlja kod zakonskih regulativa i nadležnosti ministarstava. Nadležnost o medicinskom i kliničkom otpadu pripada sledećim ministarstvima: Ministarstvu zdravlja, Ministarstvu zaštite životne sredine, Ministarstvu poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede i Ministarstvu građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture. U cilju kvalitetnije organizacije transporta i upravljanja medicinskim i kliničkim otpadom neophodno je potpuno regulisanje ove oblasti u zakosnke okvire i iste uskladiti sa evropskim regulatima.

ZAHVALNICA

Autori potrđuju da ovaj rad predstavlja rezultat istraživanja u okviru projekta TR 36030 koji je finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije.

6. LITERATURA

Direktiva EU 2008/98/EZ o otpadu.

Evropski sporazum o međunarodnom prevozu opasnih materija u drumskom saobraćaju – ADR, Službeni glasnik RS – Međunarodni ugovori, br. 2/10 i 14/13.

http://rasejanje.eu . 25.08.2017.

http://www.batut.org.rs. 12.08.2017.

Knežević, S., Matić, B. (2014). *Izveštaj o praćenju procesa upravljanja infektivnim medicinskim otpadom državnih zdravstvenih ustanova Republici Srbiji za 2013. godinu,* Institut za javno zdravlje Srbije „dr Milan Jovanović Batut".

Ožegović B. (2017) Diplomski rad: *Organizacija transporta medicinskog i kliničkog otpada*, FTN, Novi Sad.

Pravilnik o upravljanju medicinskim otpadom, Sl. glasnik RS, br. 78/2010, Beograd.

Sremac S., Tanackov I., Ožegović B., Ziramov N., Analiza zakona o transportu opasne robe, Ecologica, Vol. 24, br. 87, Naučno-stručno društvo za zaštitu životne sredine Srbije, ISSN 0354-3285, str. 776-780, 2017. (M51)

Tanackov, I., Tepić, G., Janković, Z. (2012). *Pouzdanost transporta u sistemu opasnih materija i osnovne raspodele rizika,* stručni skup: Transport opasnog tereta, Novi Sad.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

SUPPLIER SELECTION IN FURNITURE PRODUCTION COMPANY USING ROUGH AHP AND ROUGH TOPSIS*

Željko Stević[a], Ibrahim Badi[b], Ilija Tanackov[c], Goran Miličić[d]
[a]*University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering,Vojvode Mišića 52Doboj,74000, Bosnia and Herzegovina, zeljkostevic88@yahoo.com*
[b]*Misurata University, Faculty of Engineering, Misurata, Libya, i.badi@eng.misuratau.edu.ly*
[c]*University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6 Novi Sad, Serbia, ilijat@uns.ac.rs*
[d] *Austral Interiors Sydney, Unit 5, 17 Green St Banksmeadow NSW 2019, Australia,mrgoranmil@gmail.com*

***Abstract**: The success of the entire supply chain largely depends on the selection of suppliers. This process is one of the most important factors and it has a direct impact on the organizations performance. The aim of this paper is to evaluate different suppliers of furniture production company using methods of multi-criteria decision making. Most of the methods that are used in the suppliers selection fieldare AHP method (Analytic Hierarchy Process) and TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) method. In this research AHP based on rough numbers is presented to determine each evaluation criterion weight. Then a TOPSIS based on rough numbers is proposed to evaluate the alternatives. Stability of the obtained results was checked through sensitivity analysis, which shows that the obtained results are very stable, because of using three different combinations of methods (Rough AHP - Rough TOPSIS, Fuzzy AHP - Fuzzy TOPSIS, Fuzzy AHP - TOPSIS), identical results are obtained from the aspect of supplier ranking.*

***Keywords:** Supplier selection, rough AHP, rough TOPSIS*

1. INTRODUCTION

Supplier selection in a supply chainis a critical strategic decision for company's success and has attracted much attention of both academic scholars and decision makers.The question arises as to how to maintain a competitive position especially if we consider constant changes that market is exposed to and which has more and more strict requests. According to Stević (2017b) this is possible to be accomplished if adequate production is achieved, which means as lower price of product as possible, as better quality as possible, high accuracy of delivery to the end users, as well as cooperation that is realized with both, buyers and suppliers.In this researsh five different suppliers were evaulated based on nine criteria using AHP and TOPSIS methods based on rough numbers. There are few publications in literature used applications of MCDM methods based on rough numbers in the field of supplier's selection.

Authors in paper (Song et. al., 2014) used a rough TOPSIS approach for failure mode and effects analysis in uncertain environments. Combination of rough AHP and MABAC (Pamučar and Ćirović, 2015) are proposed in (Roy et. al., 2016) for selection of medical tourism sites. Combination of interval rough AHP and GIS is proposed for flood hazard mapping (Gigović et. al., 2017). Rough AHP and rough TOPSIS approach is also used in Song et. al., 2013).

* ***Original scientific paper***

The paper is structured into five sections. After introduction in first section, section two shows the methods ie. operations with rough numbers, basic items of rough AHP and rough TOPSIS. Section three describes the main part of this paper: practical example and show results. Section four discusses the results with sensitivity analysis. Section five sets out the conclusions.

2. METHODS

2.1. Operations with rough numbers

In rough set theory, any misty idea can be represented as a couple of exact concepts based on the lower and upper approximations.This is shown in Figure 1.

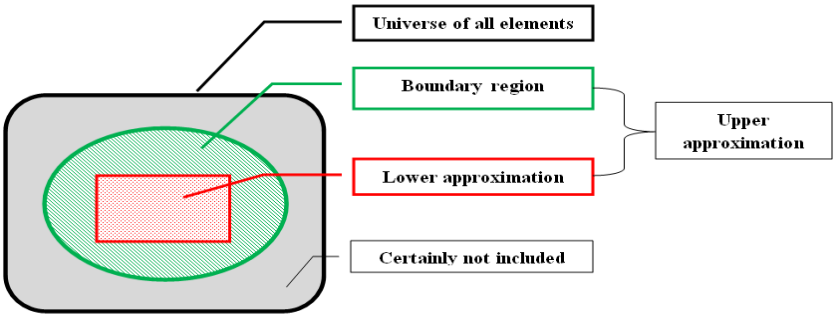


Figure 1. Elementary concept of rough set theory

Suppose U is the universe that consist all the objects, Y is an arbitrary object of U, R is a set of t classes (G_1;G_2; ... ;G_t) which include all the objects in U, R (G_1;G_2; ... ;G_t). If these classes are ordered as $G_1<G_2<...<G_t$, then $\forall Y \in U, G_q \in R, 1 \leq q \leq t$the lower approximation ($\underline{Apr}(G_q)$), upper approximation ($\overline{Apr}(G_q)$) and boundary region ($Bnd(G_q)$) of class G_q are according (Zhu et. al., 2015) defined as:

$$\underline{Apr}(G_q) = \cup \{Y \in U/R(Y) \leq G_q\} \quad (1)$$

$$\overline{Apr}(G_q) = \cup \{Y \in U/R(Y) \geq G_q\} \quad (2)$$

$$Bnd(G_q) = \cup \{Y \in U/R(Y) \neq G_q\} = \{Y \in U/R(Y) \geq G_q\} = \cup \{Y \in U/R(Y) \leq G_q\} \quad (3)$$

Then G_q c can be shown as rough number ($RN(G_q)$), whichis determined by its corresponding lower limit ($\underline{Lim}(G_q)$)and upperlimit($\overline{Lim}(G_q)$), where:

$$\underline{Lim}(G_q) = \frac{1}{M_L} \sum R(Y) | Y \in \underline{Apr}(G_q) \quad (4)$$

$$\overline{Lim}(G_q) = \frac{1}{M_U} \sum R(Y) | Y \in (\overline{Apr}(G_q) \quad (5)$$

$$RN(G_q) = [\underline{Lim}(G_q), \overline{Lim}(G_q)] \quad (6)$$

where M_L,M_U are the numbers of objects that consist in $\underline{Apr}(G_q)$ and $\overline{Apr}(G_q)$, respectively.

Difference between them is expressed as rough boundary interval ($IRBnd(G_q)$):

$$IRBnd(G_q) = \overline{Lim}(G_q) - \underline{Lim}(G_q) \quad (7)$$

Operation for two rough number $RN(\alpha) = \left[\underline{Lim}(\alpha), \overline{Lim}(\alpha)\right]$ and $RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\beta)\right]$ according (Zhai et. al., 2009) are:

Addition (+) of two rough numbers $R(\alpha)$ and $RN(\beta)$

$$RN(\alpha) + RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\alpha) + \underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha) + \overline{Lim}(\beta)\right] \quad (8)$$

Subtraction (-) of two rough numbers $R(\alpha)$ and $RN(\beta)$

$$RN(\alpha) - RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\alpha) - \overline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha) - \underline{Lim}(\beta)\right] \quad (9)$$

Multiplication (×) of two rough numbers $R(\alpha)$ and $RN(\beta)$

$$RN(\alpha) \times RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\alpha) \times \underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha) \times \overline{Lim}(\beta)\right] \quad (10)$$

Division (÷) of two rough numbers $R(a)$ and $RN(b)$

$$RN(\alpha) \div RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\alpha) \div \overline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha) \div \underline{Lim}(\beta)\right] \quad (11)$$

Scalar multiplication of rough number $R(\alpha)$, where μ is a nonzero constant

$$\mu \times RN(\alpha) = \left[\underline{\mu \times Lim}(\alpha), \mu \times \overline{Lim}(\alpha)\right] \quad (12)$$

2.2. Rough Analytic Hierarchy Process

Rough AHP consists ofthe following steps (Zhai et. al., 2009):

1: Identify the goal of research, after that criteria and at end potential solutions. In this step forming a hierarchical structure is needed like in conventional AHP.

2: Forming a group of pair-wise comparison matrices which of the e_{th}expert is expressed as:

$$B_e = \begin{bmatrix} 1 & x_{12}^e & \cdots & x_{1m}^e \\ x_{21}^e & 1 & \cdots & x_{2m}^e \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1}^e & x_{m2}^e & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

where $x_{gh}^e (1 \le g \le m, 1 \le h \le m, 1 \le e \le s)$ is the relative importance of criterion *g* on criterion *h* given by expert *e*, *m* represent the number of criteria, while *s* represent the number of DM.

Determine the max. eigenvalue $\lambda_{max}^e$of B_e, then compute $CI = (\lambda_{max}^e - n)/(n-1)$.

Determine the consistency index (*RI*) according to *n*. Compute the consistency ratio *CR=CI/RI*.

After that group comparison matrix $\tilde{B}$is expressed as:

$$\tilde{B} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{x}_{12}^e & \cdots & \tilde{x}_{1m}^e \\ \tilde{x}_{21}^e & 1 & \cdots & \tilde{x}_{2m}^e \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1}^e & \tilde{x}_{m2}^e & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

where $\tilde{x}_{gh}\{x_{gh}^1, x_{gh}^2, \ldots, x_{gh}^s\}$, $\tilde{x}_{gh}$ is the sequence of relative importances of criterion g on criterion h.

3: Forming a rough comparison matrix.

All the elements x_{gh}^e in $\tilde{B}$ must be translate into rough number $RN(x_{gh}^e)$ using Equations (1) - (6):

$$RN(x_{gh}^e) = [x_{gh}^{eL}, x_{gh}^{eU}] \tag{15}$$

where x_{gh}^{eL} is the lower limit of $RN(x_{gh}^e)$ while x_{gh}^{eU} is the upper limit.

Then the rough sequence $RN(\tilde{x}_{gh})$ is represented as:

$$RN(\tilde{x}_{gh}) = \{[x_{gh}^{1L}, x_{gh}^{1U}], [x_{gh}^{2L}, x_{gh}^{2U}], \ldots, [x_{gh}^{sL}, x_{gh}^{sU}]\} \tag{16}$$

After that it is converted into an average rough number $RN(x_{gh})$ by Equations (8) - (12):

$$RN(x_{gh}) = [x_{gh}^L, x_{gh}^U] \tag{17}$$

$$x_{gh}^L = \frac{x_{gh}^{1L} + x_{gh}^{2L} + \cdots + x_{gh}^{sL}}{s} \tag{18}$$

$$x_{gh}^U = \frac{x_{gh}^{1U} + x_{gh}^{2U} + \cdots + x_{gh}^{sU}}{s} \tag{19}$$

where x_{gh}^L is the lower limit of $RN(x_{gh})$ and x_{gh}^U is the upper limit.

Then the rough comparison matrix M is expressed as:

$$M = \begin{bmatrix} [1,1] & [x_{12}^L, x_{12}^U] & \cdots & [x_{1m}^L, x_{1m}^U] \\ [x_{21}^L, x_{21}^U] & [1,1] & \cdots & [x_{2m}^L, x_{2m}^U] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [x_{m1}^L, x_{m1}^U] & [x_{m2}^L, x_{m2}^U] & \cdots & [1,1] \end{bmatrix} \tag{20}$$

4: Determination the rough weight *wg* of each criterion:

$$w_g = \left[\sqrt[m]{\prod_{h=1}^m x_{gh}^L}, \sqrt[m]{\prod_{h=1}^m x_{gh}^U}\right] \tag{21}$$

$$w_g' = w_g / \max(w_g^U) \tag{22}$$

where w_g' is the weights of criteria in normalization form.

2.3. Rough TOPSIS

Rough TOPSIS consists of five steps: (Song et. al., 2014)

Step 1: Formation of crisp evaluation matrix

A_i(i=1,2...,m) to be evaluated against criteria C_j(j=1,2...,n). The selected experts use conventional scores (1,2,3,. . .,10) to evaluate the ratings with respect to criteria C_j(j=1,2...,n) Assuming that team has *l* experts making decisions, can be considered as a multi-criteria decision-making problem and expressed in the form of evaluation matrix D as follows:

$$D = \begin{bmatrix} x_{11}^k & x_{12}^k & \cdots & x_{1m}^k \\ x_{21}^k & x_{22}^k & \cdots & x_{2m}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1}^k & x_{m2}^k & \cdots & x_{mm}^k \end{bmatrix} \quad (23)$$

Where k=1,2,...,l, and x^k_{ij} (i=1,..,m) is the rating of the k^{th} expert for the i^{th} with respect to the criterion j.

Step 2: Convert the crisp element x^k_{ij} in group decision matrixe $\widetilde{D}$ into rough number form to obtain rough group decision-making matrix R. Rough number form RN (x^k_{ij}) of x^k_{ij} can be obtained with equations (1)-(6). In fact procedure of calculation in this step is same like procedure in step three of rough AHP method.

Step 3: Determine weighted normalized decision matrix in rough number form. To transform the various criteria scales into a comparable scale, the normalization method is conducted as follows:

$$x_{ij}^{'L} = \frac{x_{ij}^L}{\max_{i=1}^{m}\{max[x_{ij}^L, x_{ij}^U]\}}, x_{ij}^{'U} = \frac{x_{ij}^U}{\max_{i=1}^{m}\{max[x_{ij}^L, x_{ij}^U]\}} \quad (24)$$

$[x_{ij}^{'L}, x_{ij}^{'U}]$ represents the lower and upper limits of normalized form of interval $[x_{ij}^L, x_{ij}^U]$

The normalization method mentioned above isto preserve the property that the ranges of normalized interval numbers belong to [0, 1]. Then, calculate the weighted normalized rough matrix as follows.

$$v_{ij}^L = w_J^L \times x_{ij}^{'L}, i = 1,2, \dots m, j \quad (25)$$

$$v_{ij}^U = w_J^U \times x_{ij}^{'U}, i = 1,2, \dots m, j \quad (26)$$

where w_j^L and w_j^U represent the lower and upper limits of criteria weight in the rough number form, respectively.

Step 4: Then, Positive Ideal Solution (PIS) and Negative Ideal Solution (NIS) can be identified as:

$$v^+(j) = \left\{ \max_{i=1}^{m}(v_{ij}^U), if j \in B;\ \min_{i=1}^{m}(v_{ij}^L), if j \in C \right\} \quad (27)$$

$$v^-(j) = \left\{ \min_{i=1}^{m}(v_{ij}^L), if j \in B;\ \max_{i=1}^{m}(v_{ij}^U), if j \in C \right\} \quad (28)$$

where v+(j) and v-(j) are PIS and NIS value with respect to criterion j. B and C are associated with benefit criterion and cost criterion, respectively.

Step 5: The separation of each alternative from the PIS, using the n-dimensional Euclidean distance, can be currently calculated as

$$d_i^+ = \left\{ \sum_{j \in B}(v_{ij}^L - v^+(j))^2 + \sum_{j \in C}(v_{ij}^U - v^+(j))^2 \right\}^{1/2} i = 1,2, \dots m, \quad (29)$$

Similarly, the separation from the NIS can be calculated as

$$d_i^- = \left\{\sum_{j\in B}\left(v_{ij}^U - v^-(j)\right)^2 + \sum_{j\in C}\left(v_{ij}^L - v^-(j)\right)^2\right\}^{1/2}_{i=1} \quad i = 1,2,\dots m \tag{30}$$

The closeness coefficient with respect to criterion is defined as:

$$CC_I = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}, i = 1,2,\dots m \tag{31}$$

3. RESULTS

Supplier evaluation was performed in the company which deals with the furniture production based on following criteria: quality of material, price of material, certification of products, delivery time, reputation, volume discounts, warranty period, reliability and method of payment. Explanation for application of this criteria can find in (Stević, 2017a). Second and fourth criteriion are cost criteria, while others are benefit.

First is shown individual judgments of decision makers with consistency ratio for each matrix. After that a group of pairwise comparison matrices was conducted. Below is shown the individual pair-wise comparison matrices for all three DM:

$$DM_1\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 3 & 1 & 4 & 7 & 4 & 5 & 7 \\ 3 & 1 & 4 & 3 & 4 & 9 & 5 & 7 & 9 \\ 1/3 & 1/4 & 1 & 1 & 1/3 & 5 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 1/3 & 1 & 1 & 1 & 5 & 4 & 4 & 5 \\ 1/4 & 1/4 & 3 & 1 & 1 & 7 & 5 & 7 & 7 \\ 1/7 & 1/9 & 1/5 & 1/5 & 1/7 & 1 & 1/4 & 1/3 & 1 \\ 1/4 & 1/5 & 1/3 & 1/4 & 1/5 & 4 & 1 & 4 & 4 \\ 1/5 & 1/7 & 1/4 & 1/4 & 1/7 & 3 & 1/4 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/9 & 1/5 & 1/5 & 1/7 & 1 & 1/4 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}, CR = 0{,}074$$

$$DM_2\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 3 & 3 & 1 & 7 & 5 & 9 & 5 \\ 3 & 1 & 4 & 4 & 3 & 7 & 7 & 9 & 7 \\ 1/3 & 1/4 & 1 & 1/3 & 1/4 & 4 & 3 & 3 & 4 \\ 1/3 & 1/4 & 3 & 1 & 1/3 & 5 & 4 & 4 & 5 \\ 1 & 1/3 & 4 & 3 & 1 & 5 & 4 & 5 & 5 \\ 1/7 & 1/7 & 1/4 & 1/5 & 1/5 & 1 & 1/4 & 1/3 & 1 \\ 1/5 & 1/7 & 1/3 & 1/4 & 1/4 & 4 & 1 & 3 & 4 \\ 1/9 & 1/9 & 1/3 & 1/4 & 1/5 & 3 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/7 & 1/4 & 1/5 & 1/5 & 1 & 1/4 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}, CR = 0{,}076$$

$$DM_3\begin{bmatrix} 1 & 1 & 5 & 5 & 3 & 9 & 5 & 7 & 9 \\ 1 & 1 & 5 & 5 & 3 & 9 & 5 & 7 & 9 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1/3 & 1/4 & 5 & 3 & 4 & 5 \\ 1/5 & 1/5 & 3 & 1 & 1/3 & 5 & 3 & 4 & 5 \\ 1/3 & 1/3 & 4 & 3 & 1 & 7 & 4 & 4 & 7 \\ 1/9 & 1/9 & 1/5 & 1/5 & 1/7 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1 \\ 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1/4 & 5 & 1 & 3 & 5 \\ 1/7 & 1/7 & 1/4 & 1/4 & 1/4 & 3 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/9 & 1/9 & 1/5 & 1/5 & 1/7 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}, CR = 0{,}073$$

Obviously *CRe*<0,1 (e=1,2,3), all the comparison are satisfactory. Then the group comparison matrix $\tilde{E}$ formed by using equation (13).

$$\tilde{E}\begin{bmatrix}
1,1,1 & \frac{1}{3},\frac{1}{3},1 & 3,3,5 & 1,3,5 & 4,1,3 & 7,7,9 & 4,5,5 & 5,9,7 & 7,5,9\\
3,3,1 & 1,1,1 & 4,4,5 & 3,4,5 & 4,3,3 & 9,7,9 & 5,7,5 & 7,9,7 & 9,7,9\\
\frac{1}{3},\frac{1}{3},\frac{1}{5} & \frac{1}{4},\frac{1}{4},\frac{1}{5} & 1,1,1 & \frac{1}{3},\frac{1}{3},1 & \frac{1}{3},\frac{1}{4},\frac{1}{4} & 5,4,5 & 3,3,3 & 4,3,4 & 5,4,5\\
1,\frac{1}{3},\frac{1}{5} & \frac{1}{3},\frac{1}{4},\frac{1}{5} & 1,3,3 & 1,1,1 & 1,\frac{1}{3},\frac{1}{3} & 5,5,5 & 4,4,3 & 4,4,4 & 5,5,5\\
\frac{1}{4},1,\frac{1}{3}, & \frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{3} & 3,4,4 & 1,3,3 & 1,1,1 & 7,5,7 & 5,4,4 & 7,5,4 & 7,5,7\\
\frac{1}{7},\frac{1}{7},\frac{1}{9} & \frac{1}{9},\frac{1}{7},\frac{1}{9} & \frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{5} & \frac{1}{5},\frac{1}{5},\frac{1}{5} & \frac{1}{7},\frac{1}{5},\frac{1}{7} & 1,1,1 & \frac{1}{4},\frac{1}{4},\frac{1}{5} & \frac{1}{3},\frac{1}{3},\frac{1}{3} & 1,1,1\\
\frac{1}{4},\frac{1}{5},\frac{1}{5} & \frac{1}{5},\frac{1}{7},\frac{1}{5} & \frac{1}{3},\frac{1}{3},\frac{1}{3}, & \frac{1}{4},\frac{1}{4},\frac{1}{3} & \frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{4} & 4,4,5 & 1,1,1 & 4,3,3 & 4,4,5\\
\frac{1}{5},\frac{1}{9},\frac{1}{7} & \frac{1}{7},\frac{1}{7},\frac{1}{9} & \frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{4} & \frac{1}{4},\frac{1}{4},\frac{1}{4} & \frac{1}{7},\frac{1}{5},\frac{1}{4} & 3,3,3 & \frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{3} & 1,1,1 & 3,3,3\\
\frac{1}{7},\frac{1}{5},\frac{1}{9} & \frac{1}{9},\frac{1}{7},\frac{1}{9} & \frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{5} & \frac{1}{5},\frac{1}{5},\frac{1}{5} & \frac{1}{7},\frac{1}{5},\frac{1}{7} & 1,1,1 & \frac{1}{4},\frac{1}{4},\frac{1}{5} & \frac{1}{3},\frac{1}{3},\frac{1}{3} & 1,1,1
\end{bmatrix}$$

To obtain a matrix M, it is necessary to perform calculations using the equations in the third step. An example calculation of the element of the matrix M is the following.

$$\tilde{x}_{19} = \{7,5,9\}$$

$\underline{Lim}(5) = 5, \quad \overline{Lim}(5) = \frac{1}{3}(5+7+9) = 7;\ \underline{Lim}(7) = \frac{1}{2}(5+7) = 6, \quad \overline{Lim}(7) = \frac{1}{2}(7+9) = 8;\ \underline{Lim}(9) = \frac{1}{3}(5+7+9) = 7, \quad \overline{Lim}(9) = 9$

$$RN(x_{19}^1) = RN(7) = [6;8]\,; RN(x_{19}^2) = RN(5) = [5;7]; RN(x_{19}^3) = RN(9) = [7;9]$$

According to Equations (17) - (19)

$$x_{19}^L = \frac{x_{19}^1 + x_{19}^2 + x_{19}^s}{S} = \frac{6+5+7}{3} = 6; \quad x_{19}^U = \frac{x_{19}^1 + x_{19}^2 + x_{19}^s}{S} = \frac{8+7+9}{3} = 8$$

Thus the rough sequence $\tilde{x}_{19}$ in $\tilde{E}$ is converted into a rough number $RN(x_{19}) = [6;8]$.

After calculating all elements of previous matrix, the rough comparison matrix is formed as follows:

$$M = \begin{bmatrix}
[1;1] & [0.44;0.78] & [3.22;4.11] & [2;4] & [1.89;3.89] & [7.33;8.33] & [7.33;8.33] & [7.33;8.33] & [7.33;8.33]\\
[1.89;2.78] & [1;1] & [4.11;4.56] & [3.5;4.5] & [3.11;3.56] & [7.89;8.78] & [5.22;6.11] & [7.33;8.33] & [7.89;8.78]\\
[0.26;0.32] & [0.22;0.24] & [1;1] & [0.44;0.78] & [0.26;0.30] & [4.45;4.89] & [3;3] & [3.45;3.89] & [4.45;4.89]\\
[0.33;0.73] & [0.23;0.29] & [1.89;2.78] & [1;1] & [0.44;0.78] & [5;5] & [3.45;3.89] & [4;4] & [5;5]\\
[0.36;0.73] & [0.28;0.31] & [3.45;3.89] & [1.89;2.78] & [1;1] & [5.89;6.78] & [4.11;4.55] & [4.61;6.11] & [5.89;6.78]\\
[0.12;0.14] & [0.12;0.13] & [0.21;0.23] & [0.2;0.2] & [0.15;0.17] & [1;1] & [0.22;0.24] & [0.33;0.33] & [1;1]\\
[0.21;0.23] & [0.17;0.19] & [0.33;0.33] & [0.26;0.30] & [0.22;0.24] & [4.11;4.55] & [1;1] & [3.11;3.55] & [4.11;4.55]\\
[0.13;0.17] & [0.12;0.14] & [0.26;0.30] & [0.25;0.25] & [0.17;0.23] & [3;3] & [0.28;0.31] & [1;1] & [3;3]\\
[0.13;0.17] & [0.12;0.13] & [0.21;0.23] & [0.2;0.2] & [0.15;0.17] & [1;1] & [0.22;0.24] & [0.33;0.33] & [1;1]
\end{bmatrix}$$

Determination rough weights is performed using Equations (21) and (22).

$$w = \begin{Bmatrix}[2.65;3.70]; [3.88;4.52]; [1.03;1.20]; [1.41;1.78]; [1.96;2.45]; [0.27;0.28];\\ [0.69;0.75]; [0.27;0.28]; [0.27;0.28]\end{Bmatrix}$$

$$w' = \begin{Bmatrix}[0.58;0.82]; [0.86;1.00]; [0.23;0.26]; [0.31;0.39]; [0.43;0.54]; [0.06;0.06];\\ [0.15;0.17]; [0.09;0.10]; [0.06;0.06]\end{Bmatrix}$$

Obtained values for all criteria is shown in Figure 2.

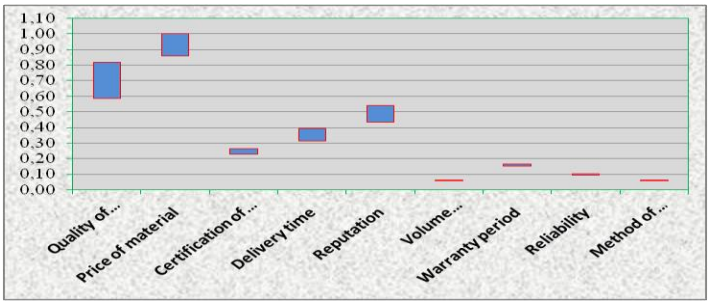


Figure 2. Values of all criteria in rough numbers

After obtaining the weighted values of the criteria for supplier evaluation, rough TOPSIS is applied.The process of converting individual matrices into a group is identical to that of a rough AHP method and is shown in Table 1.

Table 1. The group comparison matrix

	C_1		C_2		C_3		C_4		C_5	
Supplier 1	3.45	3.89	4.00	4.00	5.11	5.55	3.22	4.11	6.11	6.55
Supplier 2	5.22	5.78	3.45	3.89	5.22	5.78	3.11	3.55	6.22	6.78
Supplier 3	4.00	4.00	4.45	4.89	5.11	5.55	6.11	6.55	4.00	4.00
Supplier 4	3.45	3.89	5.55	5.89	3.22	4.11	6.22	6.78	5.11	5.55
Supplier 5	3.11	3.55	3.45	3.89	5.22	5.79	3.45	3.89	5.11	5.55
	C_6		C_7		C_8		C_9			
Supplier 1	4.89	6.39	4.00	4.00	6.22	6.78	3.45	3.89		
Supplier 2	4,45	4.89	5.11	5.55	6.00	6.00	7.00	7.00		
Supplier 3	3.00	3.00	5.00	5.00	3.11	3.55	5.22	5.78		
Supplier 4	3.45	3.89	3.45	3.89	5.00	5.00	4.22	5.11		
Supplier 5	5.11	5.55	4.11	4.55	5.11	5.55	4.45	4.89		

Applying equations (24) - (26) is obtain a weighted normalized matrix shown in Table 2. Applying the equations (27) and (28), the PIS and NIS are also determined and shown in Table 2.

Table 2.The weighted normalizedrough matrix with PIS and NIS

	C_1		C_2		C_3		C_4		C_5	
Supplier 1	0.35	0.55	0.58	0.68	0.20	0.25	0.15	0.24	0.39	0.52
Supplier 2	0.53	0.82	0.50	0.66	0.21	0.26	0.14	0.21	0.40	0.54
Supplier 3	0.40	0.57	0.65	0.83	0.20	0.25	0.28	0.38	0.26	0.32
Supplier 4	0.35	0.55	0.81	1.00	0.13	0.19	0.29	0.39	0.33	0.44
Supplier 5	0.31	0.50	0.50	0.66	0.21	0.26	0.16	0.23	0.33	0.44
PIS	**0.82**		**0.50**		**0.26**		**0.14**		**0.54**	
NIS	**0.31**		**1.00**		**0.13**		**0.39**		**0.26**	
	C_6		C_7		C_8		C_9			
Supplier 1	0.04	0.06	0.11	0.12	0.09	0.10	0.03	0.04		
Supplier 2	0.04	0.05	0.14	0.17	0.08	0.09	0.06	0.06		
Supplier 3	0.03	0.03	0.14	0.15	0.04	0.05	0.04	0.05		
Supplier 4	0.03	0.04	0.09	0.12	0.07	0.08	0.04	0.05		
Supplier 5	0.05	0.05	0.11	0.14	0.07	0.09	0.04	0.04		
PIS	**0.06**		**0.17**		**0.10**		**0.06**			
NIS	**0.03**		**0.09**		**0.04**		**0.04**			

Applying the last fifth step, the final results presented in Table 3 are obtained.

Table 3. Closeness coefficient of alternatives and their ranking

	d_i^*	d_i^-	$CC_i=\frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}$	Rank
S_1	0.54	0.62	0.534	2
S_2	0.37	0.82	0.688	1
S_3	0.65	0.47	0.420	4
S_4	0.78	0.38	0.328	5
S_5	0.58	0.63	0.519	3

After obtaining the results, the supplier two represents the most acceptable solution.

4. DICUSSION

In order for each obtained result to represent valid values that can be implemented in a real system, it is necessary to check the stability of the final resultsIn this paper, a sensitivity analysis was performed, that consists of the application of the fuzzy AHP method (Chang 1996) to determine the weight of the criteria and TOPSIS (Hwang and Yoon, 1981) ie fuzzy TOPSIS method (Chen, 2000) for ranking alternatives. Figure 3 shows the sensitivity analysis which implies the values of the last step of the TOPSIS method in all forms.

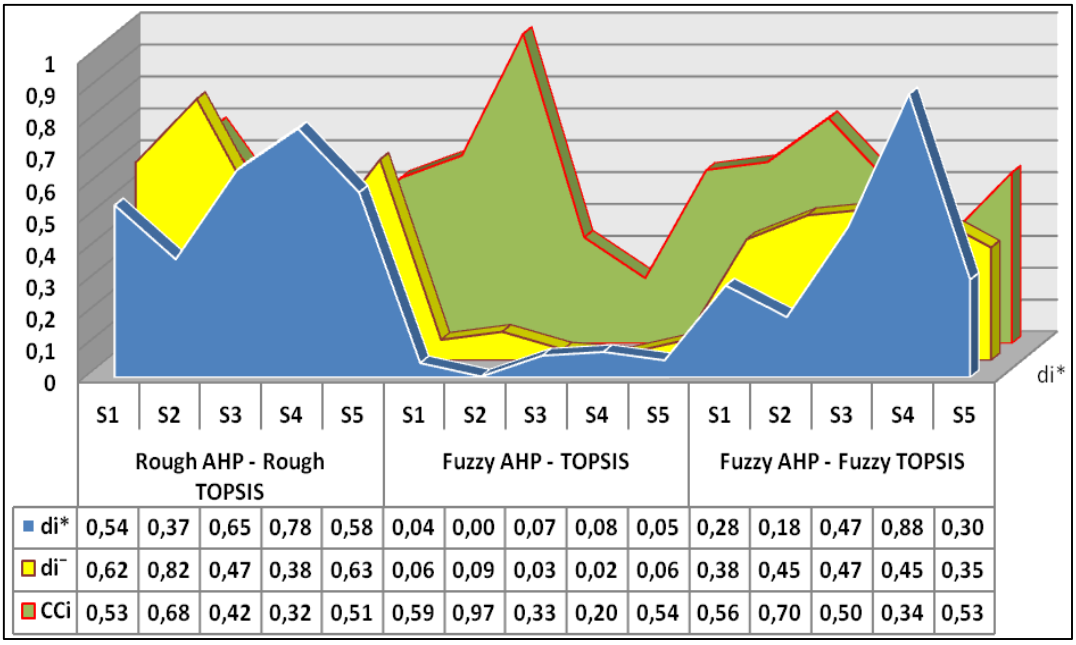


Figure 3. Results of sensitivity analysis

Figure 3 shows that the obtained results are very stable, because using three different combinations of methods, identical results are obtained from the aspect of supplier ranking.In the conventional TOPSIS form, CCi of best supplier is the closest to the ideal solution, ie 1.However, if the other two forms are fuzzy and rough, then it can be noted that the CCi values are much less and more realistic.

In the MCDM processes, the use of fuzzy or rough forms of these methods is recommended, because in much better way they treat the uncertainties that are an integral part of each decision.A very suitable tool for the treatment of uncertainty without the impact of subjectivism is rough set theory, which was first introduced in (Pawlak, 1982).

5. CONCLUSION

The research presented in this paper is part of a larger research conducted in the supply chain of manufacturing companies. Based on the model that includes nine criteria, the valuation of the suppliers in the furniture manufacturing company was carried out. Combined rough AHP and rough TOPSIS method is used to obtain the supplier's rank. Based on the obtained results and the sensitivity analysis carried out, it can be concluded that the supplier two represents the best solution. Rough set theory represent not enough researched field, but slowly increasing number of publications with rough set theory, so in next period is expected popularization of this field.

6. REFERENCES

Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP.*European journal of operational research*, 95(3), 649-655.

Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy sets and systems*, 114(1), 1-9.

Gigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z., & Drobnjak, S. (2017). Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas.*Water*, *9*(6), 360.

Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems: Multiple Attribute Decision Making: Methods and Appllication. *Springer Verlag*.

Pamučar, D., & Ćirović, G. (2015). The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). *Expert Systems with Applications*, *42*(6), 3016-3028.

Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Parallel Programming*,*11*(5), 341-356.

Roy, J., Chatterjee, K., Bandhopadhyay, A., & Kar, S. (2016). Evaluation and selection of Medical Tourism sites: A rough AHP based MABAC approach.*arXiv preprint arXiv:1606.08962*.

Song, W., Ming, X., & Wu, Z. (2013). An integrated rough number-based approach to design concept evaluation under subjective environments. *Journal of Engineering Design*, *24*(5), 320-341.

Song, W., Ming, X., Wu, Z., & Zhu, B. (2014). A rough TOPSIS approach for failure mode and effects analysis in uncertain environments. *Quality and Reliability Engineering International*, *30*(4), 473-486.

Stević, Ž., (2017a). Criteria for supplier selection: A literature review, *International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications*, 19(1), December 2016-February 2017, pp. 23-27

Stević, Ž., (2017b). Modeling performance of logistics subsystems using fuzzy approach. *Transport & Logistics: the International Journal*, 17, 42, 30-39

Zhai, L. Y., Khoo, L. P., & Zhong, Z. W. (2009). A rough set based QFD approach to the management of imprecise design information in product development. *Advanced Engineering Informatics*, *23*(2), 222-228.

Zhu, G. N., Hu, J., Qi, J., Gu, C. C., & Peng, Y. H. (2015). An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. *Advanced Engineering Informatics*, *29*(3), 408-418.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

IZBOR LOKACIJE ŽELEZNIČKO-DRUMSKOG KONTEJNERSKOG TERMINALA NA PODRUČJU SRBIJE PRIMENOM METODA VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA*

THE SELECTION OF THE RAILROAD CONTAINER TERMINAL IN SERBIA BASED ON MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS

Milan Milosavljević, Marko Bursać, Goran Tričković
Visoka železnička škola strukovnih studija, Zdravka Čelara 14, 11000 Beograd, Srbija,
mimilan89@gmail.com, markobursac1987@gmail.com, tricko86@gmail.com,

***Apstrakt**: Intermodalni transport je jedan od ključnih elemenata za održivi teretni saobraćaj na velikim i srednjim rastojanjima. Ipak, njegova efikasnost u mnogome zavisi od lokacija železničko-drumskih kontejnerskih terminala (KT). Povoljan položaj Srbije daje mogućnost za uspostavljanje velikog broja kontejnerskih vozova i može dovesti do razvijenijeg intermodalnog transportnog sistema na području celokupnog Balkana pa i šire. U ovom radu je razmatran i rešavan problem lokacije KT na području Srbije. Cilj rada je određivanje potencijalne makro lokacije KT na području Srbije, koja će biti najpogodnija za različite učesnike i interesne grupe u transportnom lancu. Izbor najpogodnije alternative je kompleksan višekriterijumski zadatak. Iz tog razloga formulisan je model višekriterijumskog odlučivanja koji se sastoji iz određenog broja alternativa i kriterijuma. Alternative predstavljaju potencijalne oblasti za lokaciju, dok su neki od kriterijuma: robni tokovi, infrastruktura, ekonomski razvoj, društvena i transportna atraktivnost i ekološka prihvatljivost. U radu su korišćene dve metode višekriterijumskog odlučivanja TOPSIS i ELECTRE. Poređenjem rezultata ove dve metode biće predstavljen odgovor na pitanje gde locirati KT. Ovo je prvi korak u određivanju lokacije kontejnerskog terminala. Sledeća faza treba da odgovor na pitanje mikro lokacije terminala. Takođe, predloženi model može se primeniti i na rešavanje ostalih lokacijskih problema u oblasti transporta.*

***Ključne reči:** Lokacijski model, kontejnerski terminal, TOPSIS, ELECTRE*

***Abstract**: Intermodal transport is one of the key elements for sustainable freight transport at large and medium distances. However, its efficiency in many cases depends on the location of the railroad container terminals (CT). The favorable position of Serbia provides the opportunity to establish a large number of container trains, and can lead to a more developed intermodal transport system in the entire Balkan and beyond. In this paper the problem of the container terminal location in Serbia has been considered and resolved. The aim of this paper is to determine the potential macro location of the CT in Serbia, which will be most suitable for different stakeholders in the transport chain. Choosing the most suitable alternative is a complex multi-criteria task. For this reason, a multi criteria decision making model has been formulated which consist of a number of alternatives and criteria. Alternatives represent potential areas for site, while some of the criteria are: cargo flows, infrastructure, economic development, social and transport attractiveness and environmental acceptability. In this paper two methods of multi criteria decision making TOPSIS and ELECTRE were used. By comparing the results of these two methods, an answer to the question where to locate CT will be presented. This is the first step in determining the location of the container terminal. The next faze should respond to the issue of micro location of terminal. Also, after certain customization model can be used in solving other categories of location problems.*

***Kev words:** Location model, container terminal, TOPSIS, ELECTRE*

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

1. UVOD

Efikasnost intermodalnog transporta u mnogome zavisi od lokacije kontejnerskih terminala. Održivost transporta na nivou Evrope, zahteva sve veću preraspodelu između različitih vidova transporta, kako bi se smanjilo zagušenje na putevima i zaštitila životna sredina i okruženje. Zato je izbor najpovoljnije lokacije železničko-drumskih terminala jedna od najbitnijih strategija za optimizaciju celokupnog transportnog lanca. Republika Srbija zbog svog povoljnog geografskog položaja, i važnih transportnih pravaca koji se nalaze na njenom prostoru poseduje veliki potencijal za razvoj intermodalnog transporta. S obzirom da na teritoriji Srbije skoro da ne postoji ovakva vrsta terminala, uz težnju ka uključivanju u mrežu Evropskih tokova robe, cilj rada je određivanje potencijalne lokacije KT.

Postoji veliki broj razvijenih metoda koje se koriste za pronalaženje najpogodnije lokacije terminala, poput klasičnih metoda za pronalaženje optimalne lokacije, definisanih kao problem p-medijane (Limbourg i Jorquin, 2009). Klose i Drexl, (2005) su obimno i detaljno prikazali različite lokacijske probleme i formulisali ih kao optimizacione probleme. Pored toga veliki broj lokacijskih problema rešava se pomoću metoda višekriterijumske analize. Za razliku od klasičnih metoda i tehnika operacionih istraživanja, ove metode ne daju "objektivno najbolja" rešenja. Ove metode se zasnivaju na matematičkim algoritmima koje su razvijene kao pomoć donosiocima odluka prilikom izbora najpogodnije varijante.

Postoji veliki broj radova koji su posvećeni ovoj problematici, kao što je određivanje lokacije logističkog centra zasnovan na ELECTRE metodi (Žak i Weglinski, 2014), određivanje logističkog centra na Crnom moru u Turskoj (Uysal i Yavuz, 2014), ELECTRE I metodi (Maroi i dr., 2017), određivanje glavnih poštanskih centara primenom TOPSIS metode (Miletić, 2007), određivanje lokacije logističkog centra na području zapadne Srbije (Tomić i dr., 2014), izbor lokacije logističkog centra zasnovan na AHP metodi (Stević i dr., 2015). U skorije vreme, za rešavanje lokacijskih problema koriste se kombinacije metoda višekriterijumske analize i fazi logike (Tadić i dr., 2015), fazi-TOPSIS metoda za izbor lokacije bolnice (Senvar i dr., 2016), fazi-AHP metoda za određivanje lokacije solarnih polja (Asakereh i dr., 2017). Pored klasičnih metoda u upotrebi su i metode poput MABAC metode za određivanje lokacije vetroelektrana u Vojvodini (Gigović i dr., 2017), COPRAS-G metode za određivanje tehnologije rada u kontejnerskom terminalu (Barysiene, 2012), hibridni fazi-AHP-MABAC model za izbor lokacije maskirnih vezova (Božanić i dr., 2016).

2. FORMULACIJA PROBLEMA

Posmatrani problem se sastoji u izboru najpogodnije lokacije/regiona na kojem će se izgraditi železničko-drumski KT. Kao potencijalne lokacije železničko-drumskog KT izabrane su sekcije železničke pruge na području Republike Srbije, kao i oblasti u kojima se ove sekcije nalaze. Ukupan broj varijanti je 11, iako je železnička mreža podeljena na 12 sekcija pruge i to: Požarevac, Lapovo, Niš, Zaječar, Kraljevo, Užice, Pančevo, Zrenjanin, Novi Sad, Subotica i Ruma. U razmatranje nije uzimana sekcija Beograd, zbog postojanja kontejnerskog terminala u Beogradu, u okviru ranžirne stanice Beograd „Makiš".

2.1. Definisanje varijanti

Za svaku varijantu, sekciju pruge pridružena je određena oblast u kojoj se sekcija nalazi, iako je granica sekcije železničke pruge drugačija u odnosu na granice regiona i oblasti prema

administrativnoj podeli. Podaci o radu sekcija na utovaru i istovaru izlaze iz administrativnih granica oblasti, dok su ostali podaci korišćeni u radu uzimani na osnovu oblasti u kojima se sekcija nalazi.

Varijanta 1 - Subotica je sekcija železničke pruge koja se nalazi na severu Srbije i administrativni je centar Severnobačke oblasti. Ukupna površina oblasti je 1784 km^2, dok je ukupan broj stanovnika 186 906. Oblast je okarakteristana kao prosečna po pitanju ekonomskog razvoja, gde godišnji BPV po glavi stanovnika iznosi 429 000 dinara. Po pitanju logističke i transportne aktivnosti nalazi se na srednjem novou, sa jednim važnim drumskim i železničkim pravcem, dok je investiciona atraktivnost velika jer se ovde nalaze dve slobodne zone Subotica i Apatin. Stopa nezaposlenosti iznosi 10,7%, ukupna količina utovarene robe i broj kola je najmanji (4599 kola - 126 277 t), dok je po pitanju istovara robe u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju na predposlednjem mestu. Kada se posmatra prevoz robe u ovoj sekciji u poslednjih pet godina primetan je drastičan pad ukupnog prevoza robe železnicom.

Varijanta 2 - Novi Sad je glavni grad Južnobačke oblasti. Ukupan broj stanovnika u ovoj oblasti je 615 371, dok je površina oblasti 4026 km^2. Ekonomski potencijal ove oblasti je veliki kada se posmatra vrednost bruto domaće vrednosti po glavi stanovnika koja iznosi 608 000 dinara, što je najveća vrednost na teritoriji cele Srbiji ne računajući Beograd. Novi Sad je grad koji ima najveći potencijal za obrazovanje mladih ljudi sa najvećim brojem visokoškolskih ustanova. Ukupan obim rada ostvaren u ovoj sekciji je 890 819 t, odnosno 23675 kola što se može okarakterisati kao srednji obim rada. Kroz Novi Sad prolazi međunarodni drumski koridor E75 i železnički koridor E85. Varijanta 2 ima stopu nezaposlenosti od 15,9%. Na području ovog regiona nalazi se i nacionalni park Fruška gora i slobodna zona Novi Sad.

Varijanta 3 - Zrenjanin sekcija koja se nalazi na severoistoku Srbije glavni je grad Srednjobanatske oblasti. Površina oblasti je 3257 km^2 a ukupan broj stanovnika je 187 667. Stopa nezaposlenosti iznosi 14,1% što ovu varijantu svrstava u sam vrh po ovom kriterijumu. Bruto domaća vrednost po glavi stanovnika je 416 000 dinara, dok je transportna i lostička konkurentnost mala jer ne postoji veliki broj privrednih subjekata. Iako je obim prevoza železnicom u blagom porastu poslednjih godina, ova sekcija je na samom začelju po pitanju utovara, dok je po pitanju istovara na poslednjem mestu sa 5644 istovarenih kola i 152 492 t robe. Transportna infrastruktura u varijanti 3 je nepovoljan i u jako lošem stanju. Postoji jedan međunarodni železnički pravac, dok državnih puteva IA reda nema. Ova oblast je ekološki povoljna.

Varijanta 4 - Pančevo je glavni grad Južnobanatske oblasti sa 293 730 stanovnika i površinom od 4246 km^2. Ekonomski potencijal ove oblasti je mali jer BDV po glavi stanovnika iznosi 384 000 dinara, uz veliku stopu nezaposlenosti od 20,9%. Varijantu 4 odlikuje loša drumska infrastruktura i povezanost sa ostalim gradovima u okruženju, jer ne postoji ni jedan državni put IA reda, dok kroz region prolaze dve međunarodne pruge. Investiciona atraktivnost je mala jer ne postoji ni jedne slobodne zone u okruženju dok je broj privrednih subjekata je veliki. Azotara, Petrohemija i Rafinerija nafte su neki od subjekata koji u kombinaciji sa lukom mogu da doprinesu pozitivno ovoj varijanti. Ukupan broj kola u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju na utovaru i istovaru je 43849 pri čemu je prevezeno 1 600 000 t robe.

Varijanta 5 - Ruma nalazi se na severoistoku zemlje, i glavni grad je grad Sremske oblasti. Površina oblasti je 3485 km^2 a ukupan broj stanovnika je 312 278. Godišnji BPV po glavi stanovnika iznosi 411 000 dinara a stopa nezaposlenosti je 18,3%. U blizini ove sekcije nalazi se slobodna zona Šabac koja povećava investicionu atraktivnost. Varijanta 5

zadovoljava ekološke kriterijume po pitanju buke i zagađenja. Industrijska atraktivnost ove varijante ogleda se u broju prevezene robe kroz region koji iznosi 1 102 168 t tokom 2016. godine, odnosno 30 398 upotrebljenih kola.

Varijanta 6 - Požarevac nalazi se u Braničevskoj oblasti čija je površina 3857 km^2, a broj stanovnika je 183 625. Ovu varijantu karakteriše mala stopa nezaposlenosti od 11% i velika industrijska atraktinost. Najveći obim rada je ostvaren upravo u ovoj sekciji i to 89 877 kola odnosno 3 154 202 t prevezene robe. Ovome je najviše doprinela železara Smederevo, odnosno stanice Radinac i Smederevo. Broj prevezene robe u poslednjih pet godina je u stalnom porastu. U blizini Smedereva prolazi autoput A1, tj. Evropski koridor E75, kao i međunarodne pruge E70 i E85.

Varijanta 7 - Zaječar nalazi se na istoku Srbije i centar je istoimene Zaječarske oblasti. Broj stanovnika je 119 967, dok je površina oblasti 3624 km^2. Bruto dodatna vrednost po glavi stanovnika je 314 000 dinara što ovu oblast svrstava na predposlednje mesto. Stopa nezaposlenosti je 18,3%, dok je veliki potencijal ove oblasti leži u malom broju logističkih i transportnih privrednih subjekata koji postoje na prostoru ove oblasti. Nedostatak je loša razvijenost transportne infrastrukture, ne postoji ni jedan državni put IA rada i samo jedna pruga. Takođe u ovoj oblasti ne postoji ni jedna slobodna zona. Industrijska atraktivnost je velika zahvaljujući pre svega rudnicima u Boru i Majdanpeku, pa je ukupan broj kola 58602 a ukupno prevezene robe 1 508 932 t.

Varijanta 8 - Lapovo je sekcija pruge koja se nalazi u centralnoj Srbiji u okviru Pomoravske oblasti. Ova oblast ima površinu od 2614 km^2 i 71 231 stanovnika. Nalazi se u blizini dva državna puta IA reda i tri međunarodna železnička pravca E70 i dra kraka pruge E85. Stopa nezaposlenosti je velikih 19% a BDV je 322 000 dinara po glavi stanovnika. Na području ovog okruga nalazi se slobodna zona Svilajnac, a broj privrednih subjekata je srednji. Broj prevene robe železnicom je 946 831 t, uz upotrebu 23562 kola.

Varijanta 9 - Niš je sekcija pruge koja pokriva južni deo zemlje i nalazi se u Nišavske oblasti. Oblast ima 376 319 stanovnika, dok je površina oblasti 2728 km^2. Ova varijanta je nepovoljna po stopi nezaposlenosti koja je najveća i iznosi 24,7%. BDV po glavi stanovnika je 348 000 dinara, a takođe ovoj oblasti gravitiraju dve slobodne zone Pirot i Vranje. Niš je povoljan i za nastavak školovanja mladima jer postoji 14 visokoškolskih ustanova. Obim utovara i istovara robe je među najmanjim i iznosi 202 385 t prilikom utovara i 499 144 t prilikom istovara. Nalazi se na preseku dva međunarodna drumska pravca i tri bitna železnička pravca.

Varijanta 10 - Kraljevo sekcija koja se nalazi u Raškoj oblasti koja ima površinu od 3923 km^2. Broj stanovnika je 309 258, dok je BDV po glavi stanovnika najmanji i iznosi 240 000 dinara. Stopa nezaposlenosti je takođe veoma viskoh 21,6%. Pogodnosti ove oblasti ogledaju se u velikim industrijskim potencijalima i centrima poput Kragujevca, kao i postojanje dve slobodne zone u Kruševcu i Kragujevcu. U njoj se nalazi i nacionalni park Kopaonik. Ukupan ostvareni prevoz robe železnicom od utovara i istovara u toku 2016. godine bio je 765 523 t. Nedostatak je loše stanje transportne infrastrukture i nedostatak autoputeva koji bi povezali ovu oblast sa oslim delovima zemlje. Pored toga železnička mreža je u jako lošem stanju uz prisustvo jedne bitnije pruge.

Varijanta 11 - Užice sekcija u zapadnoj Srbiji, centar je Zlatiborskog okruga koji ima najveću površinu 6140 km^2. Broj stanovnika je 286 549 prema popisu iz 2011. godine. Stopa nezaposlenosti je 15% a bruto domaća vrednost po glavi stanovnika je 369 000 dinara. Nivo

logističke i transportne konkurentnosti je mali pa je jako povoljna lokacija sa tog aspekta, dok sa aspekta transportne infrastrukture nije povoljna jer ne postoji ni jedan državni put IA reda, a železnička pruga Beograd - Bar je u lošem stanju. Obim utovara i istovara u ovoj sekciji u toku 2016. godine je 1 051 473 t.

2.2. Definisanje kriterijuma

K1 - dostupnost transportne infrastrukture (opisna ocena). Kriterijum je maksimizacionog tipa, i predstavlja broj državnih puteva IA reda kao i broj međunarodnih pruga koje prolaze kroz svaku oblast, odnosno sekciju železničke pruge. Kroz ovaj kriterijum se može prikazati dostupnost oblasti i transportna efikasnost za distribuciju robe. Kriterijum je maksimizacionog tipa i predstavlja u kom stanju se nalazi infrastruktura, uzimajući u obzir i vodni saobraćaj u slučaju da na prostoru neke oblasti postoji luka ili neki rečni terminal. Kriterijum je dat opisnom ocenom od 1 do 10, pri čemu je ocena 1 data za onaj region gde je najgore stanje infrastrukture a ocena 10 za onaj gde je ono najbolje.

K2 - ekonomski razvoj (hiljada din.). Kriterijum koji je maksimizacionog tipa i predstavljen je kao godišnja vrednost bruto domaće vrednosti po glavi stanovnika za svaku posmatranu oblast. Na osnovu ovog kriterijuma može se vršiti merenje ekonomskog potencijala svake oblasti, odnosno ovim se može utvrditi da li će neki investitor želeti da ulaže u posmatrani region ili ne.

K3 - investiciona atraktivnost (opisna ocena). Kriterijum je maksimizacionog tipa i predstavljen je kroz broj slobodnih zona koje se nalaze u okviru posmatranih oblasti i sekcija ili u njihovoj blizini.

K4 - nivo transportne i logističke konkurentnosti (opisna ocena). Kriterijum je opisan ocenama od 1 do 10 i prikazuje koji je udeo transportnih i logističkih kompanija kao i važnih privrednih subjekata na teritoriji oblasti u odnosu na ukupan broj ovih kompanija u Srbiji. Kriterijum je minimizacionog tipa, jer će se neki novi investitor pre opredeliti za oblast gde nema konkurenciju. Podaci neophodni za ovaj kriterijum dobijeni su na osnovu iskustva i razgovora sa ekspertima kako bi se ustanovilo u kojim oblastima figuriše najveći broj važnih privrednih subjekata i logističkih odnosno transportnih kompanija.

K5 - transportna i logistička atraktivnost (t). Kriterijum koji meri industrijsku atraktivnost svake oblasti (max). Predstavljen je ukupnom količinog robe koja je utovarena i istovarena, odnosno prevezena železnicom preko teritorije date oblasti, u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju. Zbog nedostataka podataka po regionima nije uziman u obzir prevoz robe drumskim vozilima. Takođe s obzirom da se obim prevezene robe železnicom u tranzitu i broj prevezenih kontejnera statistički vodi samo na nivou cele železničke mreže, ti podaci nisu relevantni pa nisu uzimani u obzir prilikom postavke ovog problema.

K6 - stopa nezaposlenosti (%). Kriterijum je minimizacionog tipa i predstavljen je procentualno koliko je stanovnika u posmatranim oblastima nezaposleno. Ovaj kriterijum je važan jer će se sa povećanjem zaposlenih ljudi, povećati i atraktivnost oblasti u svim oblastima. Ovde je takođe moguće uzeti u obzir i druge društvene parametre poput mogućnosti za obrazovanjem i razvojem karijere (broj državnih fakulteta i visokih škola po oblastima).

K7 - ekološki aspekt (opisna ocena). Ovaj kriterijum (max) definiše trenutno stanje životne sredine u svakom regionu. U razmatranje je uziman prosečan dnevni i noćni nivo buke u posmatranim centrima oblasti i broj nacionalnih parkova na području oblasti.

3. IZRADA MODELA VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE

Postojanje višekriterijumske analize znači postojanje više varijanti i kriterijuma, od kojih neke treba maksimizirati a neke minimizirati, pri čemu se odluke donose u konfliktnim uslovima uz primenu instrumenata koji su fleksibilniji od strogo matematičkih tehnika čiste optimizacije. U literaturi se može naći veliki broj metoda višekriterijumske analize. Ipak nisu sve metode podjednako teoretski i praktično zastupljene i važne.

Osnovna podela ovih metoda može se izvršti na kompenzacijske i nekompenzacijske metode. Kompenzacijske metode su metode kojima se do konačnog rešenja dolazi tolerisanjem pojedinih loših osobina neke varijante pod uslovom da su sve ostale osobine te varijante povoljne. One zapravo dozvoljavaju „trampu“ po različitim kriterijumima. Neke od ovih metoda su (Dimitrijević, 2016): Simple Additive Weighting (SAW) metoda, Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Preference Ranking Organization METhod of Enrichment Evaluation (PROMETHEE), Analytic Hierarchy Process (AHP), Elimination Et Choix Traduisant la REalite (ELECTRE). Pored ovih klasičnih metoda višekriterijumske analize, sve većom upotrebom ove oblasti razvijen su i metode poput: Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS), COmplex PRoportional Assessment (COPRAS), EVAluation of MIXed data (EVAMIX), Combinative Distance-based ASessment (CODAS), Weighted Aggregated Sum Product ASsessment (WASPAS), Multi-Attribute Border Approximation area Comparison (MABAC).

Model makrolokacije je urađen primenom dve kompenzacijske metode TOPSIS I ELECTRE, nakon čega su rezultati poređeni po metodama, i najpovoljnija varijanta je usvojena za makrolokaciju terminala na području Srbije. Ove dve metode su izabrane zbog njihove česte upotrebe prilikom rešavanja ovakvog tipa problema, jednostavnog korišćenja i lakog definisanja ulaznih parametara. Modeli su rešavani primenom Microsoft Excel softvera, odnosno njegovog dodatka za višekriterijumsku analizu koji se zove Sanna. Prilikom izrade ovog modela, vršeno je poređenje između 11 varijanti koje predstavljaju sekcije na mreži, tj. to su područne operativne službe, iz kojih se upravlja određenim delom pruge. Na prugama „Železnice Srbije“ postoji dvanaest sekcija, ali prilikom izrade modela nije korišćena sekcija Beograd, zbog toga što u u ranžiroj stanici Beograd već postoji železničko-drumski kontejnerski terminal. Kriterijumi za upoređivanje i izbor najbolje varijante opisani su u prethodnom delu a njihove vrednosti predstavljene su u tabeli 1.

Tabela 1. Vrednosti kriterijuma za posmatrane varijante

Varijante	K1	K2 (*hilj. din.*)	K3	K4	K5 (*t*)	K6 (*%*)	K7
Subotica	2	429	2	6	441268	10,7	7,00
Novi Sad	2	608	1	10	890819	15,9	4,25
Zrenjanin	1	416	1	2	386899	14,1	8,00
Pančevo	2	384	0	9	1592715	20,9	3,75
Ruma	3	411	1	1	1102168	18,3	8,00
Požarevac	2	405	1	8	3154202	11,0	6,00
Zaječar	1	316	0	7	1508932	15,5	7,50
Lapovo	5	322	1	5	946831	19,0	5,50
Niš	6	348	2	10	701979	24,7	3,25
Kraljevo	1	245	2	4	765523	21,6	6,00
Užice	1	369	1	3	1051473	15,0	4,75

Svaki od gore navedenih kriterijuma je potrebno maksimizirati, osim kriterijuma nivo transportne i logističke konkurentnosti i kriterijuma 6 stopa nezaposlenosti, što logičan zaključak jer je manja stopa nezaposlenosti povoljnija za razvoj svakog regiona.

Podaci o količini robe koja se prevozi železnicom i broju kola (K5) dobijeni su na osnovu statistika sektora za prevoz robe „Železnice Srbije“. Kriterijum 1, dostupnost transportne infrastrukture, pokriven je podacima Republičkog zavoda za statistku i knjižica reda vožnje putem kojih je utvrđen broj pruga po oblastima. Podaci republičkog zavoda za statistiku korišćeni su za kriterijume: ekonomski razvoj (K2), investiciona atraktivnost (K3) i stopa nezaposlenosti (K6). Statistčki godišnjak Republičkog zavoda za statistku i statistke lokalnih samouprava korišćeni su za dobijanje podataka o kriterijumu 7, ekološki aspekt.

Težinski koeficijenti kriterijuma definisani su putem razgovora sa ekspertima iz oblasti železničkog saobraćaja. Na osnovu odgovora eksperata, primenom Delfi metode usvojene su konačne vrednosti koeficijenata koje su prikazane u tabeli 2. Izvršene su tri iteracije, izračunate srednje vrednosti, standardna devijacija i koeficijent varijacije za svaki kriterijum, a dobijena prosečna vrednost koeficijenta varijacije iznosi 12,81%. U narednom delu biće predstavljeni modeli za lokaciju železničko-drumskog terminala primenom metode TOPSIS i ELECTRE uz prikaz dobijenih rezultata i usvajanje najpovoljnije varijante.

Tabela 2. Vrednosti kriterijuma za posmatrane varijante

Kriterijumi	K1	K2 (*hilj. din.*)	K3	K4	K5 (*t*)	K6 (*%*)	K7
Normalizovani težinski koeficijenti	0,27	0,13	0,10	0,12	0,23	0,08	0,07

3.1. Primena TOPSIS metode

TOPSIS metoda je metoda koja vrednuje varijante na osnovu njihove udaljenosti u odnosu na idealno i anti-idealno rešenje (Hwang & Yoon, 1981). Karakteristično za ovu metodu je formiranje otežane normalizovane matrice i formiranja idealnog i anti-idealnog rešenja. Takođe kod ove metode se izračunava i udaljenost svake alternative od idealnog i anti-idealnog rešenja i relativna bliskost alternative idealnom rešenju. Najbolja je varijanta koja ima najmanje rastojanje od idealnog i najveće rastojanje od anti-idealnog rešenja (Čičak, 2003). Otežana matrica kriterijuma po varijantama i kriterijumima prikazana je tabelom 3.

Tabela 3. Otežana matrica kriterijuma

Varijante	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	di+	di-	ci
Subotica	0,05692	0,04243	0,04714	0,02843	0,02258	0,03842	0,02448	0,18392	0,07634	0,29332
Novi Sad	0,05692	0,06013	0,02357	0,00000	0,04559	0,02415	0,01486	0,17721	0,06257	0,26095
Zrenjanin	0,02846	0,04114	0,02357	0,05687	0,01980	0,02909	0,02797	0,20338	0,07209	0,26171
Pančevo	0,05692	0,03798	0,00000	0,00711	0,08151	0,01043	0,01311	0,16217	0,07050	0,30300
Ruma	0,08538	0,04065	0,02357	0,06397	0,05641	0,01756	0,02797	0,14032	0,10041	0,41711
Požarevac	0,05692	0,04005	0,02357	0,01422	0,16143	0,03760	0,02098	0,12823	0,15291	0,54389
Zaječar	0,02846	0,03125	0,00000	0,02132	0,07723	0,02525	0,02623	0,17998	0,06826	0,27499
Lapovo	0,14230	0,03184	0,02357	0,03554	0,04846	0,01564	0,01923	0,12780	0,12635	0,49716
Niš	0,17076	0,03442	0,04714	0,00000	0,03593	0,00000	0,01136	0,14919	0,15112	0,50321
Kraljevo	0,02846	0,02423	0,04714	0,04265	0,03918	0,00851	0,02098	0,19463	0,06769	0,25803
Užice	0,02846	0,03649	0,02357	0,04976	0,05381	0,02662	0,01661	0,18280	0,07124	0,28042
Weights	0,27000	0,13000	0,10000	0,12000	0,23000	0,08000	0,07000			
Ideal	0,17076	0,06013	0,04714	0,06397	0,16143	0,03842	0,02797			
Basal	0,02846	0,02423	0,00000	0,00000	0,01980	0,00000	0,01136			

3.2. Primena metode ELECTRE I

Tabela početnih ulaznih vrednosti kod ELECTRE metode je ista kao i u slučaju kod TOPSIS metode. Razlika koja se ovde javlja odnosi se na način kako se dolazi do konačnog

rešenja. ELECTRE metoda sastoji se od upoređivanja parova varijanata, odnosno daje parcijalni poredak varijanti. Varijante se dele na dominantne i dominirane, i zasniva se na konceptu stvaranja relacija poretka po parovima varijanti.

Takođe kod ELECTRE metode je potrebno definisati i prag saglasnosti i nesaglasnosti koji se mogu definisati kao prosečne vrednosti svih vrednosti c_{kl} odnosno d_{kl} i računaju po sledećim formulama (1) i (2) (Dimitrijević, 2016).

$$\bar{c} = \frac{\sum_{k=1}^{m}\sum_{s=1}^{m} c_{kl}}{m(m-1)} \ \forall k \neq l \quad (1)$$

$$\bar{d} = \frac{\sum_{k=1}^{m}\sum_{s=1}^{m} d_{kl}}{m(m-1)} \ \forall k \neq l \quad (2)$$

Na osnovu vrednosti indeksa saglasnosti *ckl* koji prikazuju dominaciju varijante *Vk* u odnosu na *Vl* na bazi relativnih težina dodeljenih kriterijumima, određena je vrednost praga saglasnosti i iznosi 0,5596. Stepen u kome je *Vk* lošije od *Vl* pokazuje drugi indeks - tzv. nesaglasni indeks *dkl*. Na osnovu njega izračunat je prag nesaglasnosti i on iznosi 0,7364.

4. REZULTATI MODELA

Na osnovu prethodno definisanih ulaznih parametara kriterijuma i određivanja težinskih koeficijenata, dobijeni su rezultati obe metode, prikazani nastavku ovog poglavlja.

4.1. Rezultati dobijeni TOPSIS metodom

Primenom TOPSIS metode najpovoljnija varijanta za makrolokaciju je varijanta a_6 odnosno sekcija Požarevac. Redosled svih varijanti prikazan je u tabeli 4. Dobijeni rezultati mogu da se predstave i na sledeći način:

$$v_6 > v_9 > v_8 > v_5 > v_4 > v_1 > v_{11} > v_7 > v_3 > v_2 > v_{10} \quad (3)$$

Tabela 4. Potpuni poredak varijanti kod TOPSIS metode

Rang	Varijanta	R.U.V.
1	Požarevac	0,54389
2	Niš	0,50321
3	Lapovo	0,49716
4	Ruma	0,41711
5	Pančevo	0,30300
6	Subotica	0,29332
7	Užice	0,28042
8	Zaječar	0,27499
9	Zrenjanin	0,26171
10	Novi Sad	0,26095
11	Kraljevo	0,25803

4.2. Rezultati dobijeni metodom ELECTRE

Primenom metode ELECTRE I dobijeno je da su dve varijante efikasne odnosno da su dominantne u odnosu na sve ostale varijante. To su varijante 5 i 6, odnosno sekcije Ruma i Požarevac, dok su preostalih 9 varijanti dominirane. Ovom metodom dobijeno je 40 relacija preferentnosti svih posmatranih varijanti a koanačni rezultati su prikazani sledećom tabelom.

Tabela 5. Matrica agregatne dominacije kod ELECTRE I metode

	Subotica	Novi Sad	Zrenjanin	Pančevo	Ruma	Požarevac	Zaječar	Lapovo	Niš	Kraljevo	Užice
Subotica	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Novi Sad	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
Zrenjanin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pančevo	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1
Ruma	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Požarevac	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
Zaječar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Lapovo	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Niš	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Kraljevo	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Užice	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0

Na osnovu dobijenih rezultata primenom TOPSIS metode, najbolja je varijanta v_6, dok su kod ELECTRE metode najbolje varijante v_5 i v_6 odnosno Požarevac i Ruma. Na osnovu ovih rezultata i pri zadatim ulaznim parametrima zaključak je da železničko-drumski terminal treba najpre locirati na području sekcije Požarevac, odnosno u okviru Braničevskog okruga.

Najbolja sekcija za lokaciju terminala je Požarevac. Ova varijanta je najpovoljnija sa aspekta obima utovara i istovara robe, uz jako malu stopu nezaposlenosti i veliku atraktivnost za investitore. Transporna infrastruktura je u solidnom stanju, a blizina bitnih drumskih i železničkih pravaca ovu oblast svrstava na prvo mesto za lokaciju železničko-drumkog terminala. Sagledavajući kompletan rang varijanti, kod obe metode, može se zaključiti da one koje imaju veliki obim rada i pristupačnost infrastrukture mogu biti potencijalne lokacije. Sekcije poput Kraljeva ili Zrenjanina ne bi trebalo uzimati u dalje razmatranje jer ni po jednom parametru ne bi opravdale postojanost terminala.

5. ZAKLJUČAK

Izbor lokacije železničko-drumskog terminala, kao i svaki drugi lokacijski problem je jako kompleksan zadatak, koji zahteva detaljnu analizu različitih segmenata i parametara. Primenom metoda višekriterijumske analize izrađen je model, predstavljen u ovom radu, kojim je određena je makrolokacija terminala koja predstavlja prvu faza određivanja potencijalne lokacije. Predložena metodologija rada ima univerzalni karakter i može se primeniti u svim lokacijskim modelima, kako za izbor lokacije železničkih terminala, tako i za ostale lokacijske probleme na železnici ili logistici. Dalji pravci razvoja ogledaju se pre svega u detaljnijoj analizi svih ulaznih podataka koji su bili potrebni za izradu modela. Naime potrebno je detaljnije analizirati tokove robe, uključiti obim prevoza drumskim saobraćajem, proširiti analizu transportne infrastrukture i na vodni saobraćaj i njegov uticaj na potencijalne lokacije. Pored toga može se detaljnije pristupiti analizi ekoloških parametara, kao i bezbednosti saobraćaja u svakoj sekciji. Analiza tržišta, investiciona ulaganja i ostali ekonomski kriterijumi su još jedan pravac u razvoju modela. Pored ovoga poboljšanje modela i relevantniji podaci se mogu dobiti upotrebom neke od metoda za izračunavanje vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma, kako bi dobijeni rezultati bili relevantniji. Za detaljniju analizu modela moguće je primeniti i druge metode poput ELECTRE II, III/IV i td.

Naredni korak u istraživanju i razvoju jeste formulisanje i rešavanje druge faze posmatranog problema, odnosno određivanje mikrolokacije terminala. Ovaj pristup zahteva analizu na mikroplanu, u okviju posmatrane sekcije kako bi se pronašlo najpogodnije zemljište za lokaciju železničko-drumskog terminala.

6. LITERATURA

Asakereh, A., Soleymani, M., & Sheikhdavoodi, M. (2017). A GIS-based Fuzzy-AHP method for the evaluation of solar farms locations: Case study in Khuzestan province, Iran. *Solar Energy, 155*, 342-353.

Barysiene, J. (2012). A multi-criteria evaluation of container terminal technologies applying the COPRAS-G method, *Transport 27 (4)*, 364-372.

Božanić, D., Pamučar, D., & Karović, S. (2016). Use of the fuzzy AHP-MABAC hybrid model in ranking potential locations for preparing laying-up positions. *Vojnotehnički glasnik,64(3),*705-729.

Čičak, M. (2003). Modeliranje u železničkom saobraćaju. *Saobraćajni fakultet. Beograd.*

Dimitrijević, B. (2016). Višekriterijumsko odlučivanje. *Saobraćajni fakultet, Beograd*.

Gigović, Lj., Pamučar, D., Božanić, D., & Ljubojević. S. (2017). Application of the GIS-DANP-MABAC multi-criteria model for selecting the location of wind farms: A case study of Vojvodina, Serbia. *Renewable Energy, 103*, 501-521.

Hwang, C. L, & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: Methods and Applications. *Springer, New York*.

Keshavarz Ghorabaee, M. et al. (2016). A new COmbinative Distance-based ASsessment (CODAS) method for multi-criteria decision-making. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, Issue 3/2016, Vol. 50,* 25-44.

Keshavarz Ghorabaee, M. et al. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica, 26 (3)*, 435-451.

Klose, A., & Drexl, A. (2005). Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Rsearch, 162 (1),* 4-29.

Knjižice reda vožnje uz red vožnje za 2016/2017. godinu, Sektor za prevoz robe „Železnice Srbije“, Beograd, 2016.

Limbourg, S., & Jourquin, B. (2009). Optimal rail-road container terminal locations on the European network. *Transportation Research Part E, 45 (4),* 551-563.

Maroi, A., Mourad, A., & Mohamed, N. O. (2017). ELECTRE I Based Relevance Decision-Makers Feedback to the Location Selection of Distribution Centers. *Journal of Advanced Transportation,* 1-10.

Miletić, S. (2007). Metodologija izbora glavnih poštanskih centara i lokacije poštanskih centara. *XXV Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju - PosTel 2007*, 201-212.

Opštine i regioni u Republici Srbiji, Republički zavod za statistiku, Beograd, 2016.

Regionalni bruto domaći proizvod, Regioni i oblasti Republike Srbije, Republički zavod za statistiku, Beograd, 2015.

Senvar, O., Otay, I., & Bolturk, E. (2016). Hospital Site Selection via Hesitant Fuzzy TOPSIS. *IFAC-PapersOnLine, 49-12*, 1140-1145.

Statistike za 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 i 2016. godinu, Sektor za plan i analizu „Železnice Srbije“, Beograd, 2015.

Stević, Ž., Vesković, S., Vasiljević, M., & Tepić, G. (2015). The selection of logistics center location using AHP method. *2nd Logistics International Conference,* 86-91.

Tadić, S., Zečević, S., & Krstić, M. (2014). A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection. *Expert Systems with Applications, Volume 41,* 8112-8128.

Tomić, V., Marinković, Z., & Marković D. (2014). Application of TOPSIS Method in Solving Location Problems, the Case of Western Serbia. *Research & Developement in Heavy Machinery, 20 (3),* 97-104.

Uysal, H. T., & Yavuz, K. (2014). Selection of Logistics Centre Location vie ELECTRE Method: A Case Study in Turkey. *International Journal of Business and Social Science, 5 (9),* 276-289.

Žak, Jacek., & Weglinski, S. (2014). The selection of the logistics center location based on MCDM/A methodology. *Transport research Procedia, 3,* 555-564.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

PROJEKAT CENTRALIZACIJE SKLADIŠNOG SISTEMA KOMPANIJE NATRON HAYAT*

PROJECT OF CENTRALIZATION OF WAREHOUSE SYSTEMS IN COMPANY NATRON HAYAT

Enis Mulalić[a], Zdravko Božičković[b], Ranko Božičković[b]

[a] *Natron-Hayat d.o.o. Liješnica bb Maglaj 74250, Bosna i Hercegovina, enchy.mag@gmail.com*

[b] *Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74000, Bosna i Hercegovina, zdravko.bozickovic@gmail.com, bozickovicranko@gmail.com*

***Apstrakt**: Skladišni sistem kao dio logistike je skoro neizostavan u svim dijelovima lanca snabdijevanja, a posebno kada je riječ o kompanijama koje se bave proizvodnom djelatnošću. Cilj je operacije koje se izvršavaju u skladišnom i sistemu unutrašnjeg transporta svesti na minimum i na taj način izvršiti redukovanje samih troškova. U ovom radu je izvršena dekompozicija logističkog sistema kompanije Natron-Hayat s ciljem utvrđivanja kritičnih mjesta poslovanja u logističkom sistemu. Nakon toga izvršena je SWOT analiza skladišnog i sistema unutrašnjeg transporta. U trenutnom funkcionisanju decentralizovanog sistema skladištenja gdje svaki proizvodni pogon ima sopstveno skladište uočen je niz negativnih efekata kao što je nagomilavanje robe, neselektivni pristup skladišnim jedinicama, veliki troškovi goriva, oštećenje gotovih proizvoda. Nakon toga urađen je projekat centralizacije skladištenja koji umnogome može doprineti ostvarivanju značajnih ušteda koje su naglašene kroz rad. Pored toga izvršena ekonomska analiza opravdanosti ulaska u investicije sa prikazom trenutnih troškova i mogućnosti njihovog smanjenja kroz implementaciju navedenog projekta. Analiza je pokazala veoma kratak period otplate investicionih sredstava i dokazala opravdanost investicija.*

***Ključne riječi:** Centralizacija, skladišni sistem, troškovi, unutrašnji transport*

***Abstract**: Warehousing system as part of logistics is almost inevitable in all parts of the supply chain, especially when it comes to companies engaged in production activity. The aim is operations carried out in the storage and internal transport system minimize and thus make a reduction of costs In this paper was done decomposition storage and internal transport system in order to determine the critical place of business in the logistics system. After that was done SWOT analysis warehouse and systems of internal transport. In the current functioning of decentralized storage systems where each production facility has its own warehouse there has been a number of negative effects such as the accumulation of goods, non-selective approach to storage units, large fuel costs, damage to finished products, etc. After that is created the project transition from a decentralized to a centralized storage system which can greatly contribute to the achievement of certain savings. Besides that, was done the economic analysis of the feasibility of entering into investments with a display of current costs and the possibility of their reduction through the implementation of the said project. The analysis showed a very short payback period of investment funds and proved the justification of investments.*

***Key words:** Centralization, warehouse system, costs, internal transport*

* ***Originalni naučni rad***

1. UVOD

Logistika prema (Tepić i dr., 2011) datira još od vremena čuvenog grčkog filozofa i matematičara Pitagore. Sa takvim sličnim obilježjima egzistira i danas uz pojavu naučnih disciplina koje nastoje riješiti i optimizirati probleme koji se javljaju u oblasti logistike. Primjenom logistike cilj je ukazati na potencijalna mjesta koja mogu doprineti poboljšanju efikasnosti kako određene kompanije, tako i cjelokupnog lanca snabdijevanja i odgovoriti na pitanje kako nešto racionalizovati. Prema (Grabara i dr., 2014) transport je najvažnija logistička aktivnost, a prema (Ballis, 2006) skladišta predstavljaju osnovni element u kompleksima kao što su različiti oblici logističkih centara i njihovo efikasno planiranje i funkcionisanje je od suštinskog značaja za efikasno djelovanje kompletnog lanca snabdijevanja. Iz navedenog se može zaključiti koliki je značaj transporta i skladišta u kompletnom logističkom sistemu, što takođe dokazuje i činjenica da uprkos različitim autorima i različitim stavovima koji vladaju u oblasti logistike transport i skladištenje predstavljaju u svim podjelama osnovne podsisteme logistike.

Kompanija Natron Hayat ima tradiciju dugu 60 godina i predstavlja integrisanu tvornicu za proizvodnju smeđeg kraft papira proizvedenog od celuloze i četinarskog drveta, ambalažnog papira na bazi starog papira koji se koristi za proizvodnju valovitog kartona i kutija, zatim za preradu papira u papirne vreće, šoping kesa sa i bez ručke, formatiranog papira, papira presvučenog polietilenom i ostalih sličnih prerađevina.

Slika 1. Proizvodni asortiman kompanije Natron Hayat

2. METODE

Sam rad je koncipiran kroz nekoliko cjelina koje su međusobno zavisne i veoma tijesno povezane čineći jedan složen sistem. U radu je izvršena dekompozicija skladišnog i sistema unutrašnjeg transporta s ciljem utvrđivanja kritičnih mjesta poslovanja u logističkom sistemu. Nakon izvršene dekompozicije urađena je SWOT analiza skladišnog sistema sa osvrtom na unutrašnji transport. Zatim je urađen je projekat prelaska sa decentralizovanog na

centralizovani sistem skladištenja koji umnogome može doprineti ostvarivanju određenih ušteda, te izvršena ekonomska analiza opravdanosti projekta. Da bi se što slikovitije opisao sistem funkcionisanja proizvodnih procesa koji prema (Božičković i Stjepanović, 2013) predstavlja dio proizvodnog sistema, a obuhvata sve što se dešava sa predmetom rada između njegovog ulaska u proizvodni proces i izlaska iz tog procesa, sa kojim se ovaj rad bavi, neophodno je izvršiti lociranje postrojenja. Navedena postrojenja unutar kompanije su ravnomjerno i planski raspoređena.

3. REZULTATI

3.1. Dekompozicija logističkog sistema kompanije Natron Hayat

Dekompozicijom logističkog sistema kompanije analizirana su proizvodna postrojenja koja čine cjelokupni proizvodni proces, skladišni sistemi u okviru trenutnog funkcionisanja decentralizovanog sistema skladištenja i transportno pretovarna sredstva koji se koriste u unutrašnjem transportu.

3.1.1.Proizvodna postrojenja

Cjelokupni proizvodni proces obavlja se u određenim proizvodnim postrojenjima u krugu kompanije. U ovom radu akcenat će biti na najvažnijim proizvodnim mašinama, a to su:

- Papir mašina PM_4 - vrši proizvodnju ambalažnog papira od čistog celuloznog drveta, tačnije od vlakana iz bora, smreke i jele što samom papiru daje dodatnu jačinu i kvalitet. Oprema koja je ugrađena u postrojenjima je kupljena od vodećih svjetskih proizvođača.
- Papir mašina PM_3 - vrši proizvodnju MG papira koji je napravljen od čiste celuloze.
- Papir mašina PM_1 – vrši proizvodnju Schrenz, Fluting, Teslainer papira koji se koristi za izradu kartona i kartonske ambalaže.
- Proizvodni pogon Konfekcija - vrši proizvodnju različitih dimenzija i oblika vreća i vrećica sa ili bez štampe.

Osim navedenih proizvodnih pogona u obzir će se uzeti i buduća investicija kompanije, a to je Papir mašina PM_6 sa svim svojim pratećim parametrima proizvodnje te pretpostavkama o načinu skladištenja gotovih proizvoda navedene mašine. Pored svih navedenih mašina u okviru proizvodnog procesa postoje i dodatna postrojenja kao što su: Kartonaža, Pinćara, Dorada, a čiji logistički sistemi zadovoljavaju proizvodne kapacitete navedenih mašina.

3.1.2.Skladišta u sklopu proizvodnih postrojenja

Za ocenjivanje kvaliteta funkcionisanja skladišnog sistema i procesa u njemu, potrebno je prema (Stević, 2015) definisati skup pokazatelja koji ih na adekvatan način opisuju. U sklopu proizvodnih procesa, koji se obrađuju u ovom radu, kompanija posjeduje četiri skladišta koja služe za potrebe skladištenja gotovih proizvoda četiri proizvodne mašine. To su skladišta:

- skladište Papir mašinu PM_4 (Kraft papir, Klupak),
- skladište Papir mašinu PM_3-PM_1 (Flutin, Šrenc, Teslajner),
- skladište proizvodnog pogona Konfekcija (vreća i vrećica),
- carinsko skladište.

Carinsko skladište je objekat za skladištenje gotovih proizvoda u situaciji kada su postojeći skladišni kapaciteti puni. Ovo je jedini skladišni objekat koji se nalazi izvan proizvodnih postrojenja. Ukupna površina skladišnog prostora sva četiri skladišta iznosi 7020 m^2 (bez staza za kretanje viljuškara) sa ukupnim kapacitetom od preko 14 670 t svih gotovih proizvoda kompanije Natron Hayat.

3.1.3. Transportno pretovarna sredstva kompanije Natron Hayat

U pretovarnim procesima i industrijskom transportu koriste se sredstva cikličnog dejstva, u šta spadaju: vučni traktor sa prikolicom, kamion mercedes BENZ, viljuškari slagači nosivosti do 2 t kao i željeznički vagon sa improvizovanim vučnim vozilom (Loko traktor) sa pogonom na SUS motor. Osim pretovarnih sredstava koristi se i pokretna rampa za horizontalni način utovara kamiona. Ukupan broj viljuškara koji se koriste za obavljanje pretovarnih zadataka (utovar, istovar) iznosi pet od kojih su četiri viljuškara koji u sklopu mehanizma za podizanje imaju zahvatni uređaj u obliku kašike, a jedan u obliku viljuški.

Tu su još i dva vučna traktora od kojih jedan služi za vuču prikolice u unutrašnjem drumskom saobraćaju, a drugi za vuču i pomjeranje vagona prilikom utovara kao i za unutrašnji železnički saobraćaj. Navedeni proizvodni pogoni su planski povezani saobraćajnim mrežama što im dozvoljava mogućnost distribucije finalnih proizvoda drumskim i železničkim transportom. Dva objekta zajedno sa svojim cjelinama su takođe u unutrašnjem saobraćaju kompanije povezana i sa drumom i železnicom. U sklopu cjelokupnog unutrašnjeg transporta, trenutno drumski transport preovladava, a kao razlog tome je postojeća mehanizacija i postojeći ljudski resursi koje kompanija trenutno posjeduje.

Železnički transport se pretežno koristi prilikom utovara i pripreme otpreme gotovih proizvodima iz kruga kompanije kao i premještanja proizvoda iz skladišta papir mašine PM_4 u carinsko skladište. Važno je istaći da su svi proizvodni pogoni povezani železničkom i cestovnom mrežom što omogućava utovar i transport gotovih proizvoda kao i njihovo snabdijevanje sirovinama i ostalim repromaterijalima.

3.2. Swot analiza

Analiza okruženja koja podrazumijeva istraživanje svih važnih karakteristika kako vanjskog tako i unutarnjeg okruženja sa svrhom identifikacije strateških faktora koji će odrediti budućnost samog preduzeća. Najjednostavnija metoda za analizu okruženja je SWOT analiza. Navedena analiza je kvalitativna analitička metoda koja kroz 4 faktora nastoji prikazati snage, slabosti, prilike i prijetnje određene pojave ili situacije u predmetu analize. SWOT analiza je brza, jednostavna i prema (Dana, 2012) može se prilagoditi kao instrument za identifikaciju faktora koji utiču na aktivnosti organizacije i daju rješenja za izradu buduću strategije. Osnovna ideja SWOT analize prema (Pamučar, 2008; Rauch, 2007) jeste utvrđivanje internih snaga i slabosti, kao i eksternih pretnji i mogućnosti. Na taj način ostvaruje se kontinuiran napredak i razvoj, a samim tim i konkurentska prednost. Može se prema (Chen, 2011) koristiti kada je potrebno napraviti strategiju razvoja kompanije ili analizirati konkurente i pozicije na tržištu. Kada su strateški faktori po SWOT analizi prepoznati, razvijaju se strategije koje mogu biti izgrađene na snagama koje mogu eliminsati slabosti, iskoristiti prilike ili se pak suočiti sa prijetnjama. Na osnovu svih navedenih pokazatelja iz SWOT analize izvršena je „kritična analiza“ rada logističkih podsistema transporta i skladištenja gotovih proizvoda kompanije Natron Hayat, te na osnovu toga date određene preporuke za uštede, bolju organizaciju rada i funkcionisanje navedenih podsistema.

U tabeli 1 prikazana je SWOT analiza kompanije Natron Hayat koja je detaljno objašnjena u (Stević i dr., 2017), a na osnovu koje se može zaključiti da je trenutno veliki broj slabosti koje se adekvatnim poboljšanjem mogu ublažiti ili u potpunosti eliminisati.

Tabela 1. SWOT analiza logističkog sistema kompanije

Snaga	**Slabosti**
snažan i uvezan proizvodni proces, ljudski resursi (osposobljeni i educirani zaposlenici), primjena barcod tehnologije u jednom dijelu skladištenja, priključak na drum i željeznicu, postojeća transportno-pretovarna sredstva.	nedovoljan skladišni prostor za odlaganje gotovih proizvoda, slaba preglednost gotovih proizvoda u skladištima, neselektivan pristup svakoj skladišnoj jedinici, oštećenje robe u podsistemu skladištenja, izbor lokacije skladišta papir mašine PM6, neiskorištenost željezničkog saobraćaja u unutrašnjem transportu kompanije, problem parking prostora za drumska vozila u i izvan kompanije, saobraćajno preopterećenje glavnog dijela drumske mreže.
Mogućnosti	**Prijetnje**
iskorištenje neupotrebljivih objekata radi formiranja centralnog skladišta gotovih proizvoda, bolja organizacija skladištenja gotovih proizvoda, bolja kontrola skladišnih zaliha, brži i efikasniji proces otpreme gotovih proizvoda, regulisanje unutrašnjeg drumskog saobraćaja radi rasterećenja postojećih dionica, veće iskorištenje unutrašnjeg željezničkog saobraćaja, veća bezbjednost kretanja zaposlenika, značajne uštede na bazi fiksnih i varijabilnih troškova, uređenje parking prostora za drumska vozila, usklađivanje načina ulaska teretnih vozila u krug kompanije.	nerazumjevanje poslodavca za idejom, nedostatak sredstava za realizaciju, politička situacija u svijetu, regiji pa i državi, ekonomska nestabilnost na tržištu (ekonomska kriza), slabo poslovanje kompanije, kvar u proizvodnim postrojenjima i dr.

3.3. Centralizacija skladišnog sistema

Objekat koji je predviđen ovim radom za formiranje centralnog skladišta je stari proizvodni pogon Celuloze. Navedeni objekat se nalazi unutar kompanije i trenutno je neiskorišten zbog gašenja istoimenog pogona i izgradnje novog, savremenijeg. Objekat sadrži veliku natkrivenu površinu i pruža mogućnost formiranja jednog centralnog skladišta. Pored gore navedenog objekta, na udaljenosti od 50 m nalazi se i Carinsko skladište koje je već u upotrebi i u kojem se vrši uskladištenje određenih proizvoda. Sama lokacija objekta budućeg Centralnog skladišta pruža mogućnost uskladištenja i iskladištenja gotovih proizvoda drumskim i željezničkim saobraćajem.

3.3.1. Trenutno stanje objekta centralnog skladišta

Samo skladište je podjeljeno u četiri dijela i to: prizemlje, prvi sprat, drugi sprat i carinsko skladište. Prvi i najveći dio obuhvata prizemlje objekta koji raspolaže skladišnom površinom oko 4000 m^2. Prvi sprat objekta je nešto manje površine. Iziskuje određena ulaganja u smislu nadogradnje odnosno produženja ploče preko već postojećih nosećih stubova. Ukupna površina sa planiranom nadogradnjom iznosila bi 850 m^2. Drugi sprat iziskuje takođe određena ulaganja kao kod prvog sprata. Sa navedenim ulaganjem, površina drugog sprata bi takođe iznosila 850 m^2 kao i prvi sprat.

Slika 2. Trenutno stanje objekta

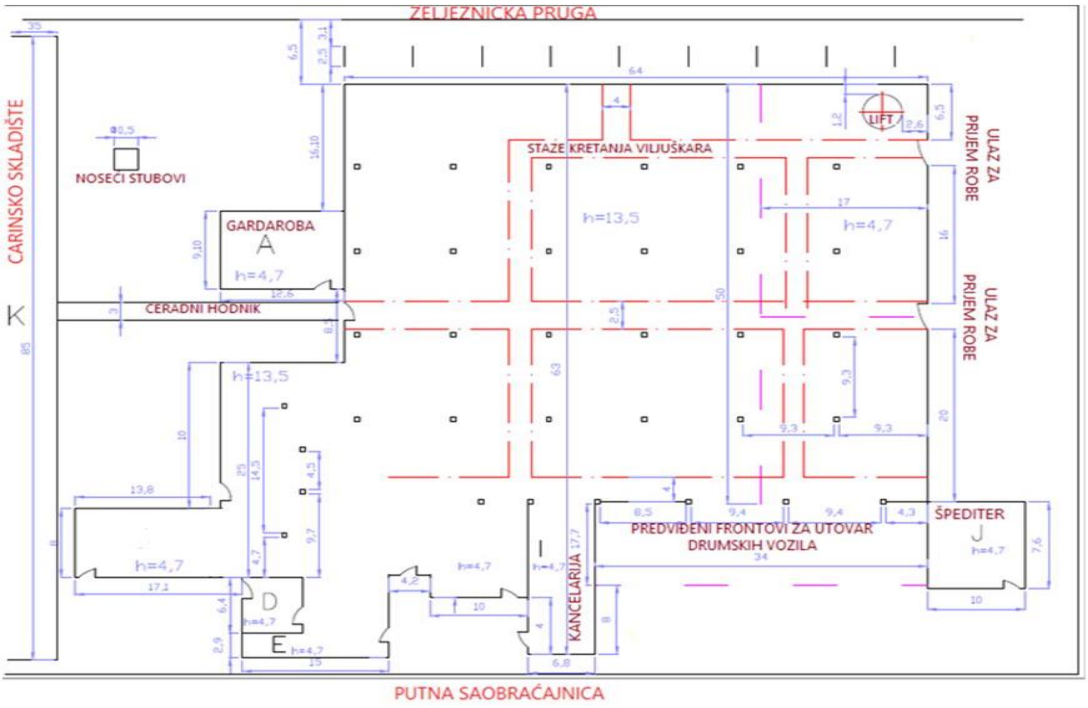
Na slici 2 prikazano je trenutno stanje objekta. Potrebno je napomenuti da na drugom objektu tzv. carinskom skladištu nisu potrebna nikakva ulaganja, jer to skladište je trenutno u funkciji. Sva ova ulaganja iziskuju određene troškove i predstavljaju investicije za koje će se u nastavku rada proračunat period otplate. Jedna od glavnih i najvećih troškova predstavlja rekonstrukcija samog objekta.

Visina između spratova iznosi 4,7 m što, ako se uzme u obzir podatak da po ISO standardu visina dizanja bobina prilikom skladištenja ne smije prelaziti 5 m dolazi se do zaključka da trenutna visina u potpunosti zadovoljava standarde. Neophodno je navesti i podatak da visina na većem dijelu objekta iznosi 13,5 m. Četvrti dio centralnog skladišta planirano je da obuhvati i tzv. carinsko skladište. Carinsko skladište se nalazi pored samog objekta i raspolaže skladišnom površinom od 3000 m^2. Zbog udaljenosti između ova dva objekta planirano je izvršiti fizičko povezivanje ova dva objekta sa improvizovanim ceradnim tunelom kroz koji će se vršiti transport robe odnosno uskladištenje ili iskladištenje gotovih proizvoda. Ovaj tunel morao bi biti natkriven zbog zaštite proizvoda od vanjskih uticaja prilikom transporta između objekata. Dužina tunela bi bila 50 m kolika je i udaljenost između dva objekta. Visina i širina tunela bi iznosila 3 m što je dovoljno za mimoilaženje dva viljuškara.

Ukoliko se odbije površina pratećih prostorija od ukupne površine centralnog skladišta dolazi se do rezultata da planirano centralno skladište gotovih proizvoda bi imalo na raspolaganju 8800 m^2 skladišne površine. U tu površinu spada i površina za staze namjenjene za kretanje viljuškara. Treba naglasiti da od 60% do 90% ukupne površine skladišnog prostora

otpada skladištenje proizvoda, a ostatak prostora predviđen je za prateće prostorije, staze za kretanje viljuškara, požarne puteve, sanitarni čvor, prostorije za vozače.

U objektu centralnog skladišta u prizemlju se nalazi još pet pratećih prostorija koje mogu poslužiti kao kancelarije, mokri čvor kao i prostorije za ostalo osoblje (vozače viljuškara, pomoćnih radnika...) sa ukupnom površinom od 446,4 m^2. Na slici 3 je prikazan layout centralnog skladišta.



Slika 3. Layout centralnog skladišta

Ako se izvrši poređenje trenutne površine koja iznosi 7020 m^2, sa predviđenom površinom centralnog skladišta koja iznosi 8800 m^2 dobije se podatak da se ukupna skladišna površina povećava za 1780 m^2. U dobijenu površinu je uobzirena i površina u skladištu koja uključuje: staze za kretanje viljuškara, prostor između redova složene robe, ukupne površine nosećih stubova.

3.3.2.Kapacitet centralnog skladišta

Određivanje kapaciteta skladišta podrazumjeva određivanje kvantitativnog izmjeritelja tehnološkog elementa skladišta koji treba da realizuje tehnološki zahtjev čuvanja robe. Ovaj kvantitativni izmjeritelj naziva se kapacitet skladišta i u različitim uslovima može biti prikazan kroz: broj paleta, broj kontejnera, broj bobina/rolni, tona litara, metara kvadratnih/kubnih, itd. U ovom slučaju broj bobina i paleta predstavljaju skladišne jedinice.

Što se tiče kapaciteta u centralnom skladištu, tu su značajna unapređenja sa aspekta proširenja skladišnog kapaciteta kompanije u odnosu na postojeće stanje. To se može jednostavno dokazati kroz proračun preko skladišne površine. Ako ukupna skladišna površina centralnog skladišta iznosi 8800 m^2, (ako se uzme da na skladištenje proizvoda otpada 70 % površine dobije se 6 160 m^2) onda se taj iznos podeli sa površinom od 1 m^2 koju zauzima jedna bobina. Zatim, pomnoži se sa 4 bobine (prosječna visina bobine 1,20 m) koliko je dozvoljena

visina slaganja bobina u visinu, dobija se približan iznos oko 24 600 komada bobina koje mogu da se privremeno uskladište u objektu centralnog skladišta. Uzimajući u obzir da prosječna bobina iznosi 900 kg dobija se podatak da teoretski u objekat centralnog skladišta može da se uskladišti: 24 600 kom. bobina x 900 kg (prosječna težina bobine) = 22 176 000 kg tj. 22 176 t papira odnosno proizvoda kompanije. Na osnovu gornje jednačine teoretski se može zaključiti da ukupni kapacitet centralnog skladišta bi iznosio 22 176 t robe. Ako se uporedi iznos koji je dobijen iz prethodnog proračuna o mogućem kapacitetu centralnog skladišta 22 176 t i trenutnim kapacitetima 14 670 t uočavaju se velike razlike, koje se prije svega odnose na razliku u visini slaganja bobina.

3.4. Ekonomska analiza projekta centralizacije

Najveći troškovi na objektu su troškovi rekonstrukcije krovne instalacije. Nakon rekonstrukcije krovne instalacije neophodno je izvršiti i raščišćavanje poda što podrazumijeva rušenje betonskih konstrukcija kao i uklanjanje nepotrebnih zidova. Takođe, neophodno je izvršiti probijanje i postavka frontova sa južne i sjeverne strane objekta za utovar drumskih i željezničkih vozila. Pošto je objekat sastavljen iz tri etaže, tačnije iz prizemlja, prvog sprata i drugog sprata neophodno je instalirati jedan lift nosivosti 2 t za vertikalan način transporta robe.

Trenutni pod u objektu ne zadovoljava standarde skladišta pa je neophodna ugradnja specijalnog poda „FEROBETON“. Ova vrsta poda isključivo odgovara standardima svih vrsta skladišta zatvorenog tipa. Trenutno objekat nema električnu energiju pa je neophodno uvrstiti i stavku uvođenja električne instalacije kao i postavljanje rasvjetnih uređaja koji propisuju standardi. U gornjem dijelu rada, navedena je i ugradnja ceradnog hodnika za povezivanje dva objekta. U sklopu objekta neophodno je i osposobiti prateće prostorije.

Tabela 2. Tabelarni prikaz investicionih ulaganja u projekat centralizacije

r.b	Naziv	m. j.	Pojedinačna cijena	Količina	Cijena	Valuta
1.	Sječenje i sklanjanje betonskih temelja nosivih konstrukcija	m^3	250	60	15 000	KM
2.	Uklanjanje betonske kabe, holendera, i odvoženje na deponiju	m^3	340	240	81 600	KM
3.	Nadogradnja ploče na 1. i 2. spratu	m^3	100	780	78 000	KM
4.	Raščišćavanje i sanacija poda sa ugradnjom "ferobetona"	m^2	68	4043	274 924	KM
5.	Sanacija krovne instalacije	m^2	100	5500	550 000	KM
6.	Postavljanje vrata	kom.	******	8	4 000	KM
7.	Ugradnja lifta nosivosti 2 t	kom.	30 000	1	30 000	KM
8.	Ugradnja i instaliranje pretovarnih frontova	kom.	20 000	3	60 000	KM
9.	Ugradnja led rasvjete 50 W	kom.	50	20	1 000	KM
10.	Laminat	m^2	13,7	280	3 836	KM
11.	Mokri čvor	kom.	5 000	3	15 000	KM
12.	Ugradnja ceradnog hodnika	m	250	150	37 500	KM
13.	Troškovi kupovine vagona	kom.	19 500	2	39 000	KM
					1.189.860	KM

Kako bi se izračunala ekonomska isplativost centralizacije skladišnog sistema koristio se proračun ukupnih ulaganja i razlika ukupnih ušteda dobijenih rezultatima implementacije

planiranog projekta. Ukupna ulaganja u projekat centralizacije skladišnog sistema iznose 1.189.860 KM, a namjenjena su za rekonstrukciju i sanaciju objekta. Ukupne planirane uštede koje se baziraju na: fiksnim i varijabilnim troškovima, kao i smanjenjem broja oštećenih bobina iznose 146.592,99 KM za period od 7 mjeseci (ukupna ušteda na godišnjem nivou koja se odnosi na oštećanja bobina je 70.200 KM, što znači da je mjesečna ušteda 5.850 KM, a za sedam mjeseci 40.950 KM). Prema izvršenim proračunima na mjesečnom nivou kompanija bi uštedjela 20.941,856 KM odnosno 251.302,269 KM na godišnjem nivou. Iz navedenog slijedi da period otplate investicionih sredstava u centralizaciju skladišnog sistema ≈ 57 mjeseci (nešto manje od pet godina).

4. DISKUSIJA

Prikupljanje podataka o materijalnih i informacionim tokovima prema (Božičković i dr., 2011) predstavlja veoma složen proces, ali analiza i donošenje zaključaka predstavlja čak i složeniji proces. Uzimajući u obzir da se kompanija prostire na oko 1000000 m^2 i da je ogroman broj kako materijalnih tako i informacionih tokova nimalo lagan zadatak nije izvršiti sve aktivnosti koje se predviđaju jednim prijektom. Generalni projekat skladišta prema (Rouwenhorst i dr., 2000) počinje od funkcionalnog opisa, preko tehničke specifikacije, izbora opreme i sredstava do određivanja rasporeda. U svakoj fazi, moraju biti ispunjeni i kompromisi između često suprotstavljenih ciljeva (troškovi, protok, kapacitet za skladištenje, vrijeme odgovora). Navedeni zahtjevi u kombinaciji sa velikim brojem izvodljivih projekata čine projektovanje skladišta izuzetno kompleksnim zadatkom. U ovom radu je urađen kao što je već naglašeno projekat centralizacije skladištenja koji u svojoj formi ima sve navedene elemente generalnog projekta.

Navedeni proračun ekonomske analize je izvršen na prethodno opisani način, jer je nemoguće izvršiti feasibility studiju koja podrazumjeva tačan prikaz investicija, troškova eksploatacije i prihode po godinama koji se ostvaruju projektom. Kako je nemoguće izdvojiti prihode koje skladišni sistem zajedno sa podistemom unutrašnjeg transporta ostvaruje od ukupnih prihoda s jedne strane, a nije svrsishodno uzeti ukupne prihode koje kompanija ostvaruje s druge strane, to se ovakav način proračuna nameće kao jedino trenutno rješenje.

Iz svega urađenog i izvršenih proračuna koji su prikazani kroz rad može se uočiti kratak period otplate investicionih sredstava, što je izuzetno važno, pogotovo što je riječ o milionskoj investiciji. Period otplate iznosi nešto manje od pet godina i postoji mogućnost i nešto kraćeg perioda otplate sredstava, ako se uzme u obzir i činjenica da je u funkcionisanju centralnog skladišta moguće ostvariti određene ušteda koje je veoma teško kvantifikovati i koje prilikom proračuna nisu uzete u obzir.

5. ZAKLJUČAK

Prelaskom na centralizovani sistem skladištenja koji podrazumjeva skladištenje gotovih proizvoda na idealnoj lokaciji sa aspekta povezanosti sa proizvodnim pogonima i iskorišćenosti unutrašnjeg transporta ostvaruje se niz prednosti. Ovakvim načinom skladištenja u datoj kompaniji može se ostvariti niz pozitivnih efekata od kojih su najvažniji uštede na bazi fiksnih i varijabilnih troškova, lakši pristup pretovarnim frontovima, smanjenje oštećenja robe, lakši i brži utovar, veći bezbedonosni uslovi rada itd. Buduća istraživanja vezana za ovaj projekat centralizacije skladišnog sistema kompanije Natron Hayat, odnosi se

na nabavku željezničkih kola koja bi omogućila obavljanje unutrašnjeg transporta na način opisan u radu. Pored toga, prilikom realizacije projekta moguće je primjenom sistema masovnog opsluživanja modelirati ukupan i potreban broj pretovarnih frontova, te konstantno vršiti mjerenje i praćenje logističkih performansi u novonastalom sistemu skladištenja, naravno sa posebnim osvrtom i na podsistem unutrašnjeg transporta.

6. LITERATURA

Ballis, A. (2006). Freight villages: warehouse design and rail link aspects. Transportation Research Record: *Journal of the Transportation Research Board*, (1966), 27-33.

Božičković, R., Ćosić, I., Božičković, Z., & Radošević, M. (2011). An application of simulation and graphic tools in lean production. In *XV International Scientific Conference on Industrial Systems* (pp. 483-489).

Božičković, Z., Stjepanović, Ž. (2013). Upravljanje informacijama u logistici, *Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj*.

Chen, J. (2011). SWOT analysis of the logistics process of Shun Yue Cement Company Limited.

Dana, B. G. (2012). SWOT analysis to improve quality management production. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 62, 319-324.

Grabara, J., Kolcun, M., & Kot, S. (2014). The role of information systems in transport logistics. *International Journal of Education and Research*, 2(2), 1-8.

Pamučar, D. (2008). Primena SWOT analize na sistem integralnog transporta Vojske Srbije. *Vojnotehnički glasnik*, *56*(2).

Rauch, P. (2007). SWOT analyses and SWOT strategy formulation for forest owner cooperations in Austria. *European journal of forest research*, *126*(3), 413-420.

Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G. J., Mantel, R. J., & Zijm, W. H. M. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, *122*(3), 515-533.

Stević Ž. (2015) „Izbor i merenje ključnih indikatora performansi u skladišnom sistemu "XIX *Internacionalni naučni skup SM 2015 Strategijski menadžment i sistemi podrške odlučivanju u strategijskom menadžmentu*, Subotica, str. 931-938

Stević Ž., Mulalić E., Đalić I., Vasiljević N. (2017). SWOT analysis of logistics system in company of the paper production, *International May Conference on Strategic Management,* Bor, Serbia. 59-69

Tepić, J., Tanackov, I., & Stojić, G. (2011). Ancient logistics-historical timeline and etymology. *Tehnicki vjesnik/Technical Gazette*, *18*(3).

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

JUSTIFY THE APPLICATION LOGISTICS SOLUTIONS FOR MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT - NEW SYSTEM*

Nikolche D. Talevski[a], Ivo Dukoski[b]
[a] *Bitola, Macedonia, postdiplomec@yahoo.com*
[b] *Faculty of Technical Sciences, Makedonska Falanga 33, Bitola, 7000, Macedonia, ivo.dukoski@tfb.uklo.edu.mk*

***Abstract**: In this paper is summed up it is summarized introduction in the problematic collection, transport and depositing of the communal waste in the Republic of Macedonia. One different systematic approach was represented toward the communal waste in the Republic of Macedonia. The effects of the introduction of this kind of sustainable logistic model of system for collection of the communal waste in the Republic of Macedonia were presented through prognoses and benifiti of the sustainable logistic model of system for collection of the communal waste. And finally it is summarized that all quoted elements of this paper have task to form new system for obtaining of long term results*

***Key words:** logistic model, municipal waste, a new system*

1. INTRODUCTION

1.1. Paper problem for research

Basic precondition of each state is to provide good living conditions for the citizens. The aspects that contribute about regular making of decisions are of various natures. One of these aspects that contribute about that is the logistic aspect. The communal logistics again contributes that all functional aspects to compound certain system.

Main drive about the implementation of the sustainable logistic model of system for collection of the communal waste in the Republic of Macedonia shall be its uniqueness. And as a confirmation of this uniqueness clearly shall be presented real data about the Republic of Macedonia and the way of collection of the communal waste.

1.2. Paper subject of research

On the basis of the problem of research defined in that way it comes out the subject of the research. The activities in the collection, transport, and disposing of the communal waste at a pile, in detail identify the complete process of very much important logistic actions with its characteristics and parameters that directly or indirectly influence on the efficiency of the system organized in this way. With that the subject of the research are the contemporary technological processes and treatments of organized collection, selection, and transport of the communal waste to the waste pile and with its implementation would obtain effective and sustainable logistic model of system for collection of the communal waste in the Republic of Macedonia.

* ***Short or preliminary communication***

2. EXPECTED RESULTS OF THE PAPER

The results that would come out of this paper will allow proving of certain important elements, and these are the following:

- The importance of the logistics in the communal waste management will be proven.
- Aspects that follow the phenomenon communal waste management will be stressed.
- Contemporary logistic concepts in communal waste management will be defined and applied.
- The zones will be defined.
- Connections and relations that follow the communal waste management (with application of the contemporary logistic methodology) will be determined.
- New logistic model for communal waste management as a base called communal logistics.
- And at last this logistic model will represent access about creation of qualitative strategy for communal waste management on a longer period.

Like this circled results will contribute the elements of the communal logistics to allow applicability and in every momentum to be priority in making of any kind of decisions when the phenomenon of communal waste is in question.

3. APPLICATION OF THE LOGISTIC MODEL FOR COMMUMAL WASTE MANAGEMENT

With presentation of the bases about forming of the logistic model for communal waste management it is wanted to come to its more concrete application and that is through presentation of it on three levels:

- Application on international level (with regard to various world Laws and directives in this field).
- Application on regional level (geographic region with formed integrity, for example, island, peninsula, political region and similar).
- Application on national level (with accepted Laws for each adequate State).
- Application on regional level (with formed regions by the State).
- Application of the logistic model on level of municipality/town (with application of Laws on local level and in cooperation with city enterprises for collection of the communal waste, independently how is their possession).
- And at last the logistic model for communal waste management, access about creation of logistic strategy.

These levels are given in the following algorithm Figure 1.

Figure 1. Access in logistic strategy with levels of approach (international, national and level on community/town) (Source: authors)

These are some of the concrete and main applications of the three levels of the mentioned type of model for communal waste management that should be access in the logistic strategy.

4. JUSTIFICATION OF THE PAPER

The justification of this paper is due to theoretical and practical necessity of realization of the researches that shall be done in the field of logistics, having in mind the fact that in here the problematic with communal waste management is not treated and adequately elaborated, and especially when models that are not carrying the sign of ecologic nature are in question.

In this way mentioned all steps in this paper in a clear way will give a picture of that which procedure in which moment should be taken. Therefore freely could be concluded that only with help of the contemporary logistic approaches, application of the contemporary logistic performances, and logistic methods could obtain maintainability and applicability of the communal logistics for communal waste management.

5. SOLUTIONS FOR MANAGEMENT WITH THE COMMUNAL WASTE

Waste management is still not at a high level, both in the developing countries and in countries in transition (Urabe, 2015).

The solutions that refer to this paper are intended for improvement of the ecology – environmental solutions, the economy – economical solutions and the logistic – logistical solutions. These solutions are given in the following text, and in this part is represented ideographic review of these three solutions where it could clearly be seen that the surroundings and the influences of social cultural and political nature contribute on realization of the strategic effects.

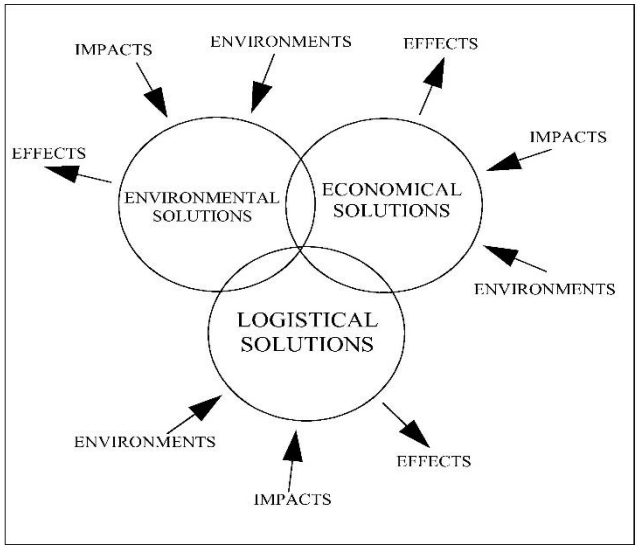


Figure 2 Solutions for management with the communal waste (Source: authors)

From the figure it could be clearly stated that only with mix of these three solutions it could have a qualitative traffic transportation strategy of management with the communal waste.

5.1. Environmental solutions

The environmental solutions represent environmental aspects that come from the Greek word (oikos – house, logia) science that studies the behavior of the living beings and the living communities toward their environment and the relationships that exist among the living organisms. When it is a word about management with the communal waste these aspects are most reviewed. The entire world order today is based upon healthful living environment and therefore each resolution, regulation law or strategy, exactly have stated precisely the measurements and aspects that are based on ecology. These aspects in this paper shall be only one frame around which all decisions will be made, or as the title of the paper itself says technical – technological, traffic – transportation, economical – logistical solutions shall be in function of obtaining a qualitative healthful and maintainable living environment for every inhabitant.

5.2. Economical solutions

The economical solutions represent economical aspects that come from the Greek word (oikonomia) science about the economy, about the organization of the product for obtaining of greater success with less sources, and also management with property, and sparing and economization. When it is a word about management with the communal waste these aspects mostly are based upon realization of certain positive results from the entire manipulation. They in their base have the service user who represents also the basic source of economical means that will further recurrently go for improvement of the entire management. These solutions in a lot could help about quality and effect in the work of the communal enterprises that are dealing with management of the communal waste in their everyday work.

5.3. Logistical solutions

The logistical solutions represent base for quality of the traffic transportation aspects that come from the English word (traffic) traffic, transport and the Latin word (transports) carry over, carriage, transport, dispatch. Means of transportation and devices for transportation of passengers (railway, airplane, truck e.t.c.). Shipment of merchandise that is transported simultaneously. And from the word transports that has origin from the Latin word (transportas) carry over, carriage, dispatch (merchandise, passengers, post office e.t.c.). When it is a word about management with the communal waste these aspects mostly are based on the transportation of the waste. For this paper these aspects will play the crucial role when it is a word about qualitative defining of the regions, selection of roads for transportation of the communal waste, selection of vehicle and also many other dynamic things that follow the phenomenon of transportation of the communal waste. These aspects could make this phenomenon economically most profitable but also could burden it with enormous expenses. Therefore the development of the traffic transportation infrastructure in many ways could contribute to increased quality when it is a word about this phenomenon. These aspects are the blood circulation also to other aspects as for example (technological and technical) aspects, and at the same time seriously influence on the above mentioned aspects (economical and environmental).

The strategic tasks of these logistic solutions that are product of this paper and refer to the highest level of making decisions when it is a word about defining a strategy are:

- Support in defining the strategic meaning of the logistics in the complete process
- Coordination and strategic connection of the logistics in the strategic management
- Support in defining the logistic strategy
- Marking of the bases for the strategic management with the communal waste, and
- Development of the system for management with the communal waste

Except the strategic tasks of these logistic solutions of this paper also the logistic operative tasks were product, which as a mix of the collected data and the logistics are the following:

- Following, analysis and management with the expenses and the productivity
- Measuring the degree of satisfaction
- Improvement of the efficiency
- Support in the operative planning and realization
- Realization of the possibility about counseling role, and
- Continuous monitoring of the complete process of management with the communal waste

These logistic solutions were access for one unique traffic transportation strategy that is represented in the following title.

6. TRAFFIC TRANSPORTATION STRATEGY FOR MANAGEMENT WITH THE COMMUNAL WASTE

The traffic transportation strategy for management with the communal waste in this paper is represented in one ideographic way. The contributions would be of:

Traffic and transport strategy for management of municipal waste in this paper will be presented by the contribution from the implementation of a strategy within its scope will have environmental, economic and logistics solutions: The contributions would come from:

Environmental statement: The contribution of the environmental side would be clean and healthful living environment

Economic statement: The contribution of the economic side would be bigger benefit and more qualitative operation of the enterprises that treat this phenomenon

Logistic statement: The contribution of the logistic side would be application of efficient and effective methods, concepts and ways for making decisions in the process of management with the communal waste.

And finally from this strategy it could be stated that the complete process from the beginning to the end of this paper would lead to creation of possibility about qualitative making decisions of the phenomenon of the communal waste. The data of this traffic transportation strategy are real about Republic of Macedonia but are abundant with flexibility. Therefore it freely could be brought additional statement that would allow real application also for other needs of course with application of other real data unique for the place where it should be applied the adequate traffic transportation strategy. (Talevski and Dukoski, 2015)

7. JUSTIFICATION OF THIS PAPER

The justification of this paper is owed to the need of realization of researches that will be done in the field of environment, economy and logistics. Having in mind the fact that the issue with the communal waste management is processed from environmental aspect differently, in dependence with the specifics that possesses every municipality. But adequately elaborated the phenomenon management with the communal waste from economic and logistic aspect represents an innovation, especially when it is a word about strategies that carry the sign of environmental nature.

Cited special parts about data collection. Always existence of real data of relevant institutions. Collected directly field data. Defining of territory on which data were collected (in the concrete case Republic of Macedonia). Defining of the steps in creation and application of the strategy and also the possibility of comparison, represents unique approach. Defining the environmental, economic and logistic in one clear and unambiguous way. Determining the contribution of the traffic transportation strategy in one real system represents indisputable justification of this paper. Out of all that a concrete statements come out. Not only that the justification of this paper goes further more with that, that each research in future might be contribution to greater and greater quality in the management with the communal waste which can be seen also from the figures represented in this paper.

All steps in this paper cited in one clear way will give one real picture about that what procedure in which moment should be taken. If we have the fact that each municipality has its own specifications and all are taken in consideration, it could clearly be stated that this paper except for Republic of Macedonia it could be applied also at other places too. And finally it could freely be stated that the management with the communal waste could always be improved and when for somebody that could seem inconceivable. That would be the best and most justified if certain strategy is respected, that has placed all works in one real frame. Also

one of ways to improve waste management in cities is innovative way of transport in organizing transport routes developed in (Novarlić et al, 2017).

8. CONCLUSION

Conclusion that could be recognized from this paper is the following: With scientific methods to come to creation of strategic measures and solutions from the domain of management with the communal waste, successfully were identified the specifics of the municipalities in Republic of Macedonia, to implement the environmental, economical and logistical solutions in one traffic transportation strategy. The purpose is, for each inhabitant to feel adequate quality of the implementation of the strategic approach. While the treatment of this phenomenon is justified with the fact itself that everybody no matter where he live, represents real interest without exclusion, and that is a really presented and supported in the statements of the paper. But always is a wish that the science should contribute more widely and therefore this paper has its own weight, and that is its wider application with one unique flexible approach.

And finally it could be freely stated that this paper as actual and adequate for researching is justified especially because it is using data about Republic of Macedonia. These data represent foundation for creation of strategy applicable on the international basis.

This paper represents beginning for creation of logistic model of system for collection of the communal waste. This paper treats the logistic approach in the procedures that follow the selection, collection, transport and disposal of the communal waste. The existing data shall be base to start unique approach of perceiving the things that will allow economic, traffic and ecologic gain for the citizens on a longer period.

9. REFERENCES

Novarlić, B., Stević, Ž., Đurić, P., Vasiljević, M., (2017). Efficiency in organizing transport routes as part of the city waste management: proposal for innovative way of transport, International Journal for Quality Research 11(3):507-524

Talevski, N., (2015). Logistic model about strategic communal waste management at the level of regions in Republic of Macedonia, University St. Kliment Ohridski of Bitola, Technical Faculty of Bitola, Doctoral Dissertation

Talevski, N., Dukoski I., (2015). Logistical strategy, aspects, concepts and approaches for optimal waste mamagement, V International Symposium New Horizons, Doboj 216-220

Urabe, S. (2015). Application of Waste Treatment. Urban System Integration. Inc. Japan: Fukuoka University.

www.stat.gov.mk

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

INTERVAL ROUGH DEMATEL TECHNIQUE FOR PRIORITIZING HAZMAT ROUTING CRITERIA*

Dragan Pamučar
University of defence in Belgrade, Department of logistics, Address: Pavla Jurisica Sturma 33, 11000 Belgrade, Serbia, e-mail: dpamucar@gmail.com

***Abstract**: This paper provides new interval rough decision making and trial evaluation laboratory technique (IR-DEMATEL) for prioritizing hazmat routing criteria. The IR-DEMATEL method reflects completely the internal as well as external total influences between the hazmat routing criteria. Additionally, the proposed model has intelligence and flexibility in manipulating the inherent uncertainty due to the subjective and vague information in hazmat routing. The validity and efficiency of the IR-DEMATEL model are examined by applying it to a hazmat routing criteria available in the literature. The result analysis shows that C1 (Carrier's Operating Costs) and C3 (Risk associated with the Environment) are the most significant criteria and should have most important role in hazmat routing management.*

***Key words:** Hazardous materials routing, interval rough numbers, DEMATEL*

1. INTRODUCTION

Because of the extent of the possible harmful consequences, managing the transport of hazardous materials, particularly in city areas, is an issue requiring a great deal of attention. A number of hazardous materials (hazmat) can be found in the literature related to transportation studies. A detailed review and classification of these studies can be seen in (Giampaolo and Raffaele, 2008; Erkut and Ingolfsson, 2005). One of the main problems in managing the transport of dangerous loads is that of choosing the route on the basis of the relevant criteria. Multiple actors are involved in solving this problem, and as a result, the solutions require a lot of compromises. The essence of the compromises can be seen in a set of criteria for the selection of routes that are present in the decision making model.

The problems of routing hazmat shipments are usually considered in combination with facility location problems (HWLRP - Hazmat Waste Location-Routing Problems) (Erkut and Ingolfsson, 2005) and vehicle scheduling problems (HVRSP - Hazmat Vehicle Routing and Scheduling Problems) (Siddiqui and Verma, 2015). Adequate solutions to these routing problems, with minor or major adaptions, can also be found in models recommended as solutions for vehicle routing problems in the transport of non-hazardous materials. Comprehensive reviews of non-hazmat vehicle routing problems and models for solving them can be found in (Montoya-Torres et al, 2015). HVRP can be solved both as single-objective and multi objective problems. The single objective approach to HVRP can be seen in (Leonelli et al, 2000; Frank et al, 2000; Carotenuto et al, 2007). In such an approach the routes are mainly generated by shortest path algorithms (modified Yen's algorithm for the k-shortest path problem in (Carotenuto et al, 2007), successive shortest path algorithm in (Leonelli et al, 2000), Dijkstra's shortest path algorithm in (Frank et al, 2000)). In the majority of cases a single-objective approach is not enough. Multi-criteria analysis is used as a tool to achieve the best possible trade-offs among different objectives (Li and Leung, 2011). Hybrid models are

* ***Original scientific paper***

often proposed for the application of multi-criteria analysis methods for selecting hazmat transport routes, in which these methods are combined with classic shortest path algorithms or Geographic information systems - GIS (AHP method and Dijkstra's algorithm (Pamučar et al, 2016), AHP method and GIS (Gigović et al, 2017). The application of other methods of multi-criteria analysis, such as PROMETHEE and TOPSIS, in vehicle routing problems can be seen in (Jia et al, 2013; Talarico, 2015).

On the basis on discussion showed above we can conclude that rough set theory is an excellent choice to manipulate subjective and vague data involved in the analysis of hazmat transportation criteria. Rough approach has a rich theoretical background in analyzing vague information and incomplete data. Thus, interval rough strength relational decision making trial and evaluation laboratory (IR-DEMATEL) method can efficiently handle uncertainty due to subjectivity and vagueness. IR-DEMATEL uses to interval rough numbers (IRN) to manipulate the strengths and inter-relationships among the hazmat transportation criteria under uncertainty caused by decision makers' knowledge based linguistic (qualitative) assessment. This paper aims to provide and to assess hazmat transportation criteria. The paper has several objectives: (1) to apply a flexible and unique method that appraises hazmat transportation criteria and obtain the structure of complicated causal relationships and the influence level of these criteria; and (2) to help transport managers having better control in hazmat routing problem while implementing hazmat criteria; (3) to upgrade the methodology for treating uncertainty in the group multi-criteria decision making process; and finally (4) to encourage other authors to start with the widespread application of IRN in multi-criteria decision making, since the advantages of IRN, as presented in this paper, offer reasonable motive for widespread application and finally.

The remainder of this paper is structured as follows: Section 2 gives a brief idea of interval rough numbers using mathematical equations. In Section 3 proposes an algorithm for the IR-DEMATEL model while real example is demonstrated using the hazmat transportation criteria as described in Section 4. Finally, Section 5 presents the conclusions, highlighting directions for further research.

2. THE IR-DEMATEL METHOD

The DEMATEL method is used to identify the dependent factors and degree of dependence between them. This method makes it possible to better understand the complex structure of a problem and define the relations between factors, as well as the relations between the level of the structure and strength of influence of a factor (Gigović et al., 2016, 2017a, 2017b). For the purpose of accepting the subjectivity in the collective decision making process, this paper modifies the DEMATEL method by applying IRN. Basic idea of interval rough numbers using mathematical equations can be seen in Pamučar et al (2017). The text below shows the steps governing the IR-DEMATEL method, which was used in the group decision making process. B

Step 1. Analysis of factors by experts. Assuming that there are *m* experts in the research and *n* observed factors (criteria), each expert should determine the degree to which criterion *i* affects criterion *j*. Comparative analysis of the i^{th} and j^{th} criteria pairwise by *k* expert is denoted as x_{ij}^{e}, where: $i=1,...,n$; $j=1,...,n$. The value of each x_{ij}^{e} pair is an integer, where: 0 – no influence; 1 – low influence; 2 – medium influence; 3 – high influence; 4 – very high influence.

The judgment of *e* expert is presented as a non-negative matrix of $n \times n$ rank, and each element of the *k* matrix in equation $X^e=[x^k_{ij}]_{n\times n}$ denotes a non-negative number x^e_{ij}, where $1 \le k \le m$.

$$X^e = \begin{bmatrix} 0 & x_{12}^{e};x_{12}^{e'} & \cdots & x_{1n}^{e};x_{1n}^{e'} \\ x_{21}^{e};x_{21}^{e'} & 0 & \cdots & x_{2n}^{e};x_{2n}^{e'} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1}^{e};x_{n1}^{e'} & x_{n2}^{e};x_{n2}^{e'} & \cdots & 0 \end{bmatrix}_{nxn} \quad ; \ 1 \le i, j \le n; \ 1 \le e \le m \tag{1}$$

where x^e_{ij} and $x^{e'}_{ij}$ represent linguistic variables taken from the preliminary defined linguistic scale used by expert *e* for the purpose of pairwise comparison.

Step 2. Calculate the average matrix. Based on response matrices $X_k=[x^k_{ij}]_{n\times n}$ obtained from each *m* expert, two matrices of aggregated sequence of experts X^{*L} and $X^{*'U}$ are obtained.

$$X^{*L} = \begin{bmatrix} x_{11}^{1L}, x_{11}^{2L}, \ldots, x_{11}^{kL} & x_{12}^{1L}; x_{12}^{2L}; \ldots; x_{12}^{kL}, & \ldots, & x_{1n}^{1L}; x_{1n}^{2L}, \ldots, x_{1n}^{kL} \\ x_{21}^{1L}, x_{21}^{2L}, \ldots, x_{21}^{kL} & x_{22}^{1L}; x_{22}^{2L}; \ldots; x_{22}^{kL}, & \ldots, & x_{2n}^{1L}; x_{2n}^{2L}, \ldots, x_{2n}^{kL} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1}^{1L}, x_{n1}^{2L}, \ldots, x_{n1}^{kL} & x_{n2}^{1L}; x_{n2}^{2L}; \ldots; x_{n2}^{kL}, & \ldots, & x_{nn}^{1L}; x_{nn}^{2L}, \ldots, x_{nn}^{kL} \end{bmatrix} \tag{2}$$

$$X^{*'U} = \begin{bmatrix} x_{11}^{1'U}, x_{11}^{2'U}, \ldots, x_{11}^{k'U} & x_{12}^{1'U}; x_{12}^{2'U}; \ldots; x_{12}^{k'U}, & \ldots, & x_{1n}^{1'U}; x_{1n}^{2'U}, \ldots, x_{1n}^{k'U} \\ x_{21}^{1'U}, x_{21}^{2'U}, \ldots, x_{21}^{k'U} & x_{22}^{1'U}; x_{22}^{2'U}; \ldots; x_{22}^{k'U}, & \ldots, & x_{2n}^{1'U}; x_{2n}^{2'U}, \ldots, x_{2n}^{k'U} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1}^{1'U}, x_{n1}^{2'U}, \ldots, x_{n1}^{k'U} & x_{n2}^{1'U}; x_{n2}^{2'U}; \ldots; x_{n2}^{k'U}, & \ldots, & x_{nn}^{1'U}; x_{nn}^{2'U}, \ldots, x_{nn}^{k'U} \end{bmatrix} \tag{3}$$

where $x^L_{ij} = \left\{ x^{1L}_{ij}, x^{2L}_{ij}, \ldots, x^{kL}_{ij} \right\}$ and $x^{'U}_{ij} = \left\{ x^{1'U}_{ij}, x^{2'U}_{ij}, \ldots, x^{k'U}_{ij} \right\}$ denote the sequences used to describe the relative importance of criterion *i* in relation to criterion *j*. By applying IRN concept (Pamučar et al, 2017), each sequence x^k_{ij} and $x^{k'}_{ij}$ is converted to rough sequences $RN\left(x^{kL}_{ij}\right) = \left[\underline{Lim}(x^{kL}_{ij}), \overline{Lim}(x^{kL}_{ij}) \right]$ and $RN\left(x^{k'U}_{ij}\right) = \left[\underline{Lim}(x^{k'U}_{ij}), \overline{Lim}(x^{k'U}_{ij}) \right]$, where $\underline{Lim}(x^{kL}_{ij})$ and $\underline{Lim}(x^{k'U}_{ij})$ represent the lower limit, and $\overline{Lim}(x^{kL}_{ij})$ and $\overline{Lim}(x^{k'U}_{ij})$ upper limit of rough sequences $RN\left(x^{kL}_{ij}\right)$ and $RN\left(x^{k'U}_{ij}\right)$ respectively.

By applying equations (4) and (5) the mean rough sequences are as follows

$$RN(z^L_{ij}) = RN(x^{1L}_{ij}, x^{2L}_{ij}, ..., x^{eL}_{ij}) = \begin{cases} z^L_{ij} = \dfrac{1}{m}\sum_{e=1}^{m} x^{eL}_{ij} \\ z^U_{ij} = \dfrac{1}{m}\sum_{e=1}^{m} x^{eU}_{ij} \end{cases} \tag{4}$$

$$RN(z^{'U}_{ij}) = RN(x^{1'U}_{ij}, x^{2'U}_{ij}, ..., x^{e'U}_{ij}) = \begin{cases} z^{'L}_{ij} = \dfrac{1}{m}\sum_{e=1}^{m} x^{e'L}_{ij} \\ z^{'U}_{ij} = \dfrac{1}{m}\sum_{e=1}^{m} x^{e'U}_{ij} \end{cases} \tag{5}$$

Where *e* denotes the *e*-th expert ($e = 1, 2, ..., m$), $RN(z^L_{ij})$ and $RN(z^{'U}_{ij})$ represent rough sequences that at the same time respectively represent the lower and upper limit of the interval rough number $IRN(z_{ij})$, i.e. $IRN(z_{ij}) = \left[RN(z^L_{ij}), RN(z^{'U}_{ij}) \right]$.

Thus, the average interval rough matrix of average responses Z is obtained

$$Z=\begin{bmatrix} 0 & IRN(z_{12}) & \cdots & IRN(z_{1n}) \\ IRN(z_{21}) & 0 & \cdots & IRN(z_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ IRN(z_{n1}) & IRN(z_{n2}) & \cdots & 0 \end{bmatrix} \tag{6}$$

Matrix Z denotes the starting effects caused by a specific factor as well as the starting effects obtained from other factors. The sum of each i-th row of matrix Z is the total direct effect that I delivers to other factors and the sum of each j-th column of matrix Z is the total direct effect that factor j receives from other factors.

Step 3. Based on matrix Z, a normalized initial direct-relation matrix $D=\left[IRN(d_{ij})\right]_{n\times n}$ is obtained, equation (7). By normalization, each element in matrix D is assigned a value between zero and one.

$$D=\begin{bmatrix} 0 & IRN(d_{12}) & \cdots & IRN(d_{1n}) \\ IRN(d_{21}) & 0 & \cdots & IRN(d_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ IRN(d_{n1}) & IRN(d_{n2}) & \cdots & 0 \end{bmatrix} \tag{7}$$

where $IRN(d_{ij})$ is obtained by applying equation (8)

$$IRN(d_{ij})=\frac{IRN(z_{ij})}{IRN(s)}=IRN\left(\left[\frac{z_{ij}^{L}}{s_{ij}^{L}},\frac{z_{ij}^{U}}{s_{ij}^{U}}\right],\left[\frac{z_{ij}^{'L}}{s_{ij}^{'L}},\frac{z_{ij}^{'U}}{s_{ij}^{'U}}\right]\right) \tag{8}$$

Step 4. By applying below equations, the total-relation matrix $T=\left[IRN(t_{ij})\right]_{n\times n}$) of rank $n\times n$ is calculated, where I denotes the identity matrix of the nxn rank. Since each interval rough number is composed of two rough sequences, and every rough sequence includes an upper and lower approximation, then the normalized matrix of average perception $D=\left[IRN(d_{ij})\right]_{n\times n}$ can be divided into four sub-matrices, i.e. $D=\left(\left[D^{L},D^{U}\right],\left[D^{'L},D^{'U}\right]\right)$, where $D^{L}=\left[\underline{Lim}(d_{ij})\right]_{n\times n}$, $D^{U}=\left[\overline{Lim}(d_{ij})\right]_{n\times n}$, $D^{'L}=\left[\underline{Lim}(d_{ij}^{'})\right]_{n\times n}$ and $D^{'U}=\left[\overline{Lim}(d_{ij}^{'})\right]_{n\times n}$. Moreover, $\lim_{m\to\infty}\left(D^{L}\right)^{m}=O$, $\lim_{m\to\infty}\left(D^{U}\right)^{m}=O$, $\lim_{m\to\infty}\left(D^{'L}\right)^{m}=O$ and $\lim_{m\to\infty}\left(D^{'U}\right)^{m}=O$, where O denotes a zero matrix.

Therefore, the matrix of the total influences T will be obtained by calculating of the following elements

$$\left.\begin{aligned} T^{L}&=\lim_{m\to\infty}\left(I+D^{L}+D^{2L}+\ldots+D^{mL}\right)=\left(I-D^{L}\right)^{-1}=\left[\underline{Lim}(t_{ij}^{L})\right]_{n\times n} \\ T^{U}&=\lim_{m\to\infty}\left(I+D^{U}+D^{2U}+\ldots+D^{mU}\right)=\left(I-D^{U}\right)^{-1}=\left[\underline{Lim}(t_{ij}^{U})\right]_{n\times n} \\ T^{'L}&=\lim_{m\to\infty}\left(I+D^{'L}+D^{2'L}+\ldots+D^{m'L}\right)=\left(I-D^{'L}\right)^{-1}=\left[\underline{Lim}(t_{ij}^{'L})\right]_{n\times n} \\ &and \\ T^{'U}&=\lim_{m\to\infty}\left(I+D^{'U}+D^{2'U}+\ldots+D^{m'U}\right)=\left(I-D^{'U}\right)^{-1}=\left[\underline{Lim}(t_{ij}^{'U})\right]_{n\times n} \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

Sub-matrices T^L, T^U, T'^L and T'^U together represent the interval rough matrix of the total influences $T=\left(\left[T^L,T^U\right],\left[T'^L,T'^U\right]\right)$. Based on equations (9), a total-relation matrix is defined:

$$T=\begin{bmatrix} IRN(t_{11}) & IRN(t_{12}) & \cdots & IRN(t_{1n}) \\ IRN(t_{21}) & IRN(t_{22}) & \cdots & IRN(t_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ IRN(t_{n1}) & IRN(t_{n2}) & \cdots & IRN(t_{nn}) \end{bmatrix} \tag{10}$$

where $IRN(t_{ij})=\left[RN(t_{ij}^L),RN(t_{ij}^U)\right]$ is an interval rough number used to express the indirect effects of factor i on factor j. Then matrix T reflects the inter-dependence of each pair of factors.

Step 5. Calculating the sum of rows and columns of total-relation matrix *T*. In total-relation matrix *T*, the sum of rows and sum of columns are denoted as vectors *R* and *C*, rank $n\times 1$:

$$IRN(R_i)=\left[\sum_{j=1}^{n} IRN(t_{ij})\right]_{n\times 1}=\left[\left(\left[\sum\nolimits_{j=1}^{n} t_{ij}^L,\sum\nolimits_{j=1}^{n} t_{ij}^U\right],\left[\sum\nolimits_{j=1}^{n} t_{ij}^{'L},\sum\nolimits_{j=1}^{n} t_{ij}^{'U}\right]\right)\right]_{n\times 1} \tag{11}$$

$$IRN(C_i)=\left[\sum_{i=1}^{n} IRN(t_{ij})\right]_{1\times n}=\left[\left(\left[\sum\nolimits_{i=1}^{n} t_{ij}^L,\sum\nolimits_{i=1}^{n} t_{ij}^U\right],\left[\sum\nolimits_{i=1}^{n} t_{ij}^{'L},\sum\nolimits_{i=1}^{n} t_{ij}^{'U}\right]\right)\right]_{1\times n} \tag{12}$$

The value R_i denotes the sum of the *i*-th row of matrix *T* and shows the total direct and indirect effects that criterion *I* delivers to other factors. Similarly, the value C_i is the sum of the *j*-th column of matrix *T*, and represents the total direct and indirect effects that factor *j* receives from other factors. In cases where $i=j$, equation (R_i+C_i) indicates the impact of the factors and equation (R_i-C_i) indicates the intensity of the factors compared to others (Pamučar and Ćirović, 2015, Pamučar et al, 2016b).

Step 6. Setting a threshold value (α) and constructing a cause-and-effect relationship diagram. The threshold value (α) is determined by applying equation (13) which gives the mean of the elements in matrix *T*.

$$\alpha=\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left[IRN(t_{ij})\right]}{N} \tag{13}$$

where *N* denotes the number of matrix elements (10).

The construction of a cause-and-effect diagram visualizes the complex interrelationship and provides information in order to determine the most important factors and how they influence the affected factors. Factors t_{ij} with a value higher than threshold value α are selected and shown in the cause-and-effect diagram.

3. CASE STUDY

The specifics of hazmat routing compared to non-hazmat routing problems are primarily the specific criteria which need to be minimized or maximized. The criteria most commonly used when solving the hazmat routing problem over the last 10 years are presented in (Pamučar et al, 2016a). Pamučar et al (2016a) shows that many hazmat routing studies have been focused primary on balancing the cost and risk factors. Travel time, distance and total cost estimations are the most common representatives of the carrier's interests. Total travel time and route length are often used because numerous transport costs are proportional to the time spent on the route and the length of the route. The risk depends primarily on the type and amount of hazmat transported, then on the frequency of the transport, as well as on the characteristics of the road and traffic etc. Since the calculation of risk is more complex than the estimation of the transport costs, specific models of risk evaluation are integrated into routing models. Two dominant components can be observed by their frequency: risk (probability) of an unwanted event, and the associated consequences [36]. The associated consequences are mainly related to the population, and much less frequently to the environment or infrastructure. In addition, it is rare to have criteria related to aspects of risk from terrorist attack, response by the emergency services and others.

Based on hazmat routing criteria provided in Pamučar et al (2016a) seven criteria are determined: C1 - The Carrier's Operating Costs (OC), C2 - Emergency Response (EmR), C3 - Risk associated with the Environment (ER), C4 - Risk of an Accident (AR), C5 - The Consequences of an Accident (CoA), C6 - Risk associated with Infrastructure (IR), C7 - Risk of Terror attack/hijack (TR). Internal strength of each criteria is assessed with verbal language. In this stage, the four experts (E) are requested to appraise the internal strength of hazmat routing criteria according to pre-defined linguistic scale: 0 –No strength (NS); 1 –Low strength (LS); 2 –Medium strength (MS); 3 –High strength (HS); 4 –Very high strength (VHS). All the internal strength of criteria are provided in in Table 1.

Table 1. Comparison of the evaluation criteria by experts

	E1						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	(0,0)	(3,4)	(3,3)	(2,3)	(2,5)	(3,5)	(3,3)
C2	(3,4)	(0,0)	(3,5)	(1,5)	(1,3)	(2,3)	(3,4)
C3	(5,5)	(3,5)	(0,0)	(4,5)	(4,3)	(3,4)	(2,3)
C4	(3,4)	(5,5)	(5,5)	(0,0)	(3,4)	(2,3)	(3,3)
C5	(3,5)	(3,5)	(3,4)	(3,4)	(0,0)	(2,3)	(3,5)
C6	(4,5)	(4,4)	(3,4)	(2,4)	(2,3)	(0,0)	(2,3)
C7	(4,5)	(4,5)	(4,4)	(2,4)	(2,3)	(2,4)	(0,0)

...

	E4						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	(0,0)	(2,5)	(2,5)	(1,5)	(1,4)	(2,4)	(2,5)
C2	(3,3)	(0,0)	(3,4)	(1,4)	(1,5)	(2,5)	(4,4)
C3	(3,5)	(3,3)	(0,0)	(3,4)	(3,5)	(3,5)	(2,4)
C4	(3,3)	(4,5)	(4,5)	(0,0)	(2,5)	(2,4)	(3,4)
C5	(4,5)	(3,3)	(3,5)	(2,5)	(0,0)	(1,5)	(4,4)
C6	(3,4)	(3,4)	(3,5)	(1,5)	(1,5)	(0,0)	(2,4)
C7	(3,4)	(3,4)	(4,5)	(2,5)	(2,4)	(2,3)	(0,0)

Based on the evaluation matrix (Table 1) it can be noticed that *i* and *j* values differ, meaning that the experts expressed uncertainty when defining the influences of these criteria in the course of the evaluation. In accordance with the IR-DEMATEL model, the initial comparison matrices in pairwise criteria were transformed into interval rough matrices. Thus, four interval rough criteria matrices were obtained. Since the interval rough number is composed of two rough sequences, we show the formation of individual rough sequences for

a single position in the criterion matrices (Table 3). Determining the interval rough comparison matrix elements is shown using the example of obtaining the elements in position C1-C2.

The interval rough number is composed of two rough matrices. For each matrix X^m two rough sequences in position C1-C2 that constitute the IRN are obtained. Two classes of objects $x^e{}_{ij}$ and $x^{e'}{}_{ij}$ are chosen from the comparison matrices (Table 1) for the position C1-C2. Each class includes four elements, as stated below:

$$x^{e}_{1-2} = \{3;3;2;2\} \quad x^{e'}_{1-2} = \{4;4;5;5\}$$

By applying IRN concept (Pamučar et al, 2017), rough sequences are formed for every object class. For the first class, we obtain:

$$\underline{Lim}(3) = \frac{1}{4}(3+3+2+2) = 2.5\,,\ \overline{Lim}(3) = 3\,;\ldots\ \underline{Lim}(2) = 2\,,\ \overline{Lim}(2) = \frac{1}{4}(3+3+2+2) = 2.5\,;$$

For the second object class:

$$\underline{Lim}(4) = 4\,,\ \overline{Lim}(4) = \frac{1}{4}(4+4+5+5) = 4.5\,;\ldots\ \underline{Lim}(5) = \frac{1}{4}(4+4+5+5) = 4.5\,,\ \overline{Lim}(5) = 5$$

In this way, the rough sequences that constitute interval rough number are obtained:

$$RN(x^{1L}_{1-2}) = [2.5,3];\ \ RN(x^{1'U}_{1-2}) = [4,4.5] \ \rightarrow\ IRN(x^{1}_{1-2}) = \left([2.5,3],[4,4.5]\right);\ldots$$

$$RN(x^{4L}_{1-2}) = [2,2.5];\ \ RN(x^{4'U}_{1-2}) = [4.5,5] \ \rightarrow\ IRN(z^{4}_{1-2}) = \left([2,2.5],[4.5,5]\right).$$

The interval rough numbers for the other comparison matrices for pairs of criteria are obtained by applying a similar method.

Next, the interval rough matrices referring to the responses are aggregated. Based on the criteria response matrices, and applying equations (4) and (5) the mean interval rough number $IRN(x_{ij}) = \left[RN(x^{L}_{ij}), RN(x^{'U}_{ij})\right]$ is obtained (Table 2).

Table 2. Mean interval rough matrix of criteria

	C1	C2	C3	...	C7
C1	[(0.00,0.00),(0.00,0.00)]	[(2.25,2.75),(3.83,4.67)]	[(2.25,2.75),(3.38,4.38)]		[(2.13,2.63),(3.38,4.38)]
C2	[(2.83,3.67),(3.50,3.75)]	[(0.00,0.00),(0.00,0.00)]	[(3.00,3.50),(3.54,4.67)]		[(3.25,3.75),(4.00,4.50)]
C3	[(2.67,4.33),(4.13,4.63)]	[(3.00,3.50),(2.67,4.33)]	[(0.00,0.00),(0.00,0.00)]		[(2.00,2.25),(3.38,3.88)]
C4	[(2.83,3.67),(3.00,3.50)]	[(4.38,4.88),(3.83,4.67)]	[(4.38,4.88),(3.88,4.83)]	...	[(3.00,3.00),(3.13,3.63)]
C5	[(3.83,4.67),(3.75,4.75)]	[(3.00,3.25),(3.00,4.50)]	[(3.00,3.25),(3.83,4.67)]		[(3.25,4.46),(4.38,4.88)]
C6	[(3.00,4.50),(3.38,3.88)]	[(4.00,4.25),(2.83,3.67)]	[(3.00,3.25),(4.25,4.75)]		[(2.00,2.00),(3.38,3.88)]
C7	[(2.88,3.83),(4.13,4.63)]	[(4.13,4.63),(2.54,3.67)]	[(4.00,4.25),(3.54,4.67)]		[(0.00,0.00),(0.00,0.000)]

Once the mean matrix of the criteria (Table 2) is obtained, the second step of the IR-DEMATEL model is to determine the initial direct-relation matrix. By applying equations (24)-(25), the IR elements of the initial direct-relation matrix criteria (Table 3) are calculated.

Table 3. Interval rough initial direct-relation matrix of the criteria

	C1	C2	C3	...	C7
C1	[(0.00,0.00),(0.00,0.00)]	[(0.07,0.07),(0.09,0.09)]	[(0.07,0.07),(0.08,0.08)]		[(0.06,0.07),(0.08,0.08)]
C2	[(0.05,0.09),(0.07,0.07)]	[(0.00,0.00),(0.00,0.00)]	[(0.09,0.09),(0.08,0.09)]		[(0.07,0.10),(0.09,0.12)]
C3	[(0.10,0.12),(0.10,0.09)]	[(0.06,0.08),(0.06,0.08)]	[(0.00,0.00),(0.00,0.00)]		[(0.06,0.06),(0.08,0.08)]
C4	[(0.06,0.08),(0.07,0.07)]	[(0.10,0.12),(0.10,0.12)]	[(0.10,0.12),(0.10,0.12)]	...	[(0.06,0.08),(0.06,0.09)]]
C5	[(0.11,0.12),(0.10,0.09)]	[(0.06,0.08),(0.07,0.09)]	[(0.09,0.08),(0.08,0.09)]		[(0.06,0.11),(0.10,0.12)]
C6	[(0.08,0.10),(0.08,0.08)]	[(0.08,0.11),(0.08,0.07)]	[(0.09,0.08),(0.08,0.09)]		[(0.06,0.05),(0.08,0.08)]
C7	[(0.08,0.11),(0.10,0.09)]	[(0.08,0.11),(0.06,0.07)]	[(0.10,0.11),(0.09,0.12)]		[(0.00,0.00),(0.00,0.00)]

The initial direct-relation matrix of criteria is transformed into a total relation matrix of criteria (Table 4) by applying equations (26) and (27).

Table 4. Total relation matrix of criteria

	C1	C2	C3	...	C7
C1	[(0.22,0.35),(0.56,0.78)]	[(0.29,0.36),(0.62,0.94)]	[(0.29,0.36),(0.7,1.00)]		[(0.26,0.35),(0.68,0.98)]
C2	[(0.34,0.49),(0.65,0.86)]	[(0.27,0.34),(0.55,0.87)]	[(0.36,0.43),(0.72,1.03)]		[(0.33,0.42),(0.71,1.00)]
C3	[(0.39,0.57),(0.68,0.88)]	[(0.41,0.47),(0.62,0.95)]	[(0.33,0.4),(0.66,0.95)]		[(0.36,0.43),(0.72,0.99)]
C4	[(0.43,0.6),(0.66,0.85)]	[(0.48,0.55),(0.65,0.94)]	[(0.49,0.56),(0.75,1.01)]	…	[(0.42,0.49),(0.72,0.97)]
C5	[(0.41,0.58),(0.71,0.91)]	[(0.4,0.48),(0.67,0.99)]	[(0.41,0.48),(0.79,1.07)]		[(0.37,0.48),(0.78,1.04)]
C6	[(0.37,0.55),(0.67,0.87)]	[(0.4,0.47),(0.64,0.94)]	[(0.39,0.45),(0.76,1.03)]		[(0.33,0.41),(0.72,0.99)]
C7	[(0.37,0.54),(0.67,0.85)]	[(0.41,0.49),(0.61,0.9)]	[(0.42,0.48),(0.73,0.99)]		[(0.28,0.36),(0.63,0.88)]

Finally, on the basis of the total relation matrix we obtain final weights of hazmat routing criteria (Table 5).

Table 5. Final weights of hazmat routing criteria

Criteria	Weight	Rank
C1	0.150	1
C2	0.138	6
C3	0.148	2
C4	0.141	5
C5	0.133	7
C6	0.143	4
C7	0.146	3

From Table 5, we observe that C1 (Carrier's Operating Costs) is the most important criteria followed by C3 (Risk associated with the Environment), C7 (Risk of Terror attack/hijack), C6 (Risk associated with Infrastructure), C4 (Risk of an Accident), C2 (Emergency Response) and C5 (The Consequences of an Accident). By applying the equation (11) and (12), the values of the total direct and indirect effects of criterion *j* on other criteria and other criteria on criterion *j* are obtained. These values together with the threshold value (α) of the total relation matrix are used for defining the cause-and-effect relationship diagram. The cause and effect relationship (CER) diagram (Figure 1) is formed to visualize the complicated causal relationship of criteria in a visible structural model.

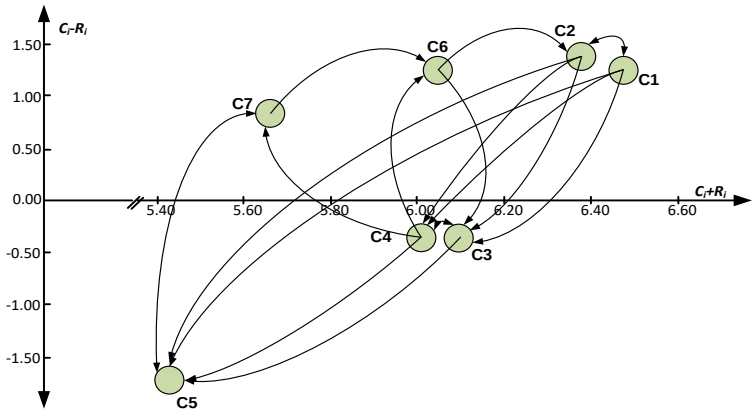


Figure 1. CER diagram

The elements in matrix T with a value higher than the threshold value α will be identified and mapped on the diagram (Figure 1) where the x-axis denotes $IRN(R_i+C_i)$, and y-axis denotes $IRN(R_i-C_i)$. Figure 1 helps us to explore the comprehensive interactions between hazmat routing criteria. Particular relationships that exceed the threshold 0.597 are encompassed in the concluding interacting maps in Figure 1. Based on results shown in figure 1 we can conclude that criteria C1 (Carrier's Operating Costs) and C3 (Risk associated with the Environment) are the most important criteria and should have most important role in hazmat routing management.

4. CONCLUSIONS

The proposed model can concurrently analyze the internal strength criteria weights of hazmat routing criteria in transport management. This speciality serves better information for imposing key/critical decision and provides more accurate ranking orders in hazmat transport management. The IR-DEMATEL model is also very effective in manipulating the vagueness and subjectivity in data since the rough numbers intervals flexibly specifies the uncertain information in experts' knowledge based decisions. Unlike the fuzzy approaches, the IR-DEMATEL needs no auxiliary data (e.g., robust fuzzy membership value, data distribution) in real-world decision problems, which keeps simpler for managers to adopt it in practice. The proposed model helps practitioners to apprehend the inter-relationships among hazmat routing criteria in transport management to produce valuable perceptions and actionable trials.

Although the proposed model serves good in both theoretical and practical perspectives, it has still some margins. The KSF internal strength analyses are totally based on final verdicts of decision experts (DMs), which can make the decision making process more difficult. It is one of the limits of our proposed model. So, for future works, we will consider probability theory to implement the internal strengths of KSFs in HSQ management and to measure their impacts on hospital's performances more accurately. Finally, the different direct-impacts between the KSFs may be distinguished into positive impacts and negative impacts. The proposed IR-DEAMTEL model broadens the theoretical framework of knowledge in the field of routing dangerous loads; the problem is considered using new methodology, in this way creating a basis for further theoretical and practical developments. In addition, this model highlights multiple aspects of risk evaluation on a network of roads, which in previous models have not been considered in a consolidated way, but are of importance to this issue. Their introduction and consolidation with the criterion of operating costs points to the need for more comprehensive approaches in further analyses of hazmat vehicle routing and similar problems.

5. REFERENCES

Carotenuto P, Giordani S, Ricciardelli S. Finding minimum and equitable risk routes for hazmat shipments 2007;34:1304–27. doi:10.1016/j.cor.2005.06.003.

Erkut E, Ingolfsson A. Transport Risk Models for Hazardous Materials: Revisited. Oper Res Lett 2005;33:81–9. doi:10.1016/j.orl.2004.02.006.

Frank WC, Thill J, Batta R. Spatial decision support system for hazardous material truck routing 2000;8:337–59.

Giampaolo C., Raffaele P. Hazardous Materials Transportation: a Literature Review and an Annotated Bibliography. 2008. doi:10.3233/978-1-58603-899-1-33.

Gigović, Lj., Pamučar, D., Bajić, Z., Drobnjak, S. (2017a). "Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas", Water, 6(6), article No. 360, pp. 1-26.

Gigović, LJ., Pamučar, D., Božanić, D., Ljubojević, S. (2017b). "Application of the GIS-DANP-MABAC multi-criteria model for selecting the location of wind farms: A case study of Vojvodina, Serbia". Renewable Energy, 103, pp 501-521. DOI: 10.1016/j.renene.2016.11.057 (M21, IF= 3.404 (24/88)), ISSN 0960-1481.

Gigović, Lj., Pamučar, D., Lukić, D., Marković, S. Application of the GIS - Fuzzy DEMATEL MCDA model for ecotourism development site evaluation: A case study of „Dunavski ključ“, Serbia, Land use policy, 58, 2016, pp. 348–365.

Jia SJ, Yi J, Yang GK, Du B, Zhu J. A multi-objective optimisation algorithm for the hot rolling batch scheduling problem. Int J Prod Res 2013;51:667–81. doi:10.1080/00207543.2011.654138.

Leonelli P, Bonvicini S, Spadoni G. Hazardous materials transportation : a risk-analysis-based routing methodology 2000.

Li R, Leung Y. Multi-objective route planning for dangerous goods using compromise programming 2011:249–71. doi:10.1007/s10109-010-0124-6.

Montoya-Torres JR, López J, Nieto S, Felizzola H, Herazo-padilla N. Computers & Industrial Engineering A literature review on the vehicle routing problem with multiple depots. Comput Ind Eng 2015;79:115–29. doi:10.1016/j.cie.2014.10.029.

Pamučar, D., Ćirović,G.: The selection of transport and handling resources in logistics centres using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC), Expert Systems with Applications, 2015, 42, pp 3016- 3028.

Pamučar, D., Gigović, LJ., Ćirović,G., Regodić, M.: Transport spatial model for the definition of green routes for city logistics centers, Environmental Impact Assessment Review, 2016b, 56, 72-87.

Pamučar, D., Ljubojević, S., Kostadinović, D., Đorović, B.: Cost and Risk aggregation in multi-objective route planning for hazardous materials transportation - A neuro-fuzzy and artificial bee colony approach, Expert Systems with Applications, 2016a, 65, pp 1-15.

Pamučar, D., Mihajlović, M., Obradović, R., Atanasković, P. (2017). Novel approach to group multi-criteria decision making based on interval rough numbers: Hybrid DEMATEL-ANP-MAIRCA model, Expert Systems with Applications, 88, pp. 58-80.

Siddiqui AW, Verma M. A bi-objective approach to routing and scheduling maritime transportation of crude oil. Transp Res Part D 2015;37:65–78. doi:10.1016/j.trd.2015.04.010.

Talarico L. Secure Vehicle Routing: models and algorithms to increase ecutity and reduce costs in the cash-in-transit sector. Faculty of Applied Economics, Universitas, Antwerp, 2015. doi:10.1007/s10288-015-0290-y.

Vahdani, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., MeysamMousavi, S., Ghodratnama. A. (2013). Soft computing based on new interval-valued fuzzy modified multi-criteria decision-making method. Applied Soft Computing, 13, 165–172.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

TEHNOLOŠKI ASPEKT FILOSOFIJE SINERGIJE TECHNOLOGICAL*

ASPECT OF SYNERGY PHILOSOPHY

Boro Dakić[a], Aleksandar Blagojević[b], Nermin Čabrić[c], Predrag Pecikoza[d], Dragan Gatarić[e]

[a] *Železnice RS, Svetog Save 71, Doboj, 74000, BiH, zrsbanjaluka@teol.net*

[b] *Visoka škola za primijenjene i pravne nauke „Prometej" Knjaza Miloša 10a, Banja Luka, 51000, BiH, aleksandar.blagojevic23@gmail.com*

[c] *Regulatorni odbor željeznica BiH, Vojvode Mišića 82A, Doboj, 74000, BiH, cabric.nermin@gmail.com*

[d] *Železnice RS, Svetog Save 71, Doboj, 74000, BiH, ppecikoza@hotmail.com*

[e] *JZU „Dom zdravlja Banja Luka", Sime Matavulja bb, Banja Luka, 51000, BiH, dragan.gataric@yahoo.com*

***Apstrakt**: U radu su na jednostavan način prikazani primjeri sinergijskih efekata s ciljem da se sinergija jasnije definiše. Formalizacijom i umijećem se izvode dokazi o efektima sinergije. Osnovni cilj koji se želi postići je da podstakne istraživače iz oblasti sinergije radi obavezne formalizacije i preslikavanja procesa i operacija u matematičko logičke komponente. Zadatak se odnosi na izvršenje kombinovanja i obrade, kako bi se na izlazu došlo do jasnih efekata sinergije u operativnom inženjerstvu. Istraživanje je pokazalo da sinergijski efekti pridonose poboljšanju efikasnosti operativnih performansi. Sinergijska istraživanja, takođe, ne insistiraju na „krutim", odnosno fiksnim veličinama (kriterijuma), ali ih je svakako dobro poznavati, jer je poželjno imati u vidu uzroke i posljedice efekata sinergije.*

***Ključne riječi:** sinergija, kanali opsluživanja, koncentracija, kriterijumi, efekti*

***Abstract**: The paper presents simple examples of synergistic effects in order to define synergy more clearly. Formalization and skill make evidence of the effects of synergy. The main goal to be achieved is to encourage researchers in the field of synergy in order to formalize and map processes and operations into mathematical logical components. The task relates to the execution of combining and processing, in order to have clear effects of synergy in operational engineering as the outcome. The research has shown that synergistic effects contribute to improving the efficiency of operational performance. Synergy research also does not insist on "rigid" or fixed sizes (criteria), but it is certainly good to know them, since it is desirable to have in mind the causes and consequences of the effects of synergy.*

***Key words:** synergy, service channels, concentration, criteria, effects*

1. UVOD

Termin sinergija je potekao iz grčkog jezika od riječi συνεργός što znači zajedničko djelovanje, saradnja, pomaganje. U dostupnoj literaturi, kao i istraživanjima pojedinih autora (Corning, 1983, 1996a) i (Shkliarevsky i dr., 2016) često je u upotrebi riječ sinergija i sinergetski efekti bez jasnog objašnjenja. Uglavnom se definišu pomoću pojmova interakcija, uzajamno dejstvo (rus. взаимодействие, eng. sinergy), saradnja, podrška, ispomoć,

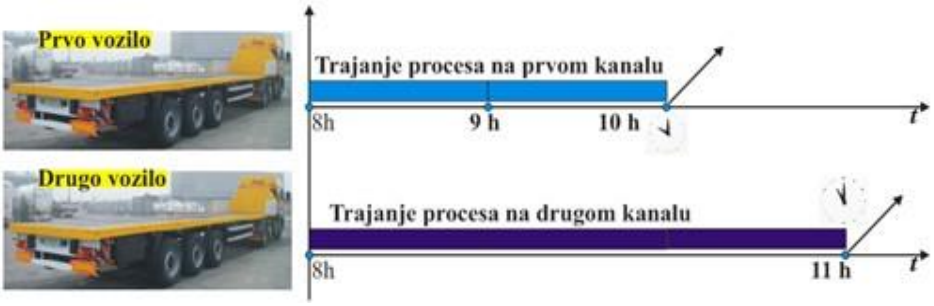
* ***Originalni naučni rad***

saučesništvo i sl. Pojam podrazumijeva učinak interakcije dva ili više faktora, sa karakteristikom da su efekti njihove akcije (djelotvorni učinak) znatno veći od efekata svake pojedinačne komponente u obliku jednostavne sume. Takođe, potrebno je spomenuti da se neki autori bave sinergetskim efektom timova. Marshal (2000) u svom radu navodi da se u okviru timova kao organizacijskog oblika obavljanja poslova i djelatnosti obezbjeđuje sinergija, efekat zajedničkog rada i na taj način porast organizacionih performansi preduzeća kao što su produktivnost i efikasnost. Tim stvara sinergetski efekat čiji je učinak veći od prostog zbira doprinosa pojedinačnih članova.

U radu su na jednostavan način pokazani primjeri sinergetskih efekata sa ciljem da se sinergija jasnije definiše. Nekada sinergija može imati negativne, a nekada pozitivne posljedice, odnosno učinke, pa je njeno definisanje i razumijevanje od izuzetne važnosti. Sinergetske efekte je teško formalizovati, dok nekada to nije slučaj. Kako je vrijeme kao kriterijum i faktor kod sinergije apsolutno prisutan, pored efekata aktivnosti (operacija) prisutni su i procesi. Formalizovanjem i diskretizacijom procesa može se doći do elemenata efekata sinergije koje su objašnjene i izvode se preko koncentarcije i preslikavanja (odvijanja procesa), odnosno koncentracije i preslikavanja uzajamnim djelovanjem koji u sumi daju značajno bolje rezultate.

2. EFEKTI SINERGIJE NA (NE)TRIVIJALNIM PRIMJERIMA

Primjer 1. Na utovar dolaze istovremeno dva vozila (u 8 sati izjutra). Na raspolaganjima su im dva kanala opsluživanja: Jedan kanal može da opsluži (utovari) jedno vozilo za 2 sata, a drugi može da realizuje isto ali, za 3 sata. Ispomoć među kanalima je moguća. Struktura kanala opsluživanja može biti čovjek plus sredstvo odnosno jače ili manje snage sredstvo ili spretniji čovjek. Kako posao obaviti sa najvećim efektima? Koji efekti se dobijaju sinergetskim dejstvom, tj. totalnom ispomoći među kanalima? Na slici 1. grafički je prikazana varijanta, gdje se posao obavlja bez sadejstva dva kanala opsluživanja, tj. svaki kanal opslužuje svoje vozilo. Na osnovu momenata završetka operacija se može zaključiti da vozila čekaju na utovaru ukupno 2+3 vozilo·sati, do otpreme.

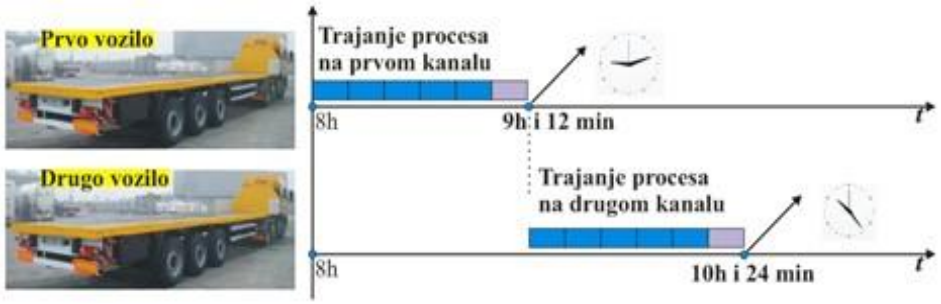


Slika 1. Svaki kanal osplužuje (utovara) odabrano vozilo

Rješenje zadatka sa potpunom ispomoći među kanalima opsluživanja je jednostavan problem, sa aspekta matematike i logike. Dovoljno je jasno definisati (formalizovati) veličine i riješiti jednačinu. Međutim, sva složenost problema u realnim procesima i aktivnostima rješavanjem zadatka se, opravdano, ne vidi (što i nije cilj matematike). Organizacija i tehnologija analiziraju i sintetizuju posljedice koje nosi sa sobom sinergija (Korsakov i dr 2008). Dakle, ako se sa P označi kapacitet utovarne platforme vozila, onda slijedi:

$$\frac{1}{2}\cdot P+\frac{1}{3}\cdot P=1(sat)\rightarrow P=\frac{6}{5}(sati)\rightarrow 1\ sat\ i\ 12\ minuta \quad (1)$$

Još treba primijetiti da kod postavljanja ove jednačine proizilazi da se teret u vremenu ravnomjerno utovara. Varijanta pokazuje totalno sadejstvo među kanalima, slika 2.



Slika 2. Totalna ispomoć (sadejstvo) između kanala ospsluživanja

Posljedice sinergetskih efekata kod druge varijante (uzajamnom ispomoći) su takve da se vozila zadržavaju na utovaru sukcesivno po intervalima od 1 sat i 12 minuta. Ukupni vozilo·sati iznose 2 sata i 24 minuta, za razliku od prethodnog slučaja (5 vozilo·sati, slika 1.). Sa tehnološkog aspekta, pravi se rekapitulacija (analiza) posljedica na osnovu dvije prikazane varijante, koje se sastoje od:

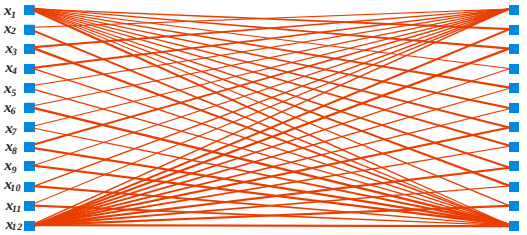
1. Troškova po jedinici vremena (i sumarno) angažovanja kanala opsluživanja za prvu i drugu varijantu i
2. Troškova generisanih čekanjem vozila (i vozača) na utovaru, za prvu i drugu varijantu.

Sumirajući generisane troškove za obje varijante, pokazuje se da druga varijanta generiše manje troškove, odnosno veće efekte. Navedeni primjer 1. je maksimalno pojednostavljen. U igri su bila samo dva kanala opsluživanja sa pojedinačnim vremenskim intervalima opsluživanja i dva vozila koja je trebalo opslužiti, kao i izračunavanje sinergetskih efekata. Sa povećanjem vozila i kanala opsluživanja varijante se proširuju geometrijskom progresijom, imajući u vidu pozitivne i negativne posljedice. Potrebno je uočiti da je do ubrzanja procesa i sinergetskih efekata došlo malo većim angažovanjem bržeg (jačeg, boljeg i sl.) u sadejstvu sa ovim drugim.

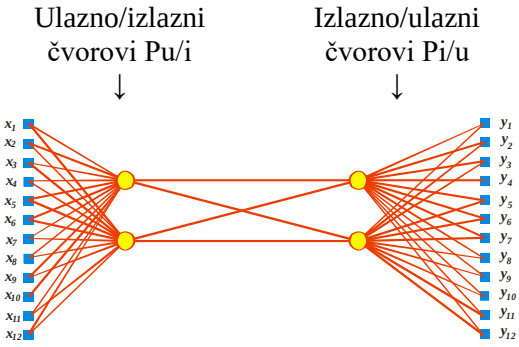
Primjer 2. Da bi se jasnije razumjela uloga sinergetskih procesa može se pokazati na jednostavnom primjeru zahtjeva na ulazu, i to preko jedne osobine zahtjeva - obuhvatnosti. Obuhvatnost podrazumijeva nivo distribucije zahtjeva na potencijalne učesnike u njegovoj realizaciji tj. raspodjelu zahtjeva na više realizatora, organizatora i distributera. U slučaju da komitent (korisnik) zahtjev ispostavi samo jednom učesniku, onda se ovakav zahtjev smatra jednostavnim i sveobuhvatnim. U tom slučaju komunikacije, razmjene informacija i korespondencije u vezi sa zahtjevom su jednolinijske, a u slučaju da imamo „N_{xy}“ (X-pošiljalaca i Y-primalaca i realizatora) učesnika onda se može pojaviti mnoštvo nezavisnih linija razmjene informacija, komunikacija i korespondencija. Na slici 3. je formalizovana djelimična mreža komunikacija, korespondencija i saobraćaja između pošiljalaca, organizatora i realizatora, gdje ne postoje logistički čvorovi, slijedi: $x_1 \rightarrow \{y_1, y_2 \ldots y_{12}\}$, i $x_{12} \rightarrow \{y_1, y_2 \ldots y_{12}\}$ kao i $y_1 \rightarrow \{x_1, x_2 \ldots x_{12}\}$ i $y_{12} \rightarrow \{x_1, x_2 \ldots x_{12}\}$. Lako se može uočiti da je mreža saobraćajnih linija („svako sa svakim“) na relaciji pošiljalac-primalac vrlo

komplikovana. Formalno zapisano, kada postoji skup od X pošiljalaca i Y primalaca (i obrnuto), broj linija veze N_{xy} iznosi:

$$N_{xy} = \sum_{i=1}^{n} X_i \cdot \sum_{j=1}^{m} y_i \qquad \text{ili jednostavnije} \qquad N_{xy} = X \cdot Y \tag{2}$$



Slika 3. Djelimično prikazana veza (saobraćaja, korspondecija i komunikacija) skupova X i Y



Slika 4. Potpuna veza skupova X i Y ostvarena pomoću logističkih čvorova

Kod komplikovanih mreža pri realizaciji tehnoloških procesa i operacija uvode se posrednici (provajderi), slika 4. Prilikom uvođenja skupa posrednika (u oznaci) P broj saobraćajnih linija na relaciji X↔Y se uslovno smanjuje i iznosi:

$$N_p = X \cdot P_{u/i} + P_{u/i} \cdot P_{i/u} + P_{i/u} \cdot Y \tag{3}$$

Gde je:

- N_p – broj saobraćajnih, korespondentnih i komunikacionih linija,
- $P_{u/i}$ – broj ulazno/izlaznih posrednika i
- $P_{i/u}$ – broj izlazno/ulaznih posrednika.

Broj linija veze se smanjuje pod uslovom $N_p < N$. Da bi navedeno bilo zadovoljeno uvrštavajući, odnosno zamjenom veličina iz (2) i (3) treba da je:

$$X \cdot P_{u/i} + P_{u/i} \cdot P_{i/u} + P_{i/u} \cdot Y < X \cdot Y \tag{4}$$

Uvođenjem strožije varijante tj. $P = max\,(P_{u/i}\ ;\ P_{i/u})$ treba da je:

$$X \cdot P + P^2 + Y \cdot P < X \cdot Y$$
$$X \cdot P + P^2 + Y \cdot P - X \cdot Y < 0 \text{ ili (or) } P^2 + P(X+Y) - XY < 0 \tag{5}$$

$$P < \frac{-(X-Y)}{2} + \frac{\sqrt{(X+Y)^2 + 4XY}}{2} \tag{6}$$

Izvedena formula (6) pokazuje racionalnu primjenu provajdera, zbog smanjenja broja korespodentnih i komunikacionih linija veze. Odnosno P kao broj posrednika mora da bude manji od desne strane. U suprotnom mjesta koncentracije nemaju svrhu, što se odnosi i na ostale logističke centre. Logično je da se uzimaju samo cjelobrojne vrijednosti. Ako je na primjer: $X = 10$ i $Y = 10$, maxP ($P_{u/i}$; $P_{i/u}$) ≤ 4. Međutim, u praksi, broj posrednika u odnosu na broj klijenata u korespondencijama i komunikacijama je mnogo puta manji, pa je približno i toliko puta manji broj saobraćajnih linija (zbog linearne zavisnosti). Kada pošiljaoci

između sebe vrše razmjenu informacija ($X \leftrightarrow X;\ Y \leftrightarrow Y$) onda potpun obuhvat broja linija u interativnim razmjenama iznosi (Korsakov i dr, 2008):

- između pošiljalaca $N_x = X \cdot (X-1)/2$ (7)

i analogno

- između organizatora i realizatora $N_y = Y \cdot (Y-1)/2$ (8)

Dakle, potpun obuhvat linija razmjene informacija, sabirajući jednačine (6), (7) i (8), iznosi:

$$N = X \cdot Y + X \cdot (X-1)/2 + Y \cdot (Y-1)/2 \quad (9)$$

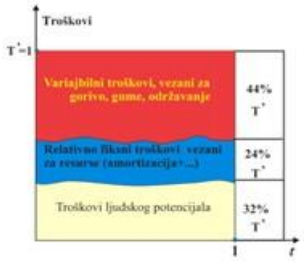
Navedene osobine, u praktičnom smislu su generisale sinergetsku mrežu logističkih provajdera (čvorova) kao relevantne posrednike u međunarodnim tokovima materijala, informacija i energije. Naime, smanjenjem broja saobraćajnih, korespondentnih i komunikacionih linija, uvođenjem posrednika, postiže se više ciljeva:

- smanjenje broja saobraćajnica i lakše održavanje postojećih,
- generisanje više alternativa sinergetskim transakcijama,
- smanjenje potrošnje energije, naročito ukrupnjavanjem tereta, koncentracijom informacija...,
- jednostavnija i lakša upravljivost nivoom buke i zagađenja,
- uštede u korespondencijama i komunikacijama.

Klasifikovana koncentracija ima prednosti u generisanju više alternativa i izbor najpovoljnijih po zahtjevima „just in time“ kao i realizaciju u skladu sa savremenim zahtjevima transporta, dekompozicije i diversifikacije (Corning, 1995., 1996a).

Primjer 3. Kriterijum puta (rastojanja) i kriterijum vremena (vremenskog intervala) sinergijom u željezničkom i drumskom transportu.

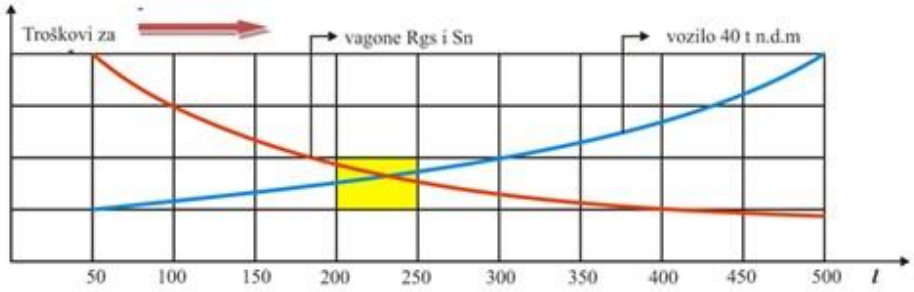
U složenim sistemima određenim ključevima moguće je upoređivanje (određenim transformacijama i preslikavanjem) kriterijuma puta (rastojanja) i kriterijuma vrijeme u toku procesa i operacija u cilju smanjivanja ukupnih troškova složenog sistema. Da bi se uveo kriterijum pređeni put i vrijeme, potrebno je služiti se analizom troškova u drumskom i željezničkom transportu na ovim prostorima. Na slici 5, prikazano je generisanje troškova po jedinici vremena za drumski i za željeznički transport, gdje je osmočasovni rad ljudskog potencijala kao i rad jedinica raspodijeljen po intervalu od 24 časa a grafikoni, su konstruisani na prosječnoj dužini od 250 km ($l_{tov}+l_{pr}$) po prosječnom obrtu. Posmatrano u vremenu željeznički transport ima manje troškove (na prosječnoj dužini od 250 km/obrt svedene na jedinicu, kao i cijenu prevoza koja se koleba oko 85% u odnosu na drumski).



Slika 5. Generisanje troškova po jedinici u drumskom transportu

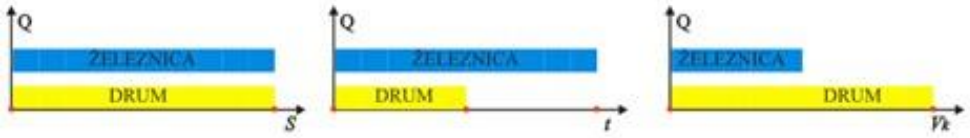
Slika 6. Generisanje troškova po jedinici u željezničkom transportu

U željezničkom transportu kola provedu prosječno oko 38% vremena na početno-završnim operacijama, 35%, na ranžiranju 32% i oko 28% u prevozu (izvor: operativni godišnji izvještaj ŽS, 2016) pa je učešće tih troškova na kraćim relacijama nepovoljnije u odnosu na drumski transport, što se vidi po troškovima i po jedinici na grafičkom prikazu, slika 7.



Slika 7. Grafički prikaz generisanja troškova u funkciji pređenog puta

Na slici 8, u drumskom i željezničkom transportu, radi ilustracije poređenjem puta i vremena, dati su odnosi jednog pređenog puta (željeznica i drum) kao i utrošeno vrijeme ili realizovanu komercijalnu brzinu.



Slika 8. Odnos puta i vremena sveden po jedinici.

Na osnovu izloženog u cilju poređenja važnosti kriterijuma puta i vremena može se zaključiti sljedeće:

- Kada su vagoni prazni i ako imaju definisan transportni zadatak tj, destinaciju za utovar i kada drumska vozila imaju definisan transportni zadatak do mjesta utovara onda se generišu veći fiksni i direktni troškovi kod željezničkog transporta, pa u tom slučaju uvođenje kriterijuma u cilju skraćenja vremena u odnosu minimizaciju puta ima prednost (veću „težinu“) u dvokriterijumskom programiranju, a kod drumskog transporta je to manje izraženo (Krawiec, 2016) i (Shkliarevsky i dr., 2016).
- Optimizaciju pomoću kriterijuma pređenog puta i vremena do utovara koje podrazumijeva čekanje do utovara ili čekanje+otprema do utovara treba podešavati tako da se prati generisanje troškova po putu i vremenu. Za veći pređeni put promjenljivi troškovi su izraženiji kod drumskog prevoza, nego kod željezničkog (Krawiec, 2016) i (Shkliarevsky i dr., 2016).

Ako se sa x označi (slika 9.) generisan trošak po transportnoj jedinici, a sa $t_{\check{c}}$ -vremenski interval čekanja (transportne jedinice u mirovanju) i sa t_l –vremenski interval jedinice u prevozu onda integralna površina generisanja troškova T po transportnoj jedinici se dijeli na transportne troškove u mirovanju i transportne troškove na putu i na željeznici se izračunava:

- $T_{l\check{z}} = x \cdot tl \rightarrow T_{l\check{z}}$ - generisan trošak željezničke transportne jedinice u putu i
- $T_{\check{c}\check{z}} = 0.71 \cdot x \cdot t_{\check{c}} \rightarrow T_{\check{c}\check{z}}$ - generisan trošak željezničke transportne jedinicena u čekanju.

dok se u drumskom transportu izračunava:

- $T_{ld} = x \cdot t_l \rightarrow T_{ld}$ - generisan trošak drumske transportne jedinice u putu i
- $T_{čd} = 0.56 \cdot x \cdot t_č \rightarrow T_{čd}$ - generisan trošak drumske transportne jedinice u čekanju.

Željeznica Drum

Slika 9. Grafički prikaz raspodjele troškova na željeznici i drumu svedenih na transportne jedinice u radu

Za željeznicu 24 časa čekanja jedinica u stanici generišu trošak po integralnoj površini veći nego 17 časova na putu, a kod drumskog transporta 13 časova na putu. To su dakle, sinergetski elementi za uvođenje kriterijuma pri optimizaciji transportnih problema kako bi se približili optimalnim rješenjima uz pažljivu analizu tokom cijelog obrta. Svođenje troškova po transportnoj jedinici ima svoj smisao u činjenici da su transportne jedinice nosači tereta u premještanju materijalnih dobara.

Uzajamno dejstvo željezničkog i drumskog transporta u procesima transporta materijalnih dobara može da generiše ogromne uštede, odnosno koristi, ako se od strane tehnologa, realizatora i organizatora izvrši racionalno kombinovanje.

3. FILOSOFIJA SINERGIJE

Stare orijetalne i antičke civilizacije hiljadama godina su se više bavile vještinama i mudrošću, a manje umijećem, što je imalo za posljedicu male (spore) izume (otkrića) kroz vijekove a koja se posljenjih vijekova razvijaju geometrijskom progresijom. Dakle umijeće teži (konvergira) ka izumu, nečem novijem efikasnijem i efektivnijem, ali svakako ne može bez sinergije mudrosti i vještine.

Iako vještina, mudrost i umijeće u opštem slučaju mogu da se posmatraju kao sinonimi, u inženjerstvu se razlikuju kao kriterijumi. U inženjerskim poslovima vještina je usko povezana sa operacijama (aktivnostima) koja se realizuje pomoću opservacija sa jedne strane i savladavanja ograničenja, otpora i prepreka sa druge strane. Kao takva, vještina se koristi za podizanje nivoa efikasnosti. Mudrost, međutim, podrazumijeva težnju ka dubokom znanju i rasuđivanju i inženjeri je podrazumijevaju kao težnju ka većoj efektivnosti, primjenjujući fundamentalne nauke. U inženjerskim poslovima postoji poslovica, kao pošalica „Sve zna, ali ne zna rukama“, i suštinski znači da umijeće podrazumijeva praktičnu realizaciju na osnovama mudrosti i vještine i inženjeri je povezuju sa efikasnošću i efektivnošću. Dakle, umijeće podrazumijeva upravljenje tolerancijama, odstupanjima, korigovanjima da bi se došlo do efikasnog i efektivnog cilja. Sinergija je ta koja upućuje na kombinovanje mudrosti, umijeća i vještine (Shkliarevsky, 2016).

Uzajamno dejstvo u sistemima, a naročito u oblasti tehnologija podrazumijeva funkcionalnu organizaciju elemenata i to je razumljivo, međutim, treba zaključiti da je uloga svakog elementa na pravom mjestu i u pravo vrijeme bitna da sistem generiše kompetetivan

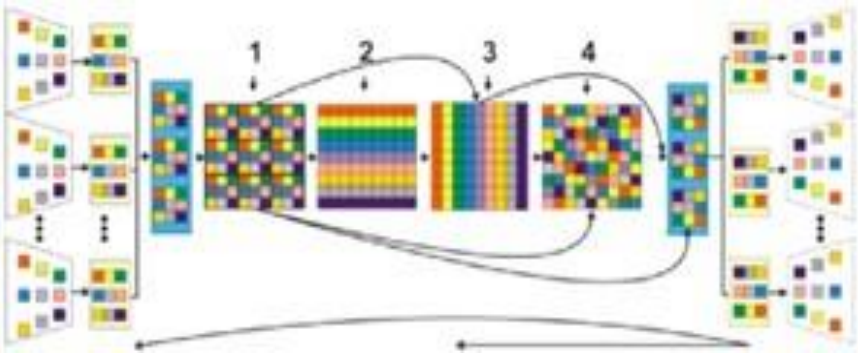
rezultat. Nekada serijske (sukcesivne) veze procesa i operacija daju bolji rezultat, a nekada paralelne.

Kod složenih sistema mnogo je cjelina koje kombinuju serijske i paralelne veze. Kada je riječ o sinergiji onda treba znati da ona ima ulogu u svim slučajevima. Kod serijskih veza procesa i operacija je najčešće, vrlo bitan sinergetski poredak procesa i operacija (npr. 1,2,3...; 2,1,3...; 3,1,2... i dr), a kod paralelnih veza kombinacija (jačeg i slabijeg, bržeg i sporijeg, više pouzdanijeg i manje pouzdanijeg...). Na taj način se dolazi do efikasnijeg i efektivnijeg sistema.

Dovoljne su tri narodne izreke da se razumije o čemu se govori, a to su: „Da se zna ko kosi a ko vodu nosi“, Da se zna ko malter miješa a ko nosi visak“ i „Da se zna ko vozi, a ko kapiju otvara“ (Krawiec, 2016).

Proučavanje efekata sinergije u raznim vrstama procesa i aktivnosti npr. kod tehnologije i organizacije odigralo je značajnu kreativnu ulogu u evoluciji funkcionalne organizacije života, rada i odmora ljudskog potencijala, sa jedne strane, zatim racionalnijeg korišćenja sredtsava za rad i generisanje boljih proizvoda, odnosno rezultata.

Neophodno je napomenuti da tehnologija procesa i operacija, (slika 10.), rješava kompozicione probleme koristeći vještinu, gdje se na „ulazu“ pojavljuje koncentracija i klasifikaija (prikazano u različitim bojama) i različitim kompozicijama (sa različitim kombinacijama) u odnosu na „izlaz“, traže se najbolja rješenja, a koji se tretira kao distribucija i diversifikacija.



Koncentracija i klasifikacija | Vještina formiranja kompozicija | Distribucija i diversifikacija

Slika 10. Koncept rada tehnologije

4. UMJESTO ZAKLJUČKA

Sinergija, kao istorijska komponenta kako ljudskog uzajamnog djelovanja (fizičkog, umnog i empirijskog), tako i udruženog potencijala sredstvima rada, u savremenom intervalu predstavlja imperativ za proučavanje da bi se generisali kompetitivni efekti, na neumoljivom svjetskom tržištu. Kako je u radu izvršeno nekoliko formalizacija i preslikavanja autori sebi daju za pravo da definišu pojam sinergije:

Sinergija predstavlja uzajamno djelovanje ljudskog potencijala (vještina, mudrost i umijeće) i sredstava rada ili komponenti u cilju postizanja optimalne funkcije cilja na izlazu sa maksimalnim pozitivnim efekatima.

Jasno je da pojedini procesi i aktivnosti sinergetskim djelovanjem mogu generisati i negativne posljedice, ali se u radu ne izlazi iz okvira inženjerske tehnologije i organizacije.

Ovaj rad pokazuje da je znanje jedan od najvažnijih organizacionih resursa u postizanju visokih operativnih performansi što implicira da je sa istim potrebno upravljati na adekvatan način. Efikasnost poslovnog sistema moguće je poboljšati ostvarivanjem pozitivnih operativnih sinergetskih efekata. Sinergetski efekat donosi veće rezultate od pojedinačnih. Rad otvara mogućnost daljih pravaca istraživanja u identifikaciji i iskorišćenju sinergetskih efekta u operativnom inženjerstvu.

5. LITERATURA

Corning, P. A. (1995). Institute for the Study of Complex Systems, *Systems Research, 12(2),*89-121.

Corning, P.A. (1983). The Synergism Hypothesis. *A Theory of Progressive Evolution*, New York, McGraw Hill.

Corning, P.A. (1996a). The Co-operative gene. On the role of synergy in evolution. *Evolutionary Theory, 11, 183-207.*

Marshall, J. (2000).Team work, New York.

Krawiec, A. E. (2016). Socio-Economic Implications of Female Inclusion in Organizational Structures and in Leadership Positions, *International Journal of Management and Economics*, 49(1), 106-134.

Shkliarevsky, G., & Democracy, R. A. (2016). Systems Perspective on the Global Unrest, *Systems Research and Behavioral Science*, 33(3), 452-470.

Корсаков, М.Н., & Ребрин, Ю.И., & Федосова, Т.В., & Макареня, Т.А., & Шевченко И.К. (2008). Экономика, организация и управление на предприятии, Таганрог: ТТИ ЮФУ, 440с.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

KRIVULJE U POMORSKOJ NAVIGACIJI*

CURVES IN MARITIME NAVIGATION

Tatjana Stanivuk[a], Ajka Relja[b], Ivan Bajrić[c]
[a] *Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Ruđera Boškovića 37, 21 000 Split, Hrvatska, tstanivu@pfst.hr*
[b] *Sveučilište u Splitu, Livanjska 5, 21 000 Split, Hrvatska, ajka.relja@gmail.com*
[c] *student, Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Ruđera Boškovića 37, 21 000 Split, Hrvatska*

***Sažetak**: Cilj rada predstavlja prikaz matematičkih modela krivulja loksodroma i ortodroma u funkciji optimizacije duljine putanje tijekom brodske navigacije. Zbog izravne povezanosti s ukupnim troškovima tijekom putovanja, takve manipulacije od izrazitog su značaja za pomorski transport. Dosadašnja istraživanja idu u smjeru izračuna brodske plovidbe po loksodromi koja se proteže između dvije pozicije na Zemlji u nepromijenjenom kursu. Najveća uočena manjkavost je što loksodroma predstavlja duži put između dvije točke na Zemlji, dočim se njezina prednost sagledava kao praktičan izbor prilikom plovidbe na manjim udaljenostima, zatvorenim morima, prolazima, tjesnacima i kanalima. Ortodroma predstavlja kraći luk velike kružnice koja prolazi kroz dvije točke na Zemlji. Praktične prednosti plovidbe po ortodromi jesu u najkraćem putu između dviju luka kao i u uštedi koja je najizraženija na srednjim širinama Tihog oceana, kao i kada su kursovi blizu 90°i 270°, a zanemariva što su kursovi bliži meridijanu. Nedostaci jesu u tome što bi, teorijski, trebalo neprekidno mijenjati kurs jer ortodroma siječe sve meridijane pod različitim kutovima. Primjena ovih krivulja je od velikog značaja u brodskom prometu iz razloga optimizacije troškova goriva i smanjenja financijskih troškova unutar cjelokupnog brodskog prometa. Buduća istraživanja usmjeravaju se prema predlaganju i projekciji najoptimalnijih putanja za specifične rute brodskog transporta.*

***Ključne riječi:** krivulje, loksodroma, ortodroma, pomorski transport*

***Abstract**: The aim of this paper is to present mathematical models for optimization of the ship's navigational course length. Such manipulations are of the paramount importance for the maritime transport due to the direct link with the total cost of the travel. Previous research calculated the ship's navigational route as loxodrome that stretches between two positions on Earth at an unchanged course. Loxodrome accounts for longer path which is the biggest discernible shortcoming, but an advantage while navigating on smaller distances, closed seas, passages, straits and canals. Navigation on orthodrome is the shortest path between the two ports as it represents shorter arc of great circular. Practical advantages are savings that are most pronounced in the mid-latitudes of the Pacific Ocean, as well as when the courses are close to 90° and 270°, but negligible when closer to the meridian. The disadvantage is the continuous change of course as orthodrome intersects with all meridians under the different angles. The use of these curves is of great importance in ship transport due to the optimization of fuel costs and the reduction of financial costs. Future research is directed towards suggesting and projecting the most optimal courses for a specific routes.*

***Key words:** curves, loxodrome, orthodrome, maritime transport*

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

1. UVOD

Pomorstvo je djelatnost stara gotovo kao i ljudski rod. Razvitak pomorstva od jednostavnih prvih vozila do suvremenih, tehnički i tehnološki složenih sustava za prijevoz morem proučavan je tijekom više tisuća godina (Stanivuk et all., 2017a). Prilikom konstrukcije suvremenih brodova velika pažnja posvećuje se matematičkim mjerenjima i proračunima (Molland, 2008). Brodsku konstrukciju možemo opisati raznim krivuljama, npr. sam izgled brodskog trupa je u obliku krivulje, najčešće u obliku slova „U“ ili „V“ koji se opisuje parabolom (Grubišić, 2001). Velika pažnja pridaje se matematičkim proračunima prilikom konstruiranja zbog značajnog doprinosa brodskoj sigurnosti i stabilnosti tijekom plovidbe (Stanivuk et all., 2017b), ali i povećanja nosivosti ukrcajnog tereta zbog naglo nastalog povećanja opsega robnog prometa (Misra, 2016).

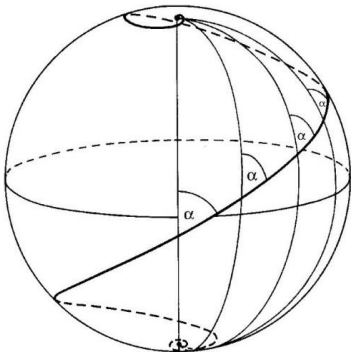
Modeliranja matematičkim krivuljama ne pomažu samo graditeljima brodova već se ona koriste i u svakodnevnim poslovima samih pomoraca (Weintrit i Tomasz 2011). Današnja pomorska navigacija ne bi bila moguća bez implementacije matematičkih krivulja loksodrome i ortodrome koje plovidbu čine ekonomski isplativijom i vremenski kraćom. Ovisno o odabiru brodskog kursa, uštede mogu značajno doprinijeti ukupnom smanjenju troška brodske plovidbe.

2. KRIVULJE U POMORSKOJ NAVIGACIJI

Grafički prikaz neprekidne matematičke funkcije u višedimenzionalnom prostoru nazivamo krivuljom. Ovisno o cilju i metodi istraživanja krivulju opisujemo na dva načina, implicitnom jednadžbom ili parametarskim prikazom. Zapis u implicitnom obliku koristimo ukoliko krivulju promatramo kao skup točaka u ravnini ili prostoru, dok parametarski oblik zapisivanja primjenjujemo prilikom opisivanja položaja čestice s obzirom na vrijeme.

Dvije najvažnije krivulje u pomorskoj navigaciji su loksodroma i ortodroma (Bajrić, 2016).

2.1. Loksodroma



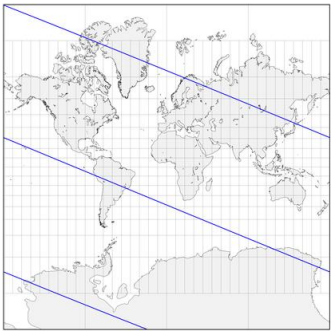
Slika 1. Loksodroma

Izvor: http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/loksodroma;3933638.html

Loksodroma (grč. LOKSOS = kos, DROMOS = put) prostorna je krivulja zavojitog oblika koja leži na sferi i siječe sve meridijane pod istim kutom. Karakterizira je spiralni oblik gdje ishodište i završetak teže prema zemaljskim polovima, ali nikada ga ne dostižu (Slika 1).

Iznimka tome dva su slučaja kada kut kojeg zatvara krivulja s meridijanom iznosi 90 ili 270 stupnjeva. Tada loksodroma ima oblik kružnice dobivene presijecanjem zemaljske kugle s ravninom okomitom na polarnu os. U slučajevima kada je takva kružnica ujedno i glavni meridijan, loksodroma je jednaka ortodromi.

Kut pod kojim loksodroma siječe meridijane određuje se s obzirom na polaznu i odredišnu točku, te postoji izbor različitih loksodroma između dviju točaka na zemaljskoj kugli. Prednost takve navigacije je njezin jednostavan prikaz na Mercatorovoj karti u obliku pravca (Slika 2). Brod prilikom brodske plovidbe po loksodromskom kursu plovi po loksodromi između polazne i odredišne destinacije po nepromijenjenom kursu, pa upravo ona najkraća je i najvrjednija za pomorsku navigaciju. Najveći nedostatak takve plovidbe jest što takav put nije i najkraći put, stoga se loksodromski kurs izabire pri plovidbi na manjim udaljenostima, zatvorenim morima, prolazima, tjesnacima i kanalima.

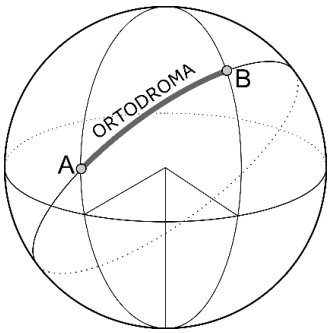


Slika 2. Prikaz loksodromi na Mercatorovoj karti

Izvor: http://www.progonos.com/furuti/MapProj/Normal/CartProp/Rhumb/

2.2. Ortodroma

Ortodroma (grč. ORTOS = ravan, DROMOS = put) je kraći luk velike kružnice koja prolazi kroz dvije točke na zemaljskoj kugli. Kroz dvije točke na Zemlji može prolaziti samo jedna ortodroma. Takva krivulja svaki meridijan siječe pod različitim kutom, te predstavlja najkraću udaljenosti između dviju točaka na zemaljskoj kugli (Slika 3).



Slika 3. Ortodroma

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ortodroma.png

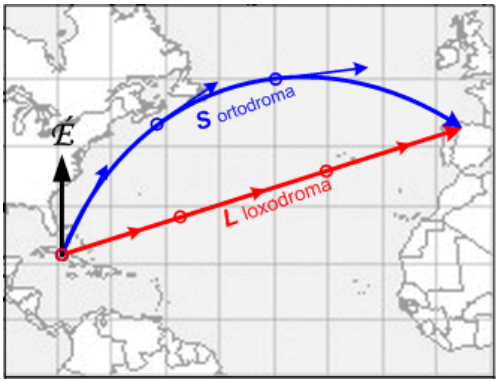
Plovidba po ortodromi je i najkraća plovidba između dvije luke. Najizraženije uštede tijekom plovidbe prisutne su na srednjim širinama Tihog oceana, dok je ista na Atlantskom

oceanu zanemariva. Dodatne uštede također su uočljive kada su kursovi blizu 90 i 270 stupnjeva, ali zanemarive što su kursovi bliži meridijanu.

Potreba za neprestanim mijenjanjem kursa kako bi brod održao putanju po ortrodromi koja svaki meridijan siječe pod različitim kutom glavni je nedostatak plovidbe po ortrodromskom kursu. Takav nedostatak se u praksi rješava podjelom jedne duge ortrodromske krivlje na više manjih loksodromskih krivulja. Tada se kurs plovidbe mijenja samo u međutočkama prijelaza iz jednog loksodromskog kursa u drugi.

Dodatni nedostatak i potencijalna opasnost je to što plovidba po ortodromi vodi u velike geografske širine. U takvim situacijama odluku o kursu donosi zapovjednik prema procjeni rizika na prevelikim širinama ili nepovoljnih meteoroloških uvjeta. Kao alternativnu putanju plovidbe može izabrati kombiniranu plovidbu, kombinaciju plovidbe po krivuljama loksodrome i ortodrome. Tada se određuje paralela kao granica preko koje se neće ploviti, do koje i od koje se plovi po ortodromi, dok se po njoj između graničnih točaka plovi loksodromom. [navod 2]

Ortodromu na Mercatorovoj karti prikazujemo zaobljenom krivuljom, ispupčenom prema polu (Slika 4).



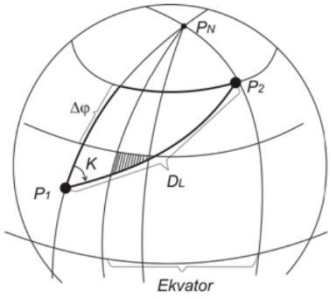
Slika 4. Usporedba prikaza ortodrome i loksodrome na Mercatorovoj karti
Izvor: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/hu/e/e4/Paradoxon.gif

3. LOKSODROMSKA NAVIGACIJA

Prilikom utvrđivanja loksodromskog kursa potrebno je riješiti loksodromske zadatke. Izravno grafičko rješavanje takvih zadataka uz pomoć Mercatorove navigacijske karte je najlakši, najbrži i najčešće primjenjivani način, ali i najmanje točan. Preslikavanje elemenata puta u takvim slučajevima podrazumijeva pretpostavku kako je Zemlja ravna ploča pa pogreške koje nastaju pri takvom računanju zanemarive su jedino pri plovidbi na manjim udaljenostima. Problem loksodromske plovidbe za veće udaljenosti, odnosno one veće od 500 nautičkih milja, rješavaju se korištenjem karte Mercatorove projekcije na kojoj je Zemlja prikazana u ravnini.

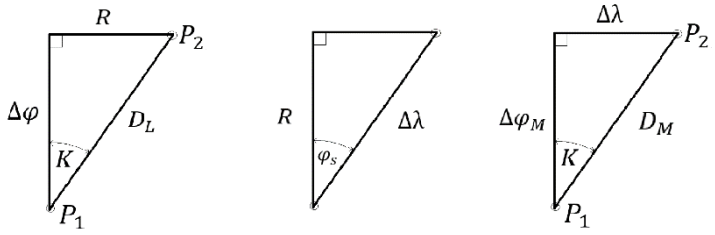
Prvi korak u određivanju loksodromskog kursa utvrđivanje je loksodromskog trokuta (Slika 4). Takav pravokutni trokut karakteriziran je tzv. loksodromskim kutom (K) i hipotenuzom koja predstavlja opći loksodromski kurs (K_L). Loksodromski kurs za sve navigacijske kvadrante određuje se uz pomoć loksodromskog kuta. Nužni uvjet za formiranje loksodromskog trokuta zadovoljen je ako se polazna i odredišna točka brodske plovidbe nalaze

na različitim meridijanima i paralelama, pa tada vrijedi $0^0 < K < 90^0$. U slučajevima plovidbe kada se loksodromski kurs podudara s meridijanom ($K = 0^0$) ili paralelom (90^0), problem konstrukcije loksodromskog trokuta svodi se na formiranje dužine te se takav način plovljenja smatra specijalnim slučajem plovidbe po meridijanu, ekvatoru ili paraleli.



Slika 4. Određivanje loksodromskog trokuta
Izvor: http://www.pfri.uniri.hr/~brcic/downloads/8.%20Terestricka%20navigacija

Prilikom plovidbe po loksodromi potrebno je izračunati navigacijske parametre. Razlikujemo dva karakteristična problema vezana za izračunavanje kursa ili određivanje apsolutne pozicije odredišne točke. Prvi loksodromski problem češće je prisutan u praksi, te se odnosi na izračunavanje loksodromske udaljenosti i određivanje općeg loksodromskog kursa plovidbe uz pomoć poznatih apsolutnih koordinata polazne i odredišne točke. Drugi loksodromski problem odnosi se na određivanje apsolutne kooordinate odredišne točke prilikom čega je poznata apsolutna kooordinata polazne točke, loksodromski kurs plovidbe te sama prijeđena udaljenost od polazne točke. Navedeni problemi rješavaju se pomoću jednadžbi jednostavnih matematičkih relacija trigonometrije izvedenih iz tri loksodromska trokuta (Slika 5). Prvi trokut još se zove trokutom kursa, drugi loksodromski trokut trokutom srednjih geografskih širina, dok je treći trokut poznat kao Mercatorov trokut.

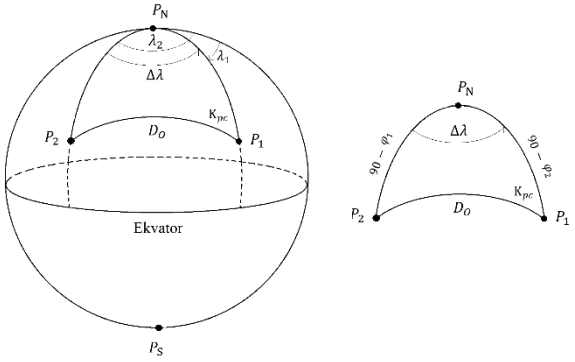


Slika 5. Tri loksodromska trokuta (Izvor: izradili autori)
Izvor: izradili autori

Oznake na Slici 5 su sljedeće: polazna točka (P_1), odredišna točka (P_2), loksodromska udaljenost polazne i odredišne točke (D_L), loksodromski kut (K), kraći luk paralele između meridijana dviju točaka na njihovoj srednjoj geografskoj širini (R), relativna koordinata dobivena razlikom geografskih širina polazne i odredišne točke ($\Delta\varphi$), relativna koordinata dobivena razlikom geografskih dužina ($\Delta\lambda$), relativna koordinata dobivena razlikom Mercatorovih širina ($\Delta\varphi_M$), srednja geografska širina točaka (φ_s), te hipotenuza Mercatorovog trokuta (D_M).

4. ORTODROMSKA NAVIGACIJA

Prednost plovidbe po ortodromi nasuprot one po loksodromi postala je izražena razvitkom brodskih karakteristika, ali i porastom cijena goriva. Povećanje nosivosti broda uslijed poboljšanja izvedbe brodskih konstrukcija te implementacije novih tehnologija značilo je i porast potrošnje goriva. Duljine plovidbe tako je postala jedan od važnijih faktora doprinosa konačnoj cijeni plovidbe od polazne do odredišne točke putovanja. Upravo zbog stalnog porasta cijena goriva u današnje vrijeme svaka optimizacija prilikom plovidbe doprinosi značajnim uštedama. Najznačajnije uštede mogu se ostvariti na ortodromskim plovidbama iz luka Južne Amerike do luka Australije, Novog Zelanda ili Indonezije. Također, važne uštede su prilikom plovidbe na sjevernom i južnom Pacifiku kada se iste procjenjuju do 500 nautičkih milja.



Slika 6. Određivanje ortodromskog trokuta
Izvor: izradili autori

Prvi korak u određivanju ortodromskog kursa utvrđivanje je sfernog trokuta čije su stranice lukovi velikih kružnica karakterističnih za zadanu plovidbu (Slika 6). Oznake na slikama su sljedeće: sjeverni i južni polovi (P_N *i* P_S), polazna (P_1) i odredišna točka (P_2) s pripadajućim geografskim širinama φ_1 *i* φ_2 i dužinama λ_1 *i* λ_2. Geografska širina polazne točke je luk meridijana od ekvatora do te točke, analogno za geografsku širinu odredišne točke. Udaljenost ekvatora i zemaljskog pola je 90E, pa luk takvih meridijana dobivamo kao razliku pripadajućih geografskih širina. Na primjer, luk meridijana od pola do polazne točke poprima vrijednost $(90 - \varphi_1)$, dok onaj od pola do odredišne točke ima vrijednost $(90 - \varphi_2)$. Kut u polu kojeg zatvaraju navedeni meridijani predstavlja razliku geografskih dužina polazne i odredišne točke ($\Delta\lambda$). Luk velike kružnice koja prolazi polaznom i odredišnom točkom je ortodroma, a njena duljina predstavlja ortodromsku udaljenost (D_O). Kurs na početku putovanja određen je priklonim kutom meridijana u polaznoj točki i uzdužnice broda. S obzirom kako plovidba po ortodromskom kursu zahtijeva neprestano mijenjanje kursa, takav kut u svakoj sljedećoj točki poprima različiti iznos. Stoga kurs na početku plovidbe označavamo kao početni ortodromski kurs (K_{pc}).

Poznati elementi takvog trokuta prilikom određivanja i rješavanja problema ortodromske plovidbe najčešće su komplement geografske širine polaznog i odredišnog položaja te početni ortodromski kurs. Ostale parametre ortodromske navigacije izračunavaju se primjenom pravila sferne trigonometrije.

5. ZAKLJUČAK

Jedina ulaganja u pomorskom prometu su ona za izgradnju prihvatnih terminala ili luka, te nije potrebno ulagati u pomorske putove kao za cestovni ili željeznički promet. Velika prednost pomorskog transporta je također i njegova ekonomska isplativost kojoj doprinose veliki skladišni kapaciteti broda. Upravo iz tih razloga je pomorstvo, neovisno o teretu koji se prijevozi, najjeftiniji i najzastupljeniji oblik prijevoza. Pri svakoj takvoj plovidbi trebaju biti zadovoljeni uvjeti plovnosti, stabilnosti, sigurnosti, te brzine koji se modeliraju primjenom matematike. Rješavanje takvih složenih matematičkih problema zahtjevan je posao, pa pomorci koji koriste krivulje u svakodnevnom radu moraju biti educirani kako ne bi izlagali sebe ni posadu dodatnom riziku te ih dovodili u nepotrebnu opasnost.

Kako bi plovidba bila ekonomski isplativija i vremenski kraća, u pomorskoj se navigaciji koriste krivulje loksodrome i ortodrome. Plovidba po ortodromi donosi veće uštede, ali u posebnim situacijama potrebno je izabrati loksodromski kurs. Takve uštede doprinose ukupnom smanjenu troška cijele plovidbe jer reduciraju troškove za gorivo. S obzirom na porast cijena goriva, takve uštede nisu neznatne te je optimizacija brodskog kursa nužna za održavanje isplativosti brodskog transporta u budućnosti.

6. REFERENCE

Bajrić I. (2016). Krivulje u praktičnim primjerima iz pomorstva. Završni rad, Pomorski fakultet u Splitu.

Grubišić I. (2001). Geometrija broda. Digitalni udžbenik, FSB Zagreb.

Misra, S.C. (2016). Design Principles of Ships and Marine Structures. CRC Press.

Molland, A. F. (2008). The maritime engineering reference book: A guide to ship design, construction and operation. Amsterdam: Butterworth-Heinemann.

Stanivuk, T., Galić, S., Bojanić, M. (2017a). Mathematics as a Science and Marine Activity Follow Each Other Throughout History. Transactions on Maritime Science, 06(01).

Stanivuk, T., Relja, A., Galić, S., Šalov, I. (2017b). Modeliranje brodske ravnoteže i njihanja nastalog utjecajem morskih valova. XV Međunarodno savjetovanje „Saobraćajni, ekološki i ekonomski problemi i perspektive rješavanja u zemljama zapadnog Balkana s osvrtom na Bosnu i Hercegovinu, 325-360.

Stanivuk, T., Relja, A., Tiganj, L. (2017c). Dekompozicija potrošnje i analiza potencijalne uštede goriva tijekom brodske plovidbe. XV Međunarodno savjetovanje „Saobraćajni, ekološki i ekonomski problemi i perspektive rješavanja u zemljama zapadnog Balkana s osvrtom na Bosnu i Hercegovinu, 96-106.

Weintrit, A., Tomasz N., (2011). Methods and Algorithms in Navigation: Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. CRC Press.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

ANALIZA SEKTORA MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA U REPUBLICI SRPSKOJ*

ANALYSIS OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

Irena Đalić, Slobodan Subotić, Svetlana Terzić, Siniša Božičković

University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina, i.naric@yahoo.com, subotics@telrad.net, terzic_svetlana@yahoo.com, bsinisaa@yahoo.com

***Apstrakt**: Posljednjih godina dvadesetog vijeka, došlo je do razvoja novih znanja i svijesti pojedinaca. Preduzetništvo postaje aktuelno kao nosilac privredne aktivnosti. Međutim, ono što treba naglasiti jeste da preduzetništvo ne treba miješati sa malim i srednjim preduzećima. Nije svako malo preduzeće automatski preduzetničko. Osnovna karakteristika preduzetničkog preduzeća jeste inovativnost i ratličitost. Mala i srednja preduzeća (MSP) su izvor novih radnih mjesta i samim tim pomažu smanjenju nezaposlenosti. Zbog svih ovih pozitivnih karakteristika razvijene zemlje su veliki dio svoje ekonomske pažnje posvetile razvoju sektora MSP. Zbog velikog značaja za cjelokupnu privredu, u ovom radu ćemo analizirati stanje sektora MSP u Republici Srpskoj (RS).U ovom istraživanju smo došli do zaključka da bi usklađivanje domaćih zakona sa zakonima EU, bolja implementacija zakona, osnivanje, jedinstvenog registra privrednih subjekata, smanjenje poreza i doprinosa na plate, uvođenje diferencirane stope PDV-a, jačanje institucija tržišta kapitala, liberalizacija tekućih i kapitalnih transakcija, finansijska edukacija korisnika finansijskih usluga omogućila rast i razvoj privrede RS kroz sveobuhvatnu podršku razvoju inovativnih MSP mjerenom povećanjem stepena zaposlenosti i komercijalizacije inovacija.*

***Ključne riječi:** preduzetništvo, mala i srednja preduzeća, inovacija, tranzicija, zaposlenost.*

***Abstract**: In the last years of the twentieth century, there has been the development of new knowledge and awareness of individuals. Entrepreneurship is becoming actual as the bearer of economic activity. However, what should be noted is that entrepreneurship should not interfere with small and medium-sized enterprises. Not every small enterprise automatically entrepreneurial. The basic characteristic of entrepreneurial enterprise is the innovation and dissimilarity. Small and medium enterprises (SMEs) are a source of new jobs and thus they helping to reduce unemployment. For all these positive characteristics, developed countries are paid a large part of its economic attention to the development of the SMEs. Because of the great importance for the economy, in this paper we will analyze the state of the SMEs in the Republic of Srpska (RS). In this research, we came to the conclusion that the harmonization of national legislation with the EU, better implementation of the law, the establishment of a unified register of companies, lowering taxes and contributions, the introduction of differentiated VAT rates, strengthening the capital market institutions, liberalization of current and capital accounts, financial education financial services facilitate the growth and development of the economy of the RS comprehensive support through the development of innovative SMEs , as measured by increasing the level of employment and the commercialization of innovation.*

***Key words:** Entrepreneurship, SMEs, innovation, transition and employment.*

* ***Pregledni rad***

1. UVOD

U zemljama u tranziciji, kakva je i Bosna i Hercegovina, tržišta kapitala su još uvijek nerazvijena i potrebno je još mnogo toga da se uradi da bi ova tržišta postala privlačna za investitore. Nestabilna politička situacija i nepovoljno poslovno i političko okruženje samo su neki od razloga zbog kojih su zemlje u tranziciji još uvijek neprivlačne za investitore. Prema tome, potrebno je mnogo toga uraditi da bi se obezbijedili povoljniji uslovi za normalno funkcionisanje tržišta kapitala. Za zemlje u tranziciji, pa tako i za Bosnu i Hercegovinu, od velikog je značaja razvijati tržišta rizičnog kapitala, jer ovaj način finansiranja preduzeća doprinosi smanjenju nezaposlenosti, povećanju konkurentnosti same privrede, privlačenju stranog kapitala – ukratko, rastu i razvoju privrednih aktivnosti.

Da bi se povećala konkurentnost privrede zemalja u tranziciji, smanjila nezaposlenost i omogućio privredni rast, potrebno je pronaći način kako poboljšati pristup malih i srednjih preduzeća širokom spektru eksternih izvora finansiranja.

S ciljem privlačenja inostranih i domaćih investitora, odnosno formiranja fondova rizičnog kapitala, potrebno je najprije stvoriti povoljno poslovno okruženje. Na primjeru Bosne i Hercegovine, možemo shvatiti šta znači nepovoljno poslovno okruženje. U Republici Srpskoj ne postoji jedinstveni registar privrednih subjekata, što predstavlja krupan problem s makroekonomskog aspekta, jer sprečava adekvatno kreiranje politika, programa i strategija podrške razvoju MSP sektora.

Predmet istraživanja je teorijsko-empirijska analiza mogućnosti i ograničenja u poslovanju MSP sektora u tranzicionim zamljama s posebnim osvrtom na Bosnu i Hercegovinu, odnosno Republiku Srpsku. Ciljevi u istraživanju su, dakle, analiza mogućnosti i ograničenja osnivanja i poslovanja perspektivnih malih i srednjih preduzeća putem fondova rizičnog kapitala, kao i istraživanje na koji način fondovi rizičnog kapitala mogu da doprinesu ostvarivanju razvojnih ciljeva preduzeća na području Republike Srpske. Postavljeni ciljevi će nam omogućiti odgovarajuća saznanja o problemu koji istražujemo, a koje ćemo ostvariti naučnom deskripcijom (opisivanjem), objašnjenjem, klasifikacijom i predviđanjem.

2. POJAM I KARAKTERISTIKE MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA

Postoje različite definicije malih i srednjih preduzeća. U Velikoj Britaniji mala preduzeća se definišu kao subjekti koji imaju do 200 zaposlenih, u Francuskoj mala preduzeća zapošljavaju od 6 do 50, odnosno do 100 ili 200 zaposlenih, srednja od 51 do 500 zaposlenih, dok se na primjer u Njemačkoj, za definisanje malih i srednjih preduzeća pored broja zaposlenih, uzima u obzir i ukupni godišnji prihod. Prema odredbama EU mala i srednja preduzeća imaju manje od 250 zaposlenih, godišnji promet manji od 40 miliona eura i upravljački su nezavisna. Prema OECD definiciji mala i srednja preduzeća imaju manje od 500 zaposlenih, mada se svakoj zemlji ostavlja prostor da ovaj broj smanji ili poveća (u nekim zemljama 100 ili čak 300 zaposlenih predstavlja gornju granicu). Mikro preduzeća imaju 1- 4 zaposlenih, vrlo mala 5- 19, mala 20 – 99 i srednja preduzeća 99 – 500 zaposlenih (Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća u Republici Srpskoj za period 2006. - 2010. godina, Banja Luka, 2007. god. str. 3., http://www.vladars.net/srSPCyrl/Vlada/Ministarstva/mper/OM/upravorg/rstmt/storg/Documents/STRATEGIJA%20za%20razvoj%20malih%20i%20srednjih%20preduzaca.pdf, pristupljeno 24.4.2017. god.).

U Bosni i Hercegovini ne postoji jedinstvena, zajednička definicija MSP. Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH je krajem 2004. godine pokrenulo inicijativu za definiciju koncepta malih i srednjih preduzeća na nivou države s obzirom da se na entitetskim nivoima koriste različite definicije.

Brojni su faktori koji utiču na definisanje malih i srednjih preduzeća, kao što su broj zaposlenih, vrijednost imovine preduzeća, visina ostvarenog prihoda, profita i slično. Ono što treba naglasiti jeste da preduzetništvo ne treba miješati sa malim i srednjim preduzećima. „Nije svako MSP istovremeno i preduzetničko, niti je svaki vlasnik preduzeća preduzetnik“ (Petković i Berberović, 2013). Prema tome, nije svako malo preduzeće automatski preduzetničko. Osnovna karakteristika preduzetničkog preduzeća jeste inovativnost i različitost. Odnosno, ono je nosilac inovacije. Preduzetničko malo preduzeće je ono koje uz zadovoljavanje uočenih i stvorenih potreba i prilika, stvaranju novih vrijednosti u očima kupaca, doživljava dramatične promjene u vlastitom rastu i razvoju, i po pravilu ispoljava eksponencijalni rast i razvoj, mjeren povećanjem investicija, otvaranjem novih radnih mjesta i rastom profita (Petković i Berberović, 2013). Prema Šumpeteru, inovacija se definiše kao „komercijalna ili industrijska aplikacija nečega novog, kao što je novi proizvod ili proces ili novi tip organizacije, novi izvor ponude na tržištu proizvoda” Shumpeter, 1975). „Stoga, preduzetništvo nije aktivnost usmjerena na to da se djelovanje preduzeća poboljša, već da se to djelovanje izvede na drugi način“ (Vukmirović, 2006).

Sektor MSP je veoma značajan za cijelu privredu, prvenstveno jer su mala i srednja preduzeća veoma fleksibilna, lako se prilagođavaju na promjene koje se dešavaju u okruženju u kojem posluju. Ova preduzeća zahtijevaju mnogo manje finansijskih sredstava nego što je slučaj sa velikim korporacijama. Mala i srednja preduzeća su, takođe, izvor novih radnih mjesta i samim tim pomažu smanjenju nezaposlenosti. Zbog svih ovih pozitivnih karakteristika, razvijene zemlje su veliki dio svoje ekonomske pažnje posvetile razvoju sektora MSP. Ono što prvenstveno razlikuje mala i srednja preduzeća od velikih jeste to što mala preduzeća osniva pojedinac ili nekoliko partnera. Oni istovremeno i upravljaju preduzećem i njegovi su vlasnici.

U narednoj tabeli ćemo prikazati različitost definisanja malih i srednjih preduzeća između Evropske unije (http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/files/sme_definition /sme_user_guide_en.pdf, pristupljeno 24.4.2017. god.), Republike Srpske (Zakon o razvoju malih i srednjih preduzeća, član 5., član 6., „Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 50/13) i Federacije Bosne i Hercegovine (Zakon o poticaju razvoja male privrede, član 3., član 4., član 7., „Službene novine Federacije BiH“, broj 22/06).

Tabela 1. Definicija MSP u Evropskoj uniji, Republici Srpskoj i Federaciji BiH

Kriterijum	EU-27			Republika Srpska			Federacija BiH		
	Mikro	Mala	Srednja	Mikro	Mala	Srednja	Mikro	Mala	Srednja
Broj zaposlenih	< 10	< 50	< 250	< 10	< 50	< 250	< 10	< 50	< 250
Bilans uspjeha (mil. €)	≤ 2	≤ 10	≤ 50	-	< 2	< 8	≤ 0,4	≤ 4	≤ 40
Bilans stanja (mil. €)	≤ 2	≤ 10	≤ 43	-	< 1	< 4	≤ 0,4	≤ 4	≤ 30

U nastavku ćemo analizirati sektor MSP u razvijenim zemljama, zemljama u tranziciji, kao i u Republici Srpskoj.

3. ANALIZA SEKTORA MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA U TRANZICIONIM ZEMLJAMA

Većina sadašnjih zemalja u tranziciji (centralna, istočna i jugoistočna Evropa) su bile socijalističke zemlje, sa centralnoplanskom privredom. Novo preduzetničko društvo, koje tek treba da se izgradi u tim zemljama, trebalo bi biti asocijacija ljudi sa izraženom individualnošću i različitim potrebama, sa različitim pravima i obavezama. Promjene kroz koje ove zemlje moraju proći moraju biti višeslojne, od restruktuiranja proizvodnih i političkih odnosa do promjena u dominantnom sistemu vrijednosti (Vukmirović, 2006).

Osnovna karakteristika privrede bivših socijalističkih zemalja jeste državno vlasništvo, pa se, prema tome, sva pažnja posvećivala razvoju velikih preduzeća. Mala preduzeća su u potpunosti zanemarivana i ostajala u sjenci velikih. Međutim, sa raspadom socijalističkih sistema i početkom procesa tranzicije i ove zemlje su shvatile koliko su mala i srednja preduzeća značajna za privredu i koliko je značajno podržati razvoj ovakvih preduzeća. Prije skorijih političkih i ekonomskih promjena, u centralnoj i istočnoj Evropi, pojam MSP nije skoro ni postojao. MSP su smatrana kolijevkom kapitalizma. U svim tranzicionim zemljama, između ostalih, i u zemljama zapadnog Balkana, proces ekonomske i političke tranzicije je baziran na razvoju preduzetništva i privatnog sektora, kao i na kreiranju podsticajnog poslovnog okruženja za razvoj MSP. Jedan broj zemalja je postigao značajan napredak u tim aktivnostima, dok su druge zemlje bile manje uspješne, između ostalih i BiH (Petković i Berberović, 2013).

Brojni su problemi sa kojima se suočavaju mala i srednja preduzeća u zemljama u tranziciji. Jedan od osnovnih problema koji se navodi jeste nepovoljno poresko okruženje. Ono što se ocjenjuje jeste visina stope poreza na dobit, te poreski tretman malih i srednjih poduzeća. Metodologiju za ocjenu poreskog okruženja razvila je Evropska asocijacija fondova rizičnog kapitala (EVCA) (http://www.evca.eu/perep_analytics, pristupljeno, 24.4.2017. god.).

„Pored ovih velikih teškoća, razvoj zemalja u tranziciji se nužno i bez dvoumljenja nastavlja u pravcu izgradnje tržišnog privređivanja i uspostavljanja primjerenih društvenih odnosa, jer druge izglednije alternative praktično i nema (Vukmirović, 2006).”

Tržišta kapitala na području jugoistočne Evrope, u posljednje vrijeme, postaju sve značajnija. Međutim, potrebno je još mnogo toga da se uradi kako bi se obezbijedili povoljniji uslovi za normalno funkcionisanje tržišta kapitala.

4. STANJE SEKTORA MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA U REPUBLICI SRPSKOJ

Danas je razlika u razvijenosti država, društvenih grupa ili pojedinaca u direktnoj proporciji sa razlikom u stepenu primjene informaciono-komunikacionih tehnologija. Informaciono društvo se definiše kao društvo u kojem su znanje i pravovremene, sveobuhvatne i tačne informacije osnovni upravljački resursi, koji osiguravaju progres i budućnost svojim građanima (Rajčević, 2008).

Na nivou Bosne i Hercegovine postoji spremnost za razvoj nauke i tehnologije koja proizilazi iz Agende za razvoj informacionog društva (oktobar 2000. godine u Beogradu) usvojene od strane zemalja jugoistočne Evrope, a koja predstavlja globalni akcioni plan za harmonizovanu informatizaciju i brz razvoj regiona i Strategije razvoja i smanjenja siromaštva

BiH (PRSP), te usvajanjem Politike, Strategije i Akcionog plana razvoja informacionog društva u BiH od strane Savjeta ministara BiH u decembru 2004. godine. U decembru 2007. godine Vlada Republike Srpske osnovala je Agenciju za razvoj ingormatičkog društva (AIDRS)(http://www.vladars.net/srSPCyrl/Vlada/Ministarstva/mnk/ Documents/rjesenja_iz_rs.pdf, pristupljeno 25.4.2017.god.) kao organ koji je zadužen za koordinaciju i praćenje razvoja informacionog društva u Republici Srpskoj.

Prilikom analize stanja sektora malih i srednjih preduzeća u Republici Srpskoj koristili smo različite izvore. Međutim, tu smo naišli na jedan problem. Podaci su različiti u zavisnosti od izvora. Podaci iz ove obasti svih institucija se veoma razlikuju, što je jedan od najvećih ograničenja u istraživanju. Prema Republičkoj Agenciji za razvoj malih i srednjih preduzeća u Republici Srpskoj, u 2015. godini poslovalo je 14.935 preduzeća (Godišnji izvještaj za oblast malih i srednjih preduzeća i zanatsko-preduzetničku djelatnost u Republici Srpskoj za 2015. godinu, Vlada Republike Srpske, Banja Luka, juni, 2016. god., str 4.). Prema Agenciji za posredničke, informatičke i finansijske usluge na teritoriji Republike Srpske u 2014. godini bilo je 9.463 preduzeća, a u 2015. godini poslovala su 9.450 preduzeća (to su preduzeća koja su predala obavezne godišnje finansijske izvještaje), dok je prema podacima Republičkog zavoda za statistiku bilo ukupno 6.865 preduzeća u 2015. godini (http://www.rzs.rs.ba/front/article/301/, pristupljeno 25.4.2017. god.)

Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku, ima ukupno 6.865 preduzeća u Republici Srpskoj. Od ovog broja malih preduzeća je 6.461 ili 94,1%, srednjih 343 ili 5,0%, a velikih 61 preduzeće ili 0,9%. Sve ove podatke lakše ćemo predstaviti u narednim tabelama i grafikonima.

Tabela 2. Mala i srednja preduzeća u Republici Srpskoj

Veličina preduzeća (br. zaposlenih)	Broj preduzeća	Broj zaposlenih	Promet (u hilj. KM)	Dodatna vrijednost (u hilj. KM)	Troškovi zaposlenih (u hilj. KM)
Mala (0-49)	6.461	48.791	6.759.424	1.050.543	520.128
Srednja (50-249)	343	33.383	5.039.768	671.596	412.873
Velika (250)	61	34.097	2.498.370	887.583	603.248
UKUPNO	6.865	116.271	14.297.562	2.609.722	1.536.249

Izvor: Republički zavod za statistiku Republike Srpske, Osnovni strukturni pokazatelji poslovanja preduzeća za 2015. godinu, br. 116/13, str. 2.

Tabela 2. nam jasno pokazuje da najveći postotak od ukupnog broja preduzeća odnosi se na mala i srednja preduzeća. Mala i srednja preduzeća ujedno zapošljavaju i najveći broj radnika. Od ukupnog broja zaposlenih (116.271) mala i srednja preduzeća zapošljavaju 48.791 radnika ili 41,96%. Prema tome, mala i srednja preduzeća su značajna i za rješavanje jednog od najvećih problema današnjice, problema nezaposlenosti.

Slika 1. Struktura broja preduzeća prema veličini preduzeća, 2015. godina

Prema Godišnjem izvještaju Republičkog zavoda za statistiku u 2015. godini u Republici Srpskoj bilo je 6.461 malo preduzeće ili 94,1% od ukupnog broja preduzeća (Slika 1). Ovaj broj nam govori koliko su mala preduzeća značajna, ne samo u razvijenim zemljama, nego i kod nas. Značajnost ovih preduzeća vidi se i u njihovom udjelu u ukupnom prometu o čemu svjedoči slika 2.

Slika 2. Struktura prometa prema veličini preduzeća, 2015. godina

Najveći promet (47%) u 2015. godini ostvarila su mala preduzeća i to u vrijednosti od 6.759.424 hiljade KM. Velika preduzeća su ostvarila 18% od ukupnog prometa, dok su srednja preduzeća ostvarila 35% od ukupnog prometa u 2015. godini.

U tabeli 3 prikazaćemo strukturu preduzeća u Republici Srpskoj prema područjima djelatnosti.

Tabela 3. Preduzeća u Republici Srpskoj prema područjima djelatnosti

	Broj preduzeća	Broj zaposlenih lica	Promet (u hilj. KM)	Dodata vrijednost po faktorskim troškovima (u hilj. KM)	Troškovi zaposlenih (u hilj. KM)
Vađenje ruda i kamena	87	4.397	330.759	152.894	100.971
Proizvodnja i snabdijevanje električnom energijom, gasom, parom i klimatizacija	61	7.469	1.043.597	353.078	192.733
Poslovanje nekretninama	124	869	89.149	42.782	12.653
Snabdijevanje vodom; kanalizacija,upravljanje otpadom i djelatnosti sanacije životne sredine	131	4.595	190.598	95.649	70.007
Djelatnosti pružanja smještaja, pripreme i posluživanja hrane; hotelijerstvo i ugostiteljstvo	169	2.171	61.691	21.124	22.817
Saobraćaj i skladištenje	628	11.129	432.700	195.531	157.193
Građevinarstvo	705	11.764	950.831	268.434	127.070
Prerađivačka industrija	1.579	43.710	4.285.448	720.913	491.166
Trgovina na veliko i malo; popravka motornih vozila i motocikala	3.381	30.167	6.912.789	759.317	361.639
UKUPNO	6.865	116.271	14.297.562	2.609.722	1.536.249

Izvor: Republički zavod za statistiku Republike Srpske, Osnovni strukturni pokazatelji poslovanja preduzeća za 2015. godinu, br. 116/13, str. 2.

U 2015. godini, od 6.865 aktivnih preduzeća, 49,2% bilo je u području trgovine, dok struktura zaposlenih pokazuje da je od oko 116 hiljada zaposlenih lica 51,8% angažovano u područjima industrije. Najveće troškove rada po zaposlenom imala su preduzeća u području proizvodnje i snabdijevanja električnom energijom, 25.805 KM. U stvaranju dodate vrijednosti po faktorskim troškovima najveće učešće imala su preduzeća iz područja trgovine 29,1%. Prosječna stopa profitabilnosti nefinansijske poslovne ekonomije u Republici Srpskoj u 2015. godini iznosila je 7,5%.

Republički zavod za statistiku Republike Srpske, u saradnji sa Ministarstvom nauke i tehnologije objavljuje podatke o istraživanju i razvoju u 2015. godini. Na poslovima istraživanja i razvoja u 2015. godini bilo je zaposleno 898 osoba, od čega je 371 žena, odnosno 41,3%. Kada se posmatra naučna oblast istraživačkog rada najveći broj istraživača zaposlen je u oblasti inženjerstva i tehnologije (42,6%), a najmanje u oblasti humanističke nauke (1,2%). Bruto domaći izdaci za istraživanje i razvoj u 2015. godini iznosili su 26.191.000 KM, od toga su tekući izdaci iznosili 17.665.000 KM (67,4%), a investicioni izdaci 8.526.000 KM (32,6%). Bruto domaći izdaci najveći su u oblasti prirodnih nauka (37,5%) i inženjerstva i tehnologije (34,0%). Ove podatke ćemo prikazati u tabeli 4.

Tabela 4. Izvori finansijskih sredstava utrošenih za istraživanje i razvoj u 2015. god. (hilj. KM)

	Ukupno	Poslovni sektor	Državni sektor	Visoko obrazovanje	Neprofitni sektor
UKUPNO	26.191	15.526	3.592	7.031	42
FINANSIJSKA SRESTVA IZ RS	20.090	10.037	3.455	6.556	42
Budžetska sredstva namijenjena za IR	4.727	952	1.421	2.318	36
Sredstva od fondova, agencija i fondacija RS	305	-	6	298	1
Sredstva od lokalnih zajednica	64	3	-	61	-
Sredstva od poslovnih subjekata	599	466	-	133	-
Sredstva od neprofitnih organizacija	6	3	-	3	-
Sredstva od patenata, licenci i slično (od prodaje u Republici Srpskoj)	-	-	-	-	-
Ostala sopstvena sredstva	14.389	8.613	2.028	3.743	5
SREDSTVA ZAJEDNIČKIH INSTITUCIJA BIH	35	-	-	35	-
Sredstva od ministarstava BiH	35	-	-	35	-
Sredstva od fondova, agencija i fondacija BiH	-	-	-	-	-
FINANSIJSKA SREDSTVA IZ FBIH ILI DB	-	-	-	-	-
Sredstva od ministarstava FBiH ili DB	-	-	-	-	-
Sredstva od poslovnih subjekta	-	-	-	-	-
Ostali izvori sredstava	-	-	-	-	-
FINANSIJSKA SREDSTVA IZ INOSTRANSTVA	6.066	5.489	137	440	-

Izvor: Republički zavod za statistiku, Republike Srpske, Godišnje saopštenje, Istraživanje i razvoj za 2015. godinu, http://www.rzs.rs.ba/front/article/, pristupljeno 25.4.2017. god.

Republika Srpska i Bosna i Hercegovina moraju aktivno i brzo djelovati u pravcu smanjenja tehnološkog razvojnog raskoraka, jer je proces prelaska iz industrijskog u informaciono društvo u razvijenim zemljama u poodmakloj fazi.

U zemljama u tranziciji, kakva je i Bosna i Hercegovina, kao i sama Republika Srpska, tržišta kapitala su još uvijek nerazvijena i potrebno je još mnogo toga da se uradi da bi ova tržišta postala privlačna za investitore. Nestabilna politička situacija i nepovoljno poslovno i poresko okruženje samo su neki od razloga zbog kojih su zemlje u tranziciji još uvijek neprivlačne za investitore.

Jedan od razloga nepovoljnog poslovnog okruženja jeste nepovoljno pravno okruženje. U Republici Srpskoj ne postoji jedinstveni registar privrednih subjekata, što predstavlja krupan problem s makroekonomskog aspekta jer sprečava adekvatno kreiranje politika, programa i strategija podrške razvoju MSP sektora. Zakon o registraciji poslovnih subjekata u Republici Srpskoj (Zakon o registraciji poslovnih subjekata u Republici Srpskoj, "Službeni glasnik Republike Srpske" br. 67/13) je osnova legislative koja se odnosi na osnivanje, rad i prestanak preduzeća. Na teritoriji Bosne i Hercegovine prisutan je problem implementacije zakona i različitih rješenja, koji na posredan način doprinosi sporom razvoju njenog jedinstvenog ekonomskog prostora. Zakoni koji tretiraju mala i srednja preduzeća na teritoriji Bosne i Hercegovine nisu usklađeni, pa prema tome, najprije se stvara problem same definicije malih i srednjih preduzeća (Petković, Berberović, 2013). Smatra se da propisi ne bi trebali postavljati geografska ograničenja ulaganjima izvan nacionalnih granica. U pogledu prikladnosti pravnog okruženja za djelovanje fondova, najprije se ocjenjuje jesu li takvi fondovi uopšte predviđeni postojećim propisima.

Još jedan od razloga koji se navodi jeste nepovoljno poresko okruženje. Ono što se ocjenjuje jeste visina stope poreza na dobit, te poreski tretman malih i srednjih preduzeća. Metodologiju za ocjenu poreskog okruženja razvila je Evropska asocijacija fondova rizičnog kapitala (EVCA). Ocjena za visinu stope poreza na dobit zavisi od prosječne zakonske stope poreza na dobit u zemljama Evrope, pri čemu je ocjena bolja ako je nacionalna stopa poreza na dobit niža od nje. Ocjena obuhvata 25 evropskih zemalja, odnosno svih 15 starih članica EU, 8 novih članica (Češka, Estonija, Latvija, Mađarska, Poljska, Rumunija, Slovačka i Slovenija) te Norvešku i Švajcarsku (Šveljak, 2007).

Poreskom politikom Republike Srpske upravlja Poreska uprava koja se nalazi u sastavu Ministarstva finansija Republike Srpske (http://www.poreskaupravars.org/ SiteCir/PoreskaUprava.aspx, pristupljeno 25. 4. 2017. god.).

Oporezivanje stranih ulagača obavlja se u skladu sa:

- Zakonom o porezu na dobit (Zakon o porezu na dobit, „Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 51/01) i
- Zakonom o porezu na dohodak građana (Zakon o porezu na dohodak građana, „Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 51/01, 65/03 i 68/03).

Ministarstva u Vladi Republike Srpske, u čijoj je nadležnosti podsticanje razvoja sektora malih i srednjih preduzeća, bi trebale pružati podršku razvoju MSP sektora. To su prije svega Ministarstvo industrije, energetike i rudarstva, gdje je za ova preduzeća zadužen Resor za razvoj malih i srednjih preduzeća u okviru kojeg djeluje Odjeljenje za razvoj malih i srednjih preduzeća. Tu se ubraja i Ministarstvo nauke i tehnologije u čijoj je nadležnosti podrška razvoju novih tehnologija u malim i srednjim preduzećima. Dakle, trebalo bi napraviti

određene rekonstrukcije ministarstava koja su zadužena za ovu oblast u smislu podizanja svijesti o važnosti sektora malih i srednjih preduzeća za razvoj cijele privrede.

5. ZAKLJUČAK

Individualni preduzetnik je zavisan od okruženja u kojem posluje. Ako okruženje djeluje motivaciono na kreativnost i sposobnost preduzetnika, mnogo su veće šanse za njegov ili njen uspjeh. Da bi išao u korak sa konkurencijom i da bi je prestigao, preduzetnik mora stalno da se usavršava, da proširuje svoja znanja, da uvodi nove tehnologije u svoje poslovanje. Naravno, tu se podrazumijeva i ispunjenost uslova iz okruženja, naročito pravnog i političkog okruženja. Tu prvenstveno mislimo na pomoć države u razvoju sektora malih i srednjih preduzeća, podsticajnu, razvojno orijentisanu poresku politiku, razumnu monetarnu i kreditnu politiku, razvoj obrazovanja i slično.

Sektor MSP je veoma značajan za cijelu privredu, prvenstveno jer su mala i srednja preduzeća veoma fleksibilna, lako se prilagođavaju na promjene koje se dešavaju u okruženju u kojem posluju. Ova preduzeća zahtijevaju mnogo manje finansijskih sredstava nego što je slučaj sa velikim korporacijama. Mala i srednja preduzeća su, takođe, izvor novih radnih mjesta i samim tim pomažu smanjenju nezaposlenosti. Zbog svih ovih pozitivnih karakteristika, razvijene zemlje su veliki dio svoje ekonomske pažnje posvetile razvoju sektora MSP. U Republici Srpskoj ne postoji jedinstveni registar privrednih subjekata tako da postoje različiti podaci u zavisnosti od izvora podataka. Najnoviji podatak do kojeg smo uspjeli doći je da su prema podacima APIF-a 15.292 preduzeća predala završne račune za 2015. godinu, a kada se izdvoje neprivredni subjekti, ukupan broj preduzeća je 9.450.

Prilikom analize privrednog stanja u Republici Srpskoj, zaključili smo smo da imamo nedovljno razvijen i za MSP nepodsticajan pravni i poreski sistem, kao i nerazvijeno tržište kapitala. Da bi se privukli inostrani i domaći investitori, odnosno formirali fondovi rizičnog kapitala, potrebno je najprije stvoriti povoljno poslovno okruženje. Narodna skupština Republike Srpske trebala bi, najprije, da usaglasi zakone koji regulišu privredni život u Republici Srpskoj sa zakonima Evropske unije koji regulišu te oblasti.

Nadamo se da će naše istraživanje biti od koristi budućim istraživačima, jer smatramo da postoji još mnogo toga u okviru ove teme što bi trebalo biti istraženo. Kada govorimo o sektoru MSP u RS, trebalo bi prvo riješiti problem izvora podataka, istražiti na koji način napraviti jedinstvenu bazu podataka koji će biti pouzdani.

6. LITERATURA

Godišnji izvještaj za oblast malih i srednjih preduzeća i zanatsko-preduzetničku djelatnost u Republici Srpskoj za 2015. godinu, Vlada Republike Srpske, Banja Luka, juni, 2016. god., str 4

Petković, S.; Berberović, Š., Ekonomika i upravljanje malim i srednjim preduzećima – Principi i politike, Ekonomski fakultet, Banja Luka, 2013. god.

Rajčević, S., v.d. direktor AIDRS, Rješenja iz Republike Srpske, Agencija za informaciono društvo Republike Srpske, 2008. god.

Shumpeter, J., Capitalism, Socialism and Democraty, Harper and Row, New York, 1975. god.

Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća u Republici Srpskoj za period 2006. - 2010. godina, Banja Luka, 2007. god. str. 3., http://www.vladars.net/srSPCyrl/Vlada/Ministarstva/mper/OM/upravorg/rstmt/storg/Documents/

STRATEGIJA%20za%20razvoj%20malih%20i%20srednjih%20preduzaca.pdf, pristupljeno 24.4.2017. god.)

Šveljak, S., Ulaganje u privatni vlasnički i rizični kapital u Hrvatskoj: porezno i pravno okruženje, Zagreb, 2007. god.

Vukmirović, N., Savremeno preduzetništvo, Ekonomski fakultet, Banja luka, 2006. god

Zakon o porezu na dobit, „Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 51/01

Zakon o porezu na dohodak građana, „Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 51/01, 65/03 i 68/03

Zakon o poticaju razvoja male privrede, član 3., član 4., član 7., („Službene novine Federacije BiH“, broj 22/06).

Zakon o razvoju malih i srednjih preduzeća, član 5., član 6., („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 50/13).

Zakon o registraciji poslovnih subjekata u Republici Srpskoj, "Službeni glasnik Republike Srpske" br. 67/13

http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/files/sme_definition/sme_user_guide_en.pdf, pristupljeno 24.4.2017. god.

http://www.evca.eu/perep_analytics, pristupljeno, 24.4.2017. god

http://www.poreskaupravars.org/SiteCir/PoreskaUprava.aspx, pristupljeno 25. 4. 2017. god

http://www.rzs.rs.ba/front/article/301/, pristupljeno 25.4.2017. god

http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mnk/Documents/rjesenja_iz_rs.pdf, pristupljeno 25.4.2017.god

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

ZELENA LOGISTIKA – ČIMBENIK ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE*

GREEN LOGISTICS - A FACTOR OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

Ljudevit Krpan[a], Robert Maršanić[b], Krešimir Buntak[c], Ivana Košutar[d]

[a] *Pimorsko-goranska županija, Adamićeva 10, 51 000 Rijeka, Hrvatska, e-mail: ljudevit.krpan@pgz.hr*

[b] *Rijeka promet d.d., Fiumara 13, 51 000 Rijeka, Hrvatska, e-mail: marsanic@rijekapromet.hr*

[c] *Sveučilište Sjever, Trg dr. Žarka Dolinara 1, 48 000 Koprivnica, Hrvatska, e-mail: kresimir.buntak@unin.hr*

[d] *Sveučilište Sjever, Križovljan Radovečki, Antuna Mihanovića 14, 42 208 Cestica, Hrvatska, e-mail: ivanakosutar777@gmail.com*

***Apstrakt**: Svijest o zaštiti okoliša probuđena je najviše velikom pažnjom javnosti usmjerenoj ka ozonskim rupama, globalnom zagrijavanju i kiselim kišama. Cestovni je promet okarakteriziran kao jedan od glavnih zagađivača. Upravo je to i bio razlog da se u ovom radu težište stavi na logistiku kao zagađivača okoliša, točnije na, tzv. „zelenu logistiku", koja pri realizaciji logističkih procesa, osim logističkog, koristi i pristup očuvanja okoliša. Svrha je ovog rada da se kroz analizu pojedinih elemenata logističkog procesa ocijeni mogućnost smanjenja negativnog utjecaja na okoliš. Cilj rada je dokazati potrebu korištenja ekološki prihvatljivih logističkih principa, kao što je upotreba električnih i hibridnih vozila te alternativnih vrsta goriva kao zalog daljnjeg održivog razvoja.*

***Ključne riječi:** okoliš, cestovni promet, električna i hibridna vozila, alternativne vrste goriva, gradska logistika*

***Apstract**: Awareness of environmental protection is mostly inspired by great public attention directed towards the ozone depletion, global warming and acid rain. Road transport is characterized as one of the main polluters. This was precisely the reason to focus on logistics as a polluter in this paper and in particular on "green logistics", which in implementation of logistics processes uses environmental protection approach in addition to logistics approach. The purpose of this paper is to analyze the individual elements of the logistics process to evaluate the possibility of reduction of the negative impact on environment. The aim of this paper is to point out the necessity of using ecologically acceptable logistics principles, such as the use of electric and hybrid vehicles and alternative fuels, as the basis of further sustainable development.*

***Key words:** environment, road transport, electric and hybrid vehicles, alternative fuels, city logistics*

1. UVOD

Svjetska gospodarska kretanja te globalizacija dovele su do velikih tokova robe diljem svijeta. Proizvodnja, transport, skladištenje i potrošnja svih tih dobara stvorili su, međutim, velike probleme u okolišu. Globalno se zatopljenje stvoreno emisijom stakleničkih plinova velikih razmjera danas smatra brigom za okoliš i na vrhu je ljestvice prioriteta.

* ***Pregledni rad***

Cestovni promet djeluje negativno na čovjeka i okoliš, bukom i vibracijama, zauzimanjem obradivih površina te vizualnim degradiranjem prostora.

Ekološki utjecaj logističkih aktivnosti najviše je izražen na mjestima gdje je populacija ljudi najviša, a to su urbana središta. Prijevoz robe cestovnim prometnicama najzastupljeniji je oblik prijevoza na području gradova. Stoga je i predmet istraživanja utjecaj primjene novih tehnologija, prije svega električnih i hibridnih vozila, na smanjenje negativnog utjecaja cestovnog prometa na okolišu.

Svrha ovog rada je kroz analizu pojedinih elemenata logističkog procesa ocijeniti mogućnost smanjenja negativnog utjecaja na okoliš. Pritom je temeljni cilj rada promovirati potrebu korištenja ekološki prihvatljivih logističkih principa kao jedan od ključnih čimbenika održivog razvoja urbanih područja.

2. OD LOGISTIKE DO ZELENE LOGISTIKE

Logistika se definira kao upravljanje tokovima robe i sirovina procesima izrade završenih proizvoda, od točke izvora do točke krajnje uporabe u skladu s potrebama kupaca (Šamanović, 2009.). U širem smislu logistika obuhvaća povrat i raspolaganje otpadnim tvarima. Logistika se razvijala paralelno s trendom globalizacije, čije funkcioniranje značajno ovisi o kvaliteti logističkih aktivnosti. Takav razvoj je, između ostalog, omogućen revolucionarnim razvojem komunikacijskih i informacijskih tehnologija.

Realizacija ključnih logističkih procesa, kao što su transport, manipuliranje, skladištenje - u suprotnosti je sa zahtjevima zaštite životne sredine, pri čemu je transport okarakteriziran kao jedan od glavnih zagađivača okoliša. Upravo je to i bio razlog da se u ovom radu težište stavi na logistiku kao zagađivača okoliša, točnije na tzv. „zelenu logistiku“ koja pri realizaciji logističkih procesa osim logističkog, koristi i pristup očuvanja okoliša (Nikolčić, Lazić, 2006.). S ciljem sveobuhvatnog sagledavanja problema istraživanja analizirana su brojna svjetska istraživanja i edicije. Pritom su rezultati pojedinih istraživanja, važnosti korištenja suvremenih tehnologija i alternativnih goriva bivala bitno eksplicitnija i značajnija u edicijama nakon 2010. godine. Sve to povezano je s činjenicom da su ekološki utjecaji cestovnog prometa bivali sve značajniji i vidljivija, da su stoga istraživanja bivala sve obuhvatnija i složenija te da je autoindustrija započela postupak transformacije i prilagodbe novim potrebama i paradigmama.

Logistika je jedan od ključnih čimbenika konkurentnosti na tržištima razvijenih zemalja. Osnovni cilj logistike često se izražava kroz poznati koncept "7P": prava roba, na pravom mjestu, u pravo vrijeme, u pravoj količini, u pravom stanju, u pravom pakiranju i po pravim troškovima (Zelenika i dr., 2007).

2.1. Zeleni marketing

Ekološka svijest i ekološki odgovorno ponašanje potreba je i obveza današnjice. „Zeleni marketing“ podrazumijeva suradnju s dobavljačima i trgovcima, partnerima pa i konkurentima kako bi se ostvario ekološki održivi razvoj u čitavom vrijednosnom lancu, a istovremeno zahtjeva suradnju svih poslovnih funkcija kako bi se pronašla najbolja moguća rješenja koja imaju dvije glavne niti vodilje, a to su profit i dugoročni pozitivni doprinos okruženju. Takav marketing podrazumijeva zelene proizvode, zelenu ambalažu, zelene cijene i zelenu komunikaciju (Krpan i dr., 2014).

Zeleni marketing, koji još možemo nazvati i eko marketing podigao je svijest potrošačima o tome kako njihovo potrošačko ponašanje može utjecati na okoliš i korištenje prirodnih resursa. Tako trgovci i poduzetnici moraju razviti proizvod i usluge za potrebe eko potrošača, s uvjetom da neće imati doprinos u uništavanju okoliša.

2.2. Zelena logistika

Zelena logistika je logistika koja na efikasan način obavlja svoje zadatke, a pritom posvećuje veliku pažnju sve aktualnijem pitanju životne sredine. Održivost nastoji osigurati tako da odluke donesene danas neće imati negativan utjecaj na buduće generacije. Zeleni opskrbni lanac nastoji smanjiti negativan utjecaj upravljanjem distribucijskim sustavima i povratnom logistikom kako bi se otklonila svaka neučinkovitost, nepotrebno premještanje robe i odlaganje ambalaže (Košutar, 2015.).

Cilj zelene logistike je maksimalno smanjiti negativni utjecaj logistike na okolinu. Neke aktivnosti zelene logistike spadaju i u povratnu logistiku, ali ne sve. Primjerice, zelena logistika inzistira na smanjenju potrošnje energije jer svako trošenje energije negativno utječe na okolinu i uglavnom je posljedica sagorijevanja fosilnih goriva. Zelena logistika inzistira i na smanjenju upotrebe neželjenih materijala, primjerice plastike jer je proizvodnja plastike vrlo štetna za okolinu, a uz to je plastika nerazgradiva, tako da je i trajno zagađuje.

Cilj logistike je zadovoljenje potrošača, a odvija se kroz aktivnosti koje su u suprotnosti s ekološkim ciljevima, pa se kod zelene logistike javljaju paradoksi od kojih su najvažniji (Maroudas-Tsakyrellis, 2011.):

a) Cijena - svrha logistike je da smanji cijenu, a samim tim i troškove prijevoza. Stoga, ekonomija vremena, poboljšavanje pouzdanosti usluga te fleksibilnost predstavljaju neke od ciljeva. Korporacije uključene u fizičku distribuciju tereta podržavaju strategije koje im omogućavaju da smanje troškove prijevoza u konkurentnom okruženju. U nekim slučajevima troškovi uštede mogu biti u suprotnosti sa ekološkim ciljevima. Korporacije usmjeravaju svu svoju energiju ispunjenju potreba potrošača ne mareći o šteti koja se nanosi životnoj sredini. Društva u cjelini, a posebno mnogi pojedinci postaju sve manje voljni da prihvate cijene održavanja programa koji brine o ekološkim problemima te se zbog toga vrši ogroman napor i pritisak na vlade i kompanije.

b) Vrijeme/brzina – u logistici vrijeme, odnosno brzina veoma je značajna. Smanjivanjem vremena, povećava se brzina distribucijskog sustava, a samim tim i njegova efikasnost. Ovo se postiže pomoću najviše zagađujućih i najmanje energetski efikasnih oblika transporta. Značajno povećanje avionskog i cestovnog transporta djelomično je rezultat vremenskih ograničenja koja se nameću od strane logističkih aktivnosti. Vremenska ograničenja rezultat su povećanja industrijske fleksibilnosti proizvodnih sistema u sektoru maloprodaje. Danas logistika nudi razne opcije, primjerice: od vrata-do-vrata (door-to-door) usluge preko JIT strategije (just-in-time, u pravo vrijeme) strategije. Drugi načini usluga ne mogu dovoljno efikasno zadovoljiti potrebe diktirane od strane tržišta i konkurencije. Ovo dovodi do stvaranja začaranog kruga. Što se više ove strategije i tehnike primjenjuju, to su veće negativne posljedice na okoliš.

c) Pouzdanost – u „srcu“ logistike nezaobilazni je značaj pouzdanosti servisa. Njen uspjeh se temelji na mogućnosti da isporuči teret na vrijeme, uz najmanje mogućnosti loma i oštećenja. Najmanje zagađujući oblici transporta smatraju se najmanje pouzdane u smislu isporuke na vrijeme te loma i sigurnosti.

3. PROBLEMI SUVREMENOG CESTOVNOG PROMETA

Suvremeni cestovni promet je najrazvijeniji i najznačajniji oblik kopnenog prometa. Ovaj je oblik prometa u razdoblju nakon drugog svjetskog rata izborio vodeću poziciju u prometu onih dijelova svijeta u kojima je najrazvijeniji industrijski način proizvodnje. S obzirom da ne postoji sektor koji barem u malom postotku negativno ne utječe na zagađenje okoliša, mnogobrojna istraživanja pokazuju da okolinu najviše zagađuju motorna vozila. U atmosferu se izbacuje velika količina stakleničkih plinova koji su svrstani u dvije osnovne skupine: glavni (direktni) i indirektni.

Glavni staklenički plinovi imaju izravan utjecaj na globalno zatopljenje, a to su ugljikov dioksid (CO2), metan (CH4), didušikov oksid (N2O), fluorougljikovodici (HFC), perfluorougljici (PFC), sumpor-heksafluorid (SF6). Indirektni spojevi imaju indirektan utjecaj, a tu spadaju dušikovi oksidi (NOX), sumporov dioksid (SO2), nemetanski hlapljivi organski spojevi (NMVOC) i ugljikov monoksid (CO). Standardi emisije štetnih plinova za vozila zadaju se u obliku grama emitirane tvari po prijeđenom kilometru. Emisija štetnih tvari iz vozila regulira se za laka vozila (osobni automobili i laka komercijalna vozila) te teška teretna vozila (kamioni i autobusi). Tako zakonodavstvo Europske unije u području tehnologije i sigurnosti propisuje najveće dopuštene mase i dimenzije cestovnih vozila, licenciranje vozača, utvrđuje procedure za tehnički pregled vozila, tehničke zahtjeve za cestovna vozila te područje sigurnosti i ekološke podobnosti motornih vozila na temelju Europske konferencije ministara prometa (CEMT), kao i područje koje uređuje međunarodni Sporazum o prijevozu opasnih tvari (Sporazum ADR). Prema regulativi Europske unije skraćeno se označavaju sa EURO 1, EURO 2, ..., EURO 5. Ovim standardima se ograničava emisija ugljikovog monoksida (CO), ugljikovodika (HC), dušičnih oksida (NOx) i čestica (PM).

Negativna uloga prometa ne očituje se samo emisijom štetnih plinova, već bukom i vibracijama, zauzimanjem obradivih površina te vizualnim degradiranjem prostora. Izrazit porast vidljiv je u drugoj polovici dvadesetog stoljeća. Cestovni promet smanjuje kvalitetu okoliša i otpadnim tvarima koje nastaju trošenjem guma i površinskih slojeva kolnika. U 2010. godini cestovni promet, kao najveći konzument prometnog sektora Europske unije, imao je potrošnju energenata preko 82%. Da bi se smanjilo zagađenje okoliša te racionalno iskorištavalo energetske resurse potrebno je poduzeti mjere za učinkovitiju upotrebu cestovnih prijevoznih sredstava. To se može ostvariti putem prelaska na cestovna vozila sa pogonskim gorivom iz obnovljivih izvora te boljom organizacijom javnog gradskog prijevoza.

3.1. Opcije kojima se nastoji smanjiti negativan utjecaj cestovnog prometa na okoliš

Metode kojima se nastoji smanjiti negativan utjecaj cestovnog prometa na okoliš obuhvaćaju upotrebu alternativnih goriva koja uključuju biogorivo i vodik te novih tehnologija, odnosno upotrebu električnih i hibridnih vozila te vozila s gorivim ćelijama.

3.1.1. Biogoriva

Biogoriva su ona goriva koja se dobivaju preradom biomase. Ona su uglavnom u tekućem obliku, a mogu se koristiti za napajanje cestovnih vozila. Tu spadaju goriva koja mogu biti proizvedena neposredno iz biljaka ili posredno iz industrijskog, komercijalnog,

poljoprivrednog ili domaćeg otpada. Dijele se na: prvu, drugu i treću generaciju. U najpoznatije vrste biogoriva prve generacije spadaju bioetanol, metanol, biodizel i bioplin.

Druga generacija biogoriva dobiva se preradom poljoprivrednog i šumskog otpada te bi znatno mogla reducirati emisiju CO2, a uz to ne koriste izvore hrane kao temelj proizvodnje. Biogoriva druge generacije trenutno su biohidrogen, bio-DME, biometanol, DMF, HTU dizel i Fischer-Tropsch dizel.

Biogoriva treće generacije su ona goriva proizvedena iz algi. Prednost ovog biogoriva je u tome što je biorazgradivo, odnosno relativno bezopasno za okoliš. Proizvodnja biogoriva iz algi ima mnoge prednosti: alge rastu pedeset do sto puta brže od tradicionalnih kultura (žitarice, mahunarke) te ne zahtijevaju svježu vodu i zemlju da bi rasli, što proizvodnju čini znatno jednostavnijom. Proizvodnja goriva iz algi najbolja je alternativa fosilnim gorivima te bi uz dobru podršku, u budućnosti, mogla u potpunosti izbaciti fosilna goriva.

3.1.2. Vodik kao energetski resurs

Upotreba vodika kao pogonskog goriva za cestovna vozila provodi se primjenom duboko ohlađenog vodika te posredno upotrebom vodika u obogaćenim derivatima nafte i sintetičkim gorivima. Benzinski motori se vrlo lako prerađuju na pogon vodikom, dok je kod dizela to problem. Vodik spada među najčišća goriva i zato je za komercijalnu upotrebu nužno prevladati probleme skupe proizvodnje, vrlo niske energetske gustoće, kao i tehničke probleme.

3.1.3. Nove tehnologije

Tipovi novih tehnologija koja se već pojavljuju na tržištu su: električna vozila, hibridna vozila te vozila s gorivim ćelijama.

a) Električno vozilo je vozilo koje se pokreće elektromotorom, koristeći električnu energiju pohranjenu u akumulatoru ili drugim uređajima za pohranu energije. Glavni nedostaci klasičnih dizelskih i benzinskih motora emisije su štetnih tvari, buka, vibracije, te potrošnja neobnovljivih izvora energije. Upravo glavne prednosti elektromotora javljaju se na tim područjima. Elektromotor ima nultu emisiju štetnih tvari i trenutno jedini zadovoljava ZEV (zero emission vehicle) standarde. Iako elektromotor ima nultu emisiju štetnih tvari zbog njegove primjene dolazi do povećanja zagađenja na mjestima proizvodnje električne energije, kao što su hidroelektrane, nuklearne elektrane, termoelektrane i slično. Takva postrojenja ipak koriste manje fosilnih goriva i proizvodnja se odvija u optimalnim uvjetima ili koriste obnovljive izvore energije. Postrojenja za proizvodnju električne energije smještena su izvan gradova, pa bi se primjenom elektromotornog pogona puno postiglo na poboljšanju kvalitete zraka u gradovima. Korisnost kod električnog vozila trostruko je veća od korisnosti kod dizelskog ili benzinskog vozila jer se 90% energije pretvara u mehanički rad, a 10% odlazi na toplinu. Dizelski ili benzinski motori imaju korisnost do 30%, što znači da se 30% energije pretvara u mehanički rad, a ostalih 70% odlazi na toplinu.

b) Hibridno električni pogonski sustavi (HEV) kombiniraju dva ili više sustava za pohranu energije od kojih oba moraju osigurati pogon - zajedno ili odvojeno. Primarni sustav je obično motor sa unutarnjim izgaranjem u kombinaciji sa električnim motorom. Električni motor se u takvim slučajevima obično koristi kao pogon za kratke relacije ili kao potpora glavnom motoru (čekanje na semaforu). Vozila s takvim pogonom se u gradskom prometu i pri malim brzinama ponašaju kao električna vozila s baterijom, dok na otvorenoj cesti motor s unutarnjim izgaranjem služi kao glavni izvor snage dok mu elektromotor pomaže samo pri

eventualnim ubrzanjima. Osim toga, motor s unutarnjim izgaranjem može se ponašati kao generator kada se ne koristi sva energija motora na svladavanje otpora vožnje, pri čemu puni bateriju elektromotora. Baterija se može puniti i regenerativnim kočenjem. Hibridna vozila se, kao i električna, koriste kao osobna ili laka teretna vozila. Hibridno električni sustav dijeli se s obzirom na autonomnost električnoga pogona na: 1) djelomične (mild hybrid - električni motor potpomaže klasičnom motoru, ali se vozilo ne može pokretat samo elektromotorom) te 2) potpune (full hybrid - električni motor napaja se iz baterije koja se puni radom klasičnog motora). Plug-In hibridno električni pogonski sustav (PHV) je potpuno hibridno vozilo s baterijom koja se može ponovno puniti spajanjem na izvor električne energije. PHV radi na principu električnog vozila bez emisije štetnih plinova na kraće udaljenosti te kao klasično hibridno vozilo na duže udaljenosti. Prednost takvog pogona je što kada se baterija isprazni, vozilo se automatski prebacuje na hibridni način rada. PHV sustav uglavnom se oslanja na pohranjenu električnu energiju koja je prikladna za gradsku vožnju s tim da se vozilo puni preko noći. Također, PHV vozila mogu raditi na istom principu kao i konvencionalna HEV vozila, kada je energija baterije niska, primjerice na dužim putovanjima. Električni pogonski sustav sa Fuel cell tehnologijom (FCEV) koristi električnu energiju za napajanje motora. FCEV proizvodi svoju električnu energiju pomoću gorive ćelije (fuel cell), koja se napaja vodikom smještenom u spremniku goriva. Vodik koji se koristi u Fuel cell tehnologiji stvara se putem elektrolize, komprimira, i tada puni u vozilo. Pomoću gorive ćelije iz spremnika vozila vodik se pretvara u električnu energiju.

4. GRADSKA LOGISTIKA I ULOGA UPOTREBE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH VOZILA U GRADSKOM PROMETU

Ekološki utjecaj logističkih aktivnosti je najviše izražen na mjestima gdje je populacija ljudi najviša, odnosno u urbanim središtima. Upravo stoga, i logistika gradskog transporta zaslužuje najviše pažnje. Gradsku logistiku može se definirati kao proces optimizacije logističkih i transportnih aktivnosti pojedinih tvrtki u nekom urbanom području, uvažavajući prometne, ekološke i energetske čimbenike, odnosno organizaciju urbanog transporta s ciljem zadovoljavanja određenih kriterija (Zečević, 2006).

Gradska logistika ima za cilj optimizirati cjelokupni logistički sustav unutar gradskog područja i tako pozitivno utjecati na kvalitetu života u gradu bez bitnog utjecaja na razinu i kvalitetu distribucije. Postoje četiri ključna čimbenika sustava distribucije roba u gradovima, i to: stanovništvo, gradska uprava, pošiljatelji i primatelji te prijevoznici. Svaki od navedenih čimbenika ima svoje zahtjeve i ciljeve koji su vrlo često suprotstavljeni, međutim interes za razvoj gradske logistike imaju svi navedeni sudionici.

4.1. Prijevozni sustav putnika i robe

Prijevoz putnika u gradovima, odnosno javni gradski prijevoz ima značajnu ulogu u smanjenju emisije ispušnih plinova, buke i vibracija. Povećana ulaganja u javni gradski prijevoz dovode do poboljšanja kvalitete života u gradovima. Javni gradski prijevoz smanjuje i prometne gužve, vrijeme putovanja, kao i stres, a oni koji se voze takvim prijevozom doprinose smanjuju zagušenosti prometnica. S obzirom na činjenicu da cestovni promet izaziva najviše onečišćenja, u današnje vrijeme sve se više teži tome da se prijevoz putnika odvija nultom emisijom ispušnih plinova kako bi se održala kvaliteta života u urbanim središtima. Osim poticanja putnika na korištenje bicikala te kupnje električnih vozila za

osobne potrebe, polako su se počele uvoditi i nove tehnologije prijevoznih sredstava u javni gradski prijevoz, kao što su električni autobusi i minibusi.

Prijevoz robe cestom najzastupljeniji je oblik prijevoza u realizaciji prometnih tokova na području urbanih središta. Kretanje robe prometnicama može se realizirati na više načina, primjerice teretnim vozilima, kombi i putničkim vozilima, motorima i motociklima, biciklima, autobusima ili pješice. U distribuciji robe sve su više prisutna kombi i pick-up vozila, a razlozi su mnogobrojni, prije svega otežan pristup središnjim gradskim zonama, smanjenje veličine i rast frekvencije isporuka, što zahtijeva vozila dobrih manevarskih sposobnosti (Šamanović, 2009). Za isporuku robe na kućnu adresu, kao oblik opskrbe u centralnim gradskim ulicama sve se češće koriste motocikli ili posebno konstruirani gradski bicikli s košaricom koji mogu biti veličine i do jedne palete. Gradske zone u kojima je zabranjen promet motornim vozilima opskrbljuju se biciklom ili na klasičan način kada čovjek nosi isporuku korištenjem različitih prijenosnih sredstava, od košare do posebno konstruiranih kolica.

4.2. Distribucija primjenom ekološki prihvatljivih vozila

Rast cijena goriva i trenutna ovisnost o nafti utječu na odabir vrste goriva i tehnička rješenja koja će pojeftiniti troškove prijevoza, a što u konačnici ukazuje i na to da će potražnja za alternativnim rješenjima u budućnosti biti sve veća. Međutim, kod realizacije alternativnih rješenja nisu potrebna samo tehnološka dostignuća, već i ona infrastrukturna koja se odnosi na načina opskrbe alternativnim gorivom (Zelenika, 2001). Novi logistički koncept će u pogledu metoda distribucije robe i putnika primjenom ekoloških vozila predstavljati važnu ulogu u budućnosti. Ovakav stav neće predstavljati toliku inovaciju u infrastrukturnom smislu, a na infrastrukturu se u ovom kontekstu misli na način kako se organizira prijevoz i sama distribucija robe i putnika, ali u pogledu voznog parka i energenata koji se koriste kao pogonska goriva, nedvosmisleno hoće.

Prijevozničke tvrtke često imaju sljedeće argumente protiv upotrebe ekoloških vozila: 1) vozila s alternativnim pogonskim sustavima često su preskupa, 2) prednosti korištenja ekoloških vozila prijevozničkim tvrtkama nisu primarna i 3) pouzdanost često nije dokaziva. Treba imati svakako na umu činjenicu da se gubici u nosivosti vozila moraju uzimati u obzir (primjerice, kod vozila na hibridni pogon), kao i maksimum ukupne vožnje. Naime, udaljenost koja se prijeđe s jednim punjenjem spremnika manja je od udaljenosti koja se prijeđe tradicionalnim motornim vozilima (primjerice, elektro i plinski pogon).

Jedan od glavnih problema je i gustoća mreže punionica jer i najveći gradovi u Europi imaju vrlo nizak nivo gustoće mreže u kojoj je moguće dopunjavanje alternativnim gorivima.

Ekološka vozila mogu se okarakterizirati različitim pokazateljima. Neki od aspekata koji se koriste i koji mogu biti od značaja za klasifikaciju ekoloških vozila su: 1) alternativni pogonski sustavi, 2) klasične pogonske tehnologije koje vode smanjenju potrošnje goriva i smanjenju emisije plina, 3) tehnologija koja podržava smanjenje buke vozila i 4) EFV (Environment-friendly vehicle), vozila „prijateljski nastrojena prema okruženju“.

Pojedini projekti vezani za upotrebu ekološki prihvatljivih vozila u gradskom teretnom prijevozu robe te prijevozu putnika pokazali su visoke ekološke učinke u pogledu smanjenja emisije CO_2, smanjenja razine buke i poboljšanja energetske učinkovitosti. Ustanovljeni su i najvažniji nepovoljni čimbenici, prvenstveno viši operativni troškovi prilikom korištenja EFV,

nedovoljno razvijena infrastruktura za dopunjavanje goriva, problemi s pouzdanošću i kvarovima te visoki troškovi održavanja.

4.3. Financijska analiza distribucije robe i putnika

Da bi se izvršila analiza utjecaja distribucije putnika i robe primjenom konvencionalnih vozila u odnosu na distribuciju primjenom ekoloških vozila te da bi se izračunali troškovi, potrebno je najprije formirati hipotetski primjer distribucije robe u urbanom središtu, odnosno treba definirati one parametre distribucije koji su potrebni za izračunavanje troškova. Kako je jedinica svih troškova €/voz/km, jasno je da je ulazni parametar potreban za izračunavanje ukupnih troškova broj vozila i broj prijeđenih kilometara pri distribuciji (Maibach, 2008).

Pri izračunu dnevnih troškova nekog prijevoznog sustava u nekom (hipotetskom) urbanom središtu, polazi se od pretpostavke da se distribucija robe i putnika obavlja sa 120 vozila, koja pritom prijeđu oko 1.000 kilometara u tom urbanom središtu.

Temeljem ovih podataka mogu se izračunati operativni i vanjski troškovi distribucije primjenom konvencionalnih vozila, a samim time i ukupni troškovi, što je vidljivo iz tablice 1.

Tablica 1. Proračun troškova distribucije robe i putnika u gradu primjenom konvencionalnih vozila

Troškovna kategorija			Jedinični troškovi [C/voz/km]	Ukupni troškovi [C]
Operativni troškovi	Promjenjivi	Gorivo	0,322	38.640,00
		Ulja	0,011	1.320,00
		Popravci i održavanje	0,117	14.040,00
		Gume	0,067	8.040,00
	Fiksni	Amortizacija	0,187	22.440,00
		Kamata	0,056	6.720,00
		Plaće	0,320	38.400,00
		Osiguranje	0,045	5.400,00
		Porezi	0,016	1.920,00
Vanjski troškovi		Prometno zagušenje	0,35	42.000,00
		Prometne nezgode	0,0446	5.352,00
		Zagađenje zraka	0,15	18.000,00
		Buka	0,3	36.000,00
		Promjena klime	0,18	21.600,00
		Ostali vanjski troškovi	0,09	10.800,00

Ukupni troškovi sustava distribucije robe i putnika primjenom konvencionalnih vozila iznose 270.672,00 €.

4.4. Analiza metode distribucije primjenom ekološki prihvatljivih vozila

Metoda distribucije primjenom ekoloških vozila, može omogućiti i do 30% smanjenja operativnih troškova u odnosu na konvencionalne sustave. Prijevoz robe vozilima sa pogonom na biogorivo smanjilo bi utjecaj prijevoza na efekt staklenika za 5%, a električnim vozilima daleko više. Kapacitet ekoloških vozila je uglavnom manji od kapaciteta teških teretnih vozila, bez obzira što to neće previše utjecati na broj pokretanja vozila zbog toga što kapacitet teških teretnih vozila nije maksimalno iskorišten. Zbog navedenog, pretpostavka je da se broj pokretanja vozila povećava za 20% (144 vozila), a da se broj prijeđenih smanjuje na 700 km,

zbog toga što se primjenom samo ove metode ne obavlja upravljanje tokovima robe i putnika. Rezultati financijske analize prikazani su u tablici 2.

Tablica 2: Proračun troškova distribucije robe u gradu primjenom ekoloških vozila

Troškovna kategorija			Jedinični troškovi [C/voz/km]	Ukupni troškovi [C]
Operativni troškovi	Promjenjivi	Gorivo	0,322	32.457,60
		Ulja	0,011	1.108,80
		Popravci i održavanje	0,117	11.793,60
		Gume	0,067	6.753,60
	Fiksni	Amortizacija	0,187	18.849,60
		Kamata	0,056	5.664,80
		Plaće	0,320	46.080,00
		Osiguranje	0,045	4.536,00
		Porezi	0,016	1.612,80
Vanjski troškovi		Prometno zagušenje	0,35	43.200,00
		Prometne nezgode	0,0446	6.422,40
		Zagađenje zraka	0,15	7.200,00
		Buka	0,3	5.760,00
		Promjena klime	0,18	24.624,00
		Ostali vanjski troškovi	0,09	12.960,00

Ukupni troškovi sustava distribucije robe primjenom ekološki prihvatljivih vozila iznose 229.003,20 €.

5. ZAKLJUČAK

Cestovni promet i prijevoz najznačajniji je izvor zagađenja okoliša uzrokovanih prometom. Dio aktivnosti kojima se može smanjiti negativan utjecaj cestovnog prometa na okoliš podrazumijeva i upotrebu novih tehnologija te alternativnih goriva koja uključuju biogorivo i vodik odnosno upotrebu električnih i hibridnih vozila te vozila s gorivim ćelijama.

Novi logistički koncept u pogledu metode distribucije robe i putnika primjenom ekoloških vozila poprima sve veći značaj. Upotreba ekološki prihvatljivih vozila ne djeluju samo na smanjenje negativnih utjecaja cestovnog prometa za potrebe prijevoza putnika i robe, koji se očituju u emisiji ispušnih plinova, buke i vibracija. Jednako tako djeluje i na smanjenje operativnih troškova (koji se sastoje od fiksnih – amortizacija, kamata, plaće, osiguranje, porezi te promjenjivih – gorivo, ulja, popravci i održavanje, gume) i eksternih (vanjskih) troškova (koji obuhvaćaju troškove prometnih zagušenja, troškove prometnih nezgoda, troškove uslijed zagađenja zraka te troškove buke), a samim time i ukupnih troškova, što je u radu i predstavljeno kroz kvantificirano.

6. LITERATURA

Bloomberg, D. et. all. (2006). Logistika, Mate, Zagrebačka škola ekonomije i managementa, Zagreb.

Günther, H-O., Tempelmeier, H. (2005). Produktion und Logistik, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.

Košutar, I. (2015). Zelena logistika (završni rad), Sveučilište Sjever Varaždin, Varaždin.

Krpan, Lj., Furjan, M., Maršenić, R. (2014). Potencijali logistike povrata u maloprodaji; Logistika povrata, Tehnical journal 8, 184-186.

Lewis, A. et. all. (2010). Freigh Consolidation Centre Study, Department for Transport, London.

Maibach, M. et. all. (2008). Handbook on estimation of external costs in the transport sector.

Maroudas – Tsakyrellis, E. (2011). City Logistics for Sustainability - The Case of Stockholm, Stockholm.

Nikolčić, S., Lazić, D. (2006.). Zelena logistika; Od logistike do zelene logistike, Festival kvalitete 2006, 1. Nacionalna konferencija o kvaliteti života, Zagreb, B-56.

Šamanović, J. (2009.). Prodaja, distribucija, logistika teorija i praksa, Ekonomski fakultet Split, Split.

Waters, D. (2007.). Global logistics and distribution planning, strategis for management. Kogan Page London.

Zečević, S. (2006). City logistika, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet Beograd, Beograd.

Zelenika, R. (2005). Logistički sustavi, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka.

Zelenika, R. (2001). Prometni sustavi: Tehnologija, organizacija, ekonomika, logistika, Menadžment, Ekonomski fakultet Rijeka, Rijeka.

Zelenika, R., Pavlić Skender, H. (2007). Upravljanje logističkim mrežama, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

PODSTICAJ PRIVREDNOG RAZVIJA KROZ ULAGANJE U SAOBRAĆAJNU INFRASTRUKTURU– SLUČAJ LOGISTIČKOG CENTRA PIROT*

ECONOMIC DEVELOPMENT BOOST THROUGH THE INVESTMENT IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE-THE CASE OF LOGISTIC CENTER PIROT

Dragan Kostić, Aleksandar Simonović, Vladan Stojanović

Slobodna zona Pirot, Nikole Pašića b.b., Pirot, 18300, Srbija, dragan.kostic@freezonepirot.com, aleksandar.simonovic@freezonepirot.com, vladan.stojanovic@freezonepirot.com

***Apstrakt**: Republika Srbija se često naziva „sponom" između istoka i zapada. Ima povoljan saobraćajni položaj i dva panevropska koridora prolaze kroz Srbiju, drumsko-železnički koridor X „Orient/east–Med Corridor" i rečni koridor VII „Rhine/Danube Corridor". Saobraćajni koridori predstavljaju jedan od ključnih aspekata infrastrukture svake nacionalne privrede, regiona, grada i opštine, a razvoj saobraćaja ima uticaj na razvoj privrede, na privlačenje novih stranih investicija i na bolje životne uslove građana. Po kvalitetu transportne infrastrukture, Srbija je rangirana veoma nisko što može da se poveže i sa ekonomskom situacijom zemlje. Izgradnja delova pan evropskih koridora koji prolaze kroz Republiku Sebiju će doprineti unapređenju transportne infrastrukture i bržem ekonomskom razvoju zemlje. U cilju unapređenja razvoja lokalne privrede, a i saobraćajne infrastrukture u industrijskoj zoni, Slobodna zona Pirot i grad Pirot su pokrenuli projekat izgradnje Logističkog centra Pirot, za koji je urađena predstudija i studija izvodljivosti koje su pokazale, kao i analize u okviru projekta ADB multiplatform, između ostalog, da će ovaj projekat nezaobilazno podstaći modernizaciju saobraćajne infrastrukture u jugoistočnom delu Srbije, intermodalni transport, povećati atraktivnost lokacije za investicije i uticati na smanjenje zagađenja okoline.*

***Ključne riječi:** Intermodalni terminal, industrijski park, intermodalni transport*

***Abstract:** The Republic of Serbia is often called the link between east and west. It has a favorable traffic position and two pan-european corridors pass through Serbia, the road and rail corridor X „Orient/east–Med Corridor" and the river corridor VII „Rhine/Danube Corridor". Traffic corridors represent one of the key aspects of infrastructure of every national economy, region, city and municipality, and the development of transport has an impact on economic development, on the attraction of new foreign investments, on better living conditions of citizens. According to the quality of transport infrastructure, Serbia is ranked very low, which can be connected with the economic situation of the country. The construction of sections of European corridors passing through the Republic of Sebia will contribute to the improvement of transport infrastructure and faster economic development of the country. In order to promote local economic development and traffic infrastructure in the industrial zone, the Free Zone Pirot and the city of Pirot have launched a project to build a Logistic Center Pirot, which will inevitably encourage the modernization of traffic infrastructure in the southeastern part of Serbia as well as the intermodal transport, increase the attractiveness of locations for investments and reduce the environmental pollution.*

***Key words**: Intermodal terminal, industrial park, container transport*

* ***Kratko ili prethodno saopštenje***

1. STANJE SAOBRAĆAJNE INFRASTRUKTURE

Do skoro, saobraćajna infrastruktura i razvijenost saobraćaja u Srbiji, posmatrani po svim važećim parametrima, bili su nego loši. Takvo stanje je posledica nedovoljno efikasnih aktvnosti na unapređenju transporta i izgradnji infrastrukture u proteklim vremenima. Puno zaostajemo, ne samo za EU, već i za zemljama u okruženju. Sve se to negativno odrazilo na naš privredni i sveukupni društveni razvoj. Naša infrastruktura je za sve vidove saobraćaja neadekvatna, nerazvijena i u veoma lošem stanju, a saobraćajna sredstva su vremenski i tehnološki zastarela. Veoma malo je urađeno na uvođenju savremenih tehnologija u upravljanju saobraćajem – primena inteligentnih saobraćajnih sistema (ITS) i sl. Kako bi jedan intermodalni terminal neometano funkcionisao, u zemlji Srbiji su potrebna, pored ostalog, velika ulaganja, kako u drumski, tako i u železnički saobraćaj.

Po Globalnom izveštaju o konkurentnosti „Svetskog ekonomnskog foruma“ iz 2015. godine, prema kvalitetu transportne infrastrukture na 119. mestu, a prema kvalitetu železničke infrastrukture na 83. mestu od 144 zemlje.

Koridor „Orient/east–Med Corridor“ ili koridor 10 je jedan od najvažnijih panevropskih saobraćajnih koridora koji prolazi kroz Srbiju i povezuje Austriju, Mađarsku, Sloveniju, Hrvatsku, Srbiju, Bugarsku, Makedoniju i Grčku i u Srbiji. Projekat izgradnje delova Korida X, trenutno u završnoj fazi izgradnje.

Na osnovu informacija preuzetih sa zvanične stranice „Koridora Srbije“ d.o.o., projektom izgradnje Koridora X, transportni sistem Republike Srbije postaje kompatibilan sa transportnim sistemom Evropske Unije, sa tendencijom dalje modernizacije kako bi Republika Srbija bila spremna da se pridržava standarda Evropske Unije u oblasti transporta. Realizacijom ovog važnog projekta doći će do opšteg ubrzanja tranzitnog saobraćaja, unaprediće se nivo usluga, olakšaće se međunarodni trgovinski tokovi i transport putnika. Kada se završi, novi auto-put imaće pozitivan uticaj na komercijalne i trgovinske aktivnosti u regionu i doprineće regionalnom razvoju i koheziji šireg područja Balkana.

Glavni krak Koridora 10 je Salcburg - Ljubljana - Zagreb - Beograd - Niš - Skoplje - Veles - Solun.

Pored glavnog kraka postoje još četiri kraka:

- Krak A: Grac (A) - Maribor (SLO) - Zagreb (HR)
- Krak B: Budimpešta (SRB) - Novi Sad (SRB) - Beograd (SRB)
- Krak V: Niš (SRB) - Dimitrovgrad (SRB) - Sofija (BG) - Istambul (TR) - preko Koridora 4
- Krak G: Veles (MK) - Prilep (MK) - Bitolj (MK) - Florina (GR) - Igumenica (GR)

Program izgradnje Koridora 10 kroz Srbiju se sprovodi u skladu sa ciljevima postavljenim Strategijom razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji.

Rad na Koridoru 10 kroz Srbiju organizovan je kroz četiri projekta:
- Projekat Sever (od Horgoša do Novog Sada)
- Projekat Jug (od Nišado južne srpske granice)
- Projekat Istok (od Niša do granice sa Bugarskom)
- Projekat Obilaznica Beograd.

Informacije o projektu izgradnje Koridora X kroz Srbiju su preuzete sa zvanične internet stranice „Koridora d.o.o.“ osnovanim od strane Vlade Republike Srbije.

1.1. DRUMSKI SAOBRAĆAJ

„Drumski transport u Srbiji predstavlja dinamičan i dominantan vid saobraćaja koji učestvuje u prevozu robe sa 52 % (mereno po ostvarenim t/km.), a broj teretnih vozila od 2000. godine povećao se za 31 % i u 2012. godini broji 126.045 vozila“ (Jovo R. Drobnjak, portal Makroekonomija). Ovakvo povećanje predstavlja veliko opterećenje za našu ionako nedovoljno efikasnu infrastrukturu. Sadašnji drumski transport karakteriše velika starost voznog parka, koja iznosi nesto više od 15 godina, što se negativno odražava na tehničku ispravnost i sigurnost u saobraćaju, zatim na visoku emisiju štetnih gasova, nisku stopu energetske efikasnosti i sl. Po saopštenju Republičkog zavoda za statistiku Republike Srbije od 28.04.2017. godine, tokom 2016. godine, preko međunarodnih drumskih graničnih prelaza na teritoriji Republike Srbije izašlo je 747.361 drumsko teretno vozilo, kojim je izvezeno 9.355 hiljada tona robe. U odnosu na prethodnu godinu, izašlo je za 41,9% više drumskih teretnih vozila, kojima je izvezeno za 22,8% više tona robe. Vozilima sa registracijom Srbije tokom 2016. godine izvezeno je nešto više od polovine ukupne količine robe (64,0%). Broj teretnih vozila kojima je 2016. godine roba uvezena na područje Republike Srbije veći je za 11,2% nego 2015. godine. Vozilima sa registracijom Srbije tokom 2016. godine uvezeno je 47,4% od ukupne količine robe.

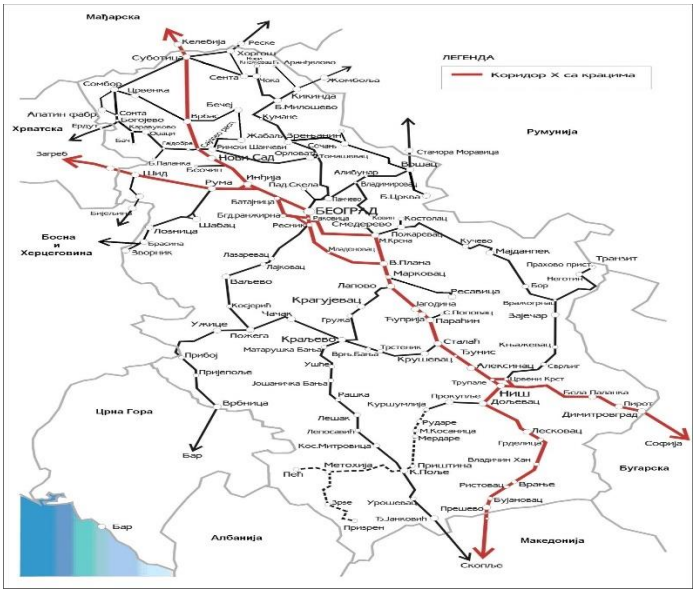
U proteklom periodu zabeležen je značajan porast broja vozila kao i količine prevežene robe kroz Srbiju koja dovodi do zagušenja putne infrastrukture i povećanja zagađenja okoline. Slobodna zona Pirot se nalaci na Koridoru Xc, pa bi eventualno ulaganje u realizaciju projekta i razvijanje intermodalnog terminala u Pirotu trebalo da da rezultate kako u pogledu zadovoljavanja potreba naših klijenata, tako i u pogledu podsticaja osvaremenjavanja saobraćajne infrastrukture.

1.2. ŽELEZNICA

Kako je navedeno u Nacionalnom programu Srbije javne železničke infrastrukture za period od 2017. do 2021., mreža železničkih pruga, nekadašnja „Infrastruktura Železnica Srbije” a. d., a danas „Srbija Kargo a.d.“, je stara više od jednog veka, a preko 55% svih pruga izgrađeno je u 19. veku. Prosečna starost koloseka je oko 43 godine, elektrotehničkih postrojenja između 30 i 40 godina, a značajno se povećava i dužina pruga na kojima je smanjena najveća dopuštena brzina vozova navedeno je u Nacionalnom programu javne železničke infrastrukture za period od 2017. do 2021. godine, Republike Srbije.

Građevinska dužina železničkih pruga u Republici Srbiji je 3.809 km, od čega je:
- 3.533 km jednokolosečnih i
- 276 km dvokolosečnih pruga.

Od navedenih dužina: magistralnim prugama pripada 1.768 km, a ostalim prugama 2.041 km. Ukupna dužina jednokolosečnih magistralnih pruga je 1.485 km, a dvokolosečnih magistralnih pruga 276 km. U skladu sa navedenim, proističe da je samo 7,43% pruga dvokolosečno u Republici Srbiji, što u velikoj meri ograničava propusnu moć i efikasnost železničkih pruga.



Slika 1. Mreža javnih železničkih pruga Republike Srbije

Projektovano stanje železničke mreže u Republici Srbiji omogućava saobraćaj železničkih vozila mase od 12 t/os do 22,5 t/os, od toga na 42,26% ukupne dužine železničkih pruga dozvoljeno opterećenje po osovini je 22,5 t/os, što predstavlja smetnju daljem porastu železničkog saobraćaja.

Kao što je navedeno u Nacionalnom programu javne železničke infrastrukture za period od 2017. do 2021. iako su projektovane brzine na železničkim prugama znatno povoljnije, zbog istrošenosti elemenata železničke infrastrukture proisteklog dugogodišnjim i akumuliranim nedovoljnim održavanjem, samo na 87 km koloseka ili 2,74% od ukupne dužine pruga, vozovi saobraćaju brzinama preko 100 km/h (podatak na dan 31.12.2015. godine). Ukupna građevinska dužina pruge za dozvoljenu brzinu od 81-90km/h je 37km, dok je za dozvoljenu brzinu od 91-100 km/h, građevinska dužina pruge 439km.

Značajno smanjenje najvećih dopuštenih brzina po prugama u proteklom periodu nastalo je kao posledica dugogodišnjeg neobezbeđivanja sredstava za redovno održavanje elemenata infrastrukture, pa se za železničku infrastrukturu može reći da ima veoma nizak nivo tehničke pouzdanosti i tehnološke raspoloživosti.

Kao posledica lošeg tehničkog stanja elemenata gornjeg stroja i donjeg stroja, kao i zbog izvođenja radova koji zahtevaju smanjenje brzina predviđenih redom vožnje, a u cilju očuvanja bezbednosti saobraćaja uvodi se značajan broj laganih vožnji.

Ukupna dužina koloseka na elektrificiranim železničkim prugama je 2.263 km. Na elektrificiranim prugama u primeni je monofazni naizmenični sistem električne vuče 25kV/50Hz.

Nedovoljna finansijska sredstva za održavanje u proteklom periodu uticala su na pogoršanje tehničkog stanja sistema u celini, pa su pojedina postrojenja dovedena u kritično stanje. Kontaktna mreža, elektrovučne podstanice i postrojenja za sekcionisanje stari su oko 35 godina, a propisano je da se vrši obnova (remont) kontaktne mreže svakih osam do 10 godina.

Kako bi unapredili stanje železnice u Srbiji urađen je Nacionalni program javne železničke infrastrukture za period od 2017. do 2021. godine koji određuje prioritete razvoja, izgradnje, rekonstrukcije i održavanja funkcionalnosti železničke infrastrukture.

1.3. INTERMODALNI TRANSPORT

Intermodalni transport je sistem podrazumeva iskorišćenje prednosti svih vidova transporta u toku transportnog lanca konceptom intermodalnosti, odnosno intermodalnog transporta. Da bi intermodalni transport bio konkurentan, osim podrške države, potrebno je unaprediti tehničko-tehnološke procese na graničnim prelazima i terminalima, železničku infrastrukturu i stimulisati drumske prevoznike koji obavljaju početno/završne operacije u intermodalnom transportnom lancu, odnosno transport do i od terminala. Železnička infrastruktura je jedan od nosilaca razvoja multimodalnih čvorova, a kombinovani drumsko-železnički transport se poslednjih godina postepeno obnavlja i u stalnom je porastu. S obzirom na to da je u toku proces reformi železničkog sektora, kao i da je izvršena podela nekadašnje "Železnica Srbije a.d." na nezavisne kompanije (društvo za održavanje železničke infrastrukture, društvo za putnički saobraćaj, društvo za robni saobraćaj), u daljim fazama procesa reformi očekuje se kvalitetniji i efikasniji železnički transport u RS, koji će istovremeno biti i nosilac razvoja intermodalnog transporta. Kako je rečeno iz Ministarstva saobraćaja, oko 1 mlrd EUR predviđeno je za izgradnju i modernizaciju železničke infrastrukture. Infrastruktura će se paralelno razvijati u dva smera: remontovanje pruga na Koridoru 10 i Barske pruge u cilju vraćanja brzina na projektovanje s jedne strane i izgradnja brzih pruga s druge strane. Izgradnja brzih pruga na relaciji Budimpešta-Beograd i u narednom koraku Beograd - Skoplje - Solun - Atina, vratiće konkurentnost železničkom saobraćaju i značajno povećati tržišno učešće železnice. Rekonstruisanje pruge predstavlja kvalitetnu vezu između mesta generisanja robnih tokova i klijenata (korisnika), ali i omogućavaju efikasniji i efektivniji železnički transport, koji će nesumnjivo dovesti i do generisanja novih tokova, posebno robnih u tranzitu kroz Srbiju. Sve velike kompanije u svetu svoje proizvode na putu ka krajnjim korisnicima usmeravaju na intermodalne terminale/logističke centre, kao mesta ukrštanja tokova robe - zbog brzine, kvaliteta i ekonomičnosti isporuke. Intermodalni terminali i logistički centri moraju biti strateški locirani u blizini ukrštanja važne transportne infrastrukture i robnih tokova, postojećih infrastrukturnih kapaciteta i većih privrednih i robno-distributivnih centara i slobodnih zona, odnosno mesta gde se već obavljaju proizvodne i uslužne delatnosti u okviru infrastrukturno opremljenog zemljišta na kome vlada stimulativan režim poslovanja, uz mogućnost prostornog proširenja, uvažavajući urbanističke zahteve i planove (tematski bilten, Logistika pokreće vaš biznis, 2015).

Vlada Srbije ce od 2018. uvesti subvencije za intermodalni transport koje se odnose na železnicki i drumski transport u cilju unaprđenja kombinovanog transporta. Stimulativne mere propisane su uredbom koju je Vlada donela u julu 2015. godine, a stupice na snagu 1. januara 2018. Subvencije su namenjene vlasnicima i upravljacima terminala za kombinovani transport, operaterima za železnicki i drumski transport, operaterima kombinovanog transporta i upravljacima železnicke infrastrukture i špedicije (tematski bilten, Logistika pokreće vaš biznis, 2015).

Iako postoji veliki potencijal za intermodalni transport, loši uslovi železničkog sistema, loš komercijalni pristup „Srbije kargo" a.d. i nedostatak finansija ometaju razvoj železničkog transporta. Intermodalni transport u Srbiji je u vrlo ranoj fazi razvoja. Glavni razlozi za to su sledeći:

- Institucionalna pitanja kao što su slabe institucije, neadekvatna organizacija, nepostojanje relevantnih udruženja, ograničena strateška predvidjanja;
- Operativni problemi koji uključuju slabu koordinaciju i saradnju među zainteresovanim stranama u lancu transporta kao i nedostatak političke inicijative od strane Vlade za organizaciju intermodalnog transporta;
- Neadekvatna i slabo razvijena adekvatna infrastruktura ili nadgradnja, zastarela mehanizacija i oprema pored loše organizovanog transporta i transportne mreže;
- Nedovoljna podrška sveobuhvatnom i širokom planiranju u lancu logističkog transporta;
- Nerazvijena svest o koristi koju intermodalni transportni sistem pruža i neodgovarajući marketing te koristi;
- Politika odredjivanja cena u Srbiji koja ne stimuliše korišćenje intermodalnog transporta;
- Nedovoljna saradnja izmedju republičkih i lokalnih – gradskih vlasti (npr. gradske vlasti Beograda, Novog Sada, Niša).

Kako se navodi u tematskom biltenu (Logistika pokreće vaš biznis, 2015), Strategijom razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta i Akcionim planom za realizaciju ove strategije uređen je strateški pristup za obezbeđivanje ekonomičnih, bezbednih i ekološki prihvatljivih vidova saobraćaja. Osnovni koncept strategije određen je dugoročnim ciljem – članstvom u EU koji je Srbije postavila kao svoj strateški i nacionalni interes.

Kada su investicije u pitanju, sredstvima u iznosu od oko 1 mlrd EUR predviđena je izgradnja i modernizacija železničke infrastrukture. Infrastruktura će se paralelno razvijati u dva smera: remontovanje pruga na Koridoru 10 i Barske pruge u cilju vraćanja brzina na projektovane sa jedne strane i izgradnja brzih pruga sa druge strane. Izgradnja brzih pruga na relaciji Budimpešta-Beograd i u narednom koraku Beograd - Skoplje - Solun - Atina, vratiće konkurentnost železničkom saobraćaju i značajno povećati tržišno učešće železnice.

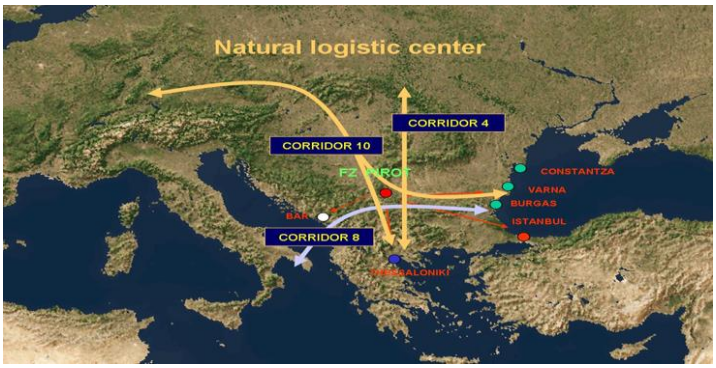
1.4. LOGISTIČKE USLUGE

Logističke usluge (transport, skladištenje, pretovar, distribucija) je ono na čemu danas insistira veliki broj firmi, ne želeći da opterećuju poslovanje i troše vreme na organizaciju i ugovaranje transporta sa prevoznicima i da se nose sa odgovornošću koja iz toga proističe. Kompletnu uslugu mogu da pruže agenti povezivanjem domaćih i stranih logističkih operatera čime je moguće smanjenje troškova poslovanja učesnika u tom lancu omogućavajući do 10% nižu cenu krajnjeg proizvoda. Istraživanja pokazuju da troškovi logistike (pakovanja, transporta, skladištenja, pretovara, zaliha i dr.) u ceni proizvoda učestvuju sa oko 10% u zemljama EU, a kod nas to učešće dostiže čak i do 20-25% (Logistika pokreće vaš biznis, 2015). Danas su proizvodi po svojim karakteristika, dizajnu, materijalima i cenama sve sličniji (nema velike razlike u odnosu na proizvođača ili marku, svi su ovladali materijalima, tehnologijama, dizajnom i drugim performansama). Konkurentska razlika se pravi u odnosu na uslugu isporuke i postprodajnog servisa. U tom smilsu kompletnost i kvalitet logističke usluge postaje dominantan faktor konkurentnosti. Ova činjenica stavlja vrlo stroge zahteve pred logističke kompanije i sisteme. Da logistička industrija u Srbiji napreduje govori i izveštaj Svetske banke, u kome se naša zemlja našla na 63. mestu kada je kvalitet logistike u pitanju. Sa porastom značaja logistike u svakoj organizaciji, raste značaj i atraktivnost logističke profesije. Godišnja stopa rasta potreba za logističkim stručnjacima u razvijenim ekonomijama,

kreće se između 10 – 15%. U manje razvijenim privredama, sa nedostatkom ovih kadrova, ta stopa se kreće i do 30% godišnje, zbog čega se opravdano smatra da je logistika profesija budućnosti (Logistika pokreće vaš biznis, 2015).

2. LOGISTIČKI CENTAR U PIROTU

Na osnovu podataka uzetih iz radova Kostić D., Intermodalni terminal na Koridoru X (2010) i Intermodalni logistički centar Pirot kao podrška regionalnom razvoju i podsticaj efektivnijoj prekograničnoj saradnji (2012), glavni cilj projekta Logistički cenntar Pirot jeste da se kroz razvoj i ulaganje u drumski i železnički saobraćaj i proširenje postojeće industrijske zone Pirot u opšini Pirot, privuku novi i postojeći investitori i time omogući integracija Srbije u regionalnu i svetsku privredu. Razvoj slobodne zone i modernizacija iste kroz formiranje logističkog centra, može imati različite koristi za zajednice u pirotskom regionu i u izvesnoj meri može podstaći njihov društveno-ekonomski razvoj. To se može realizovati kroz veće šanse za privlačenje budućih investitora.



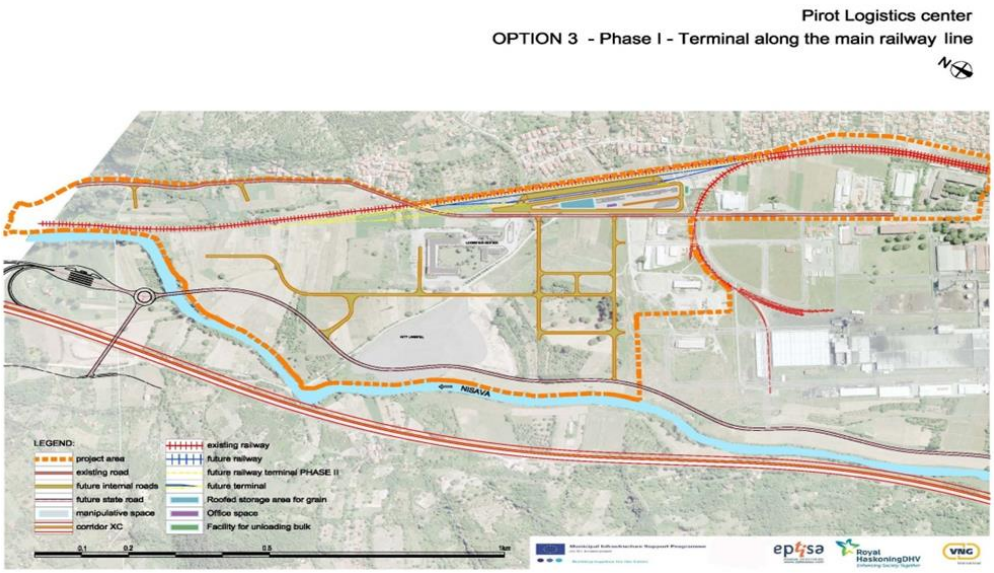
Slika 2. Ilustracija lokacije Slobodne zone Pirot, izvor: Intermodalni Logistički Centar Pirot, Prethodna studija opravdanosti, Novembar 2010

Duž zapadne strane Slobodne zone Pirot u toku je zvaršetak Европскоg autoputa E 80 klase A, Niš-Dimitrovgrad-Sofija. Puštanje u rad ovog autoputa se očekuje u 2018. godini. Prilaz industrijskoj zoni sa ovog puta je kroz grad Pirot ili preko petlje na mestu gde se put E-80 ukršta sa državnim putem II reda br.133. Od državnog puta II reda br.133 pristup industrijskoj zoni je direktan.

Slika 3. Godišnji tokovi (tona) u trenutnom scenariju potražnje pod pretpostavkom efektivnog koridora X, izvor: Intermodalni Logistički Centar Pirot, Prethodna studija opravdanosti, Novembar 2010

Pružanjem usluge iz oblasti transporta, cilj je i da se izađe u susret transporterima koji već koriste usluge u Slobodnoj zoni Pirot ali i transporterima čiji kamioni i vagoni prolaze krakom koridora Xc i predstavljaju potencijal za pružanje transportnih usluga od strane Intermodalnog Logističkog centra Pirot. Kroz formiranje „Zelenog koridora“ koji će doprineti smanjenju negativnog uticaja transporta na okolinu i kroz nastojanja Slobodne zone Pirot ILC Pirot će postati deo intermodalne transportne mreže zemalja Zapadnog Balkana i Evropske Unije. Što se tiče kvantitativne procene, trenutne potrebe za izgradnjom Intermodalnog Logističkog Centra proizilaze pre svega od korisnika Industrijske zone Pirot, medju kojima značajnu ulogu zauzima gigant u proizvodnji auto-guma „Tigar Tyres“, deo Michelin grupe, kao i značajan broj transportnih jedinica koje prolaze koridorom Xc. Značajno povećanje broja kamiona i vozova očekuje se nakon završetka koridora X gde Slobodna zona Pirot vidi mogućnost privlačenja pomenutih transportera pružanjem različitih transportno-logističkih usluga. Logistički centar u Pirotu ima dve komponente: industrijski park gde budući zakupci mogu koristiti subvencionisano iznajmljivanje ili zakup i intermodalni terminal gde budući operator i korisnici mogu iskoristiti nižu cenu usluga. Projekat je u skladu sa ciljem od zajedničkog interesa, posebno u pogledu održivog transporta i smanjenja nezaposlenosti, nezaobilaznog ulaganja u saobraćajnu infrastrukturu ali zahteva intervenciju države za industrijski park i intermodalni terminal usled lošeg finansijskog prinosa. Ova mera odgovara problemima kako bi firme bile motivisane da ulažu zbog povoljnijih cena zemlje i usluga i koriste predložene objekte. Negativna stopa povraćaja pokazuje da je projektu potrebna pomoć čiji se nivo utvrdjuje korišćenjem metoda nedostajućih finansijskih sredstava. Ne očekuje se da će bilo koja od ove dve komponente narušiti konkurentnost s obzirom da se očekuje da intermodalni terminal zauzme 2,5% postojećeg tržišta nakon 25 godina, a privatni sektor ne zadovoljava potrebe za greenfield industrijskim parkom. Ovaj projekat će omogućiti ekonomski razvoj u regionu koji zaostaje čineći ga uskladjenim sa regionalnim razvojem. Predloženi industrijski park i intermodalni terminal biće otvoreni za sve potencijalne korisnike bez diskriminacije kako bi se podstakla konkurencija. Na osnovu ovog razmatranja, mišljenja smo da je državna pomoć za ovaj projekat u skladu sa politikom konkurencije. Kako se mora rešiti vlasnički status gradjevinskih parcela za terminal, Vlada Srbije je početkom maja 2017.godine donela rešenje o javnom interesu za eksproprijaciju zemljišta, zbog izgradnje logističkog centra, na osnovu čega je Javno pravobranilaštvo Pirot dalo predlog za eksproprijaciju. Predlogom za eksproprijaciju je obuhvaćeno 15 do 20 parcela, to je sve gradjevinsko zemljište ali bez izgradjenih objekata. Nakon rešavanja svih pitanja vlasništva i dobijanja vlasništva nad zemljištem, treba započeti proceduru za preparcelaciju i parcelaciju. U ovoj proceduri sve parcele mogu biti objedinjene u jednu parcelu, a zatim podeljene u gradjevinske parcele za različitu upotrebu.

Prioritetni projekat sadrži dve komponente: proširenje i unapredjenje postojeće industrijske zone za oko 35 hektara neto i izgradnju novog intermodalnog železničkog terminala.



Slika 4. Izgled Logističkog centra Pirot, izvor: MISP (2014), Feasibility Study

Postojeća industrijska zona u Pirotu je sedište nekih dobro poznatih srpskih komapnija. Jedna od njih je i Tigar Tyres d.o.o., deo „Michelin“ grupe. Industrijska zona je i sedište Slobodne zone Pirot, koja je formirana radi promocije direktnih stranih ulaganja u Pirot. Opština i Slobodna zona Pirot redovno dobijaju upite za kvalitetne i dobro opremljene zemljišne parcele u blizini postojeće industrijske zone, ali ne mogu da ponude mnogo zbog nedostatka infrastrukture.

3. ZAKLJUČAK

Srbija ne izlazi na more i vrlo je važno da ima efikasan transport robe i distributivni sistem zasnovan na multimodalnom transportu. EU prepoznaje značaj multimodalne logistike gde se koristi najefikasniji način transporta sa finansijskog i aspekta zaštite životne sredine. Stav Evropske Unije se zasniva na sve većem opterećenju putnog transportnog sistema i potrebi da se transportne potrebe usmere na železnicu i rasterete putnu mrežu. Železnički koridor je još uvek u idejnoj fazi, ali postojeća železnička pruga na kojoj se poboljšanja očekuju u naredne dve godine. Špediteri trenutno ne smatraju železnicu ozbiljnom alternativom za putni transport zbog loše usluge koju pruža Srbija kargo a.d.. Međutim, očekuje se da će usluga intermodalnog prevoza robe, koja je u začetku, biti dovoljno privlačna za špeditere.

Kako je logistika profesija budućnosti i ono na čemu insistira veliki broj kompanija, neizbežno je ulaganje u intermodalne terminale radi zadovoljenja potreba klijenata i integracije kako u regionalnu tako i u svetsku privredu. Logistički centri pružaju povoljno područje namenjeno ka razvitku i korišćenju tehnologija intermodalnog transporta. Najznačajnija stavka logističkog centra odnosi se na mogućnost priključenja unutar međunarodne mreže brojnih centara, te isto tako i ostalih terminala intermodalnog transporta. Izgradnjom intermodalnog terminala u Pirotu biće zadovoljeno više aspekata u pogledu saobraćajne infrastrukture, što će pospešiti i privredni i drustveni razvoj zemlje i regiona.

Upotreba intermodalnog terminala unutar logističkog centra Pirot bi trebalo da generiše direktne ekonomske koristi :

- Dodatna radna mesta na terminalu;
- Limitirajući finansijski višak od profitabilnog rada terminala;
- Povećana konkurencija u sektoru transporta robe.

Indirektne koristi intermodalnog terminala bi trebalo da budu mnogo obimnije i to u sledećim oblastima:

- Smanjenje broja saobraćajnih nesreća;
- Smanjenje zagađenja vazduha;
- Klimatske promene (smanjenje emisije gasova);
- Manje buke;
- Manje gužve u saobraćaju;
- Podstaći osavremenjavanje infrastrukture.

Upravo je saobraćajna infrastruktura opšti uslov razvoja države i razvoj saobraćaja ima uticaj na razvoj privrede, na privlačenje novih stranih investicija, na bolje životne uslove građana. Intermodalni terminal će podstaći trasport robe železnicom, što će uticati na unapredjene same železnice i železničkog transporta u Srbiji, kao i na bolje povezivanje železnice sa železnicama iz okruženja.

4. LITERATURA

Drobnjak J., Makroekonomija, Ekonomske analize, Srbija, okruženje i međunarodna ekonomija, 7. jun 2012. god.;

E-kapija i dr. (2015), Tematski bilten, Logistika pokreće Vaš biznis.

Intermodal Logistic Center Pirot, Predstudija izvodljivosti, LOGICA Scarl, Opština Pirot, Slobodna zona Pirot, Novembar 2010. god.;

Izvor podataka, http://koridorisrbije.rs/lat/koridor-10, preuzeto 21. avgusta 2017. godine;

Kostić Č. D. , Intermodalni terminal na Koridoru X, Naučno-stručna konferencija, Privredna komora Beograda, Beograd, 21. oktobar 2010. god.;

Kostić, Č. D. (2012). Intermodalni logistički centar Pirot kao podrška regionalnom razvoju i podsticaj efektivnijoj prekograničnoj saradnji. XVII Naučni skup Regionalni razvoj i demografski tokovi zemalja jugoistočne Evrope: 123-138;

MISP – Municipal Infrastructure Support Program (2014), Feasibility Study, Pirot Logistics Center, December 2013, CRIS 223 – 292 (08/SER01/13/21), Municipality Pirot, P2011 – 3;

Nacionalni program javne železničke infrastrukture za period od 2017. do 2021. Godine, (2016) Narodna skupština Republike Srbije;

Republički zavod za statistiku, Statistika saobraćaja i telekomunikacija, saopštenje broj 106, 28.04.2017., ISSN 0353-9555, Republika Srbija.

World economic forum (2016), http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report- 2014-2015/rankings/ (preuzeto 13.06.2017. godine.)

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

BUSINESS ANALYSIS OF TRANSPORTATION COMPANY WITH OVERVIEW TO THE APPLICATION OF LOGISTICS INFORMATION SYSTEM*

Marko Vasiljević[a], Nikola Brković[a], Željko Stjepanović[a], Milorad Ubiparip[b]

[a] *Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, University of East Sarajevo, Vojvode Mišića 52, 74 000, Doboj, Bosnia and Herzegovina, drmarkovasiljevic@gmail.com; nikolabrkovic@hotmail.com; stjepanoviczeljko@yahoo.com*

[b] *Highway Transportation Specialist, 260 Beach 81st Street, 6T Rockaway Beach, New York, 11693, United States, m_ubiparip@yahoo.com*

***Abstract**: Transport as one of the main logistics subsystem causes the greatest costs and rationalization of processes and activities that take place in it is possible to make significant savings. The aim of paper is make an analysis of the efficiency of business transportation company with an overview of application of the logistics information system. In order to adequately access the analysis first is made the decomposition of the logistics systems of the company. Is shown the structure of total logistics costs, the structure of the entire fleet vehicle, its operation and the necessary supporting documentation. There is obvious difference in efficiency before and after the application of systematic approach and constant measurement of own performance. In addition to the characteristics of the transport system is shown and logistics information systems (LIS), which applies in the company. His application enables the constant process of of monitoring of goods throughout the entire transport chain. Nevertheless there is some shortcomings in the application of LIS, which will be the implementation of the new LIS removed.*

***Key words:** transport, logistics information system, business analysis, fleet vehicle*

1. INTRODUCTION

According to numerous authors, logistics originates in the 9th century, when people began to use it for military purposes. However, in their work, Tepic et al. (2011) demonstrate that logistics dates back to the period of the famous Greek philosopher and mathematician Pythagoras and that it continues to exist to the present day with similar characteristics together with the rise of other scientific disciplines which aim at optimising and ultimately solving the problems which arise within logistics. The application of logistics has the aim of identifying potential aspects which can contribute to the improvement of efficiency of both particular company and the entire supply chain as well as provide an answer to the question how something can be rationalised. Nowadays, as Gunasekaran and Ngai (2004) argue, the management of a supply chain represents a global strategy for the 21st century for achieving competiveness on the market, whereby, according to Grabara et al (2004), transportation represents the crucial logistic activity. Moreover, the transportation system has the largest share in the structure of the total logistic expenditure, approximately 40 %, although there are cases in which the percentage is even higher. Therefore, transportation as a potential saving system from the perspective of the entirety of stakeholders in the supply chain can always be seen as an interesting research area.

* ***Original scientific paper***

This paper is divided into several parts. It provides an analysis of the structure of the transportation company ACTROS D.O.O., the principal activity of which includes international and local road transportation of goods by means of vehicles with the volume of 120 m^3, side loading height up to 3,15 m. The transportation is conducted within Europe and it focuses on complete, partial, frigo, and ADR parcels. Furthermore, the analysis of the expenditure and the savings produced by this company in the period from January to December 2016 has been performed, which represents the chief component of the research process. The analysis of the management focused on the most important expenses and savings made by the present company during the above mentioned period. Thereby, the transportation distance with the focus on the fuel consumption, the savings generated by the purchase of the consumable material used by the company as well as the savings yielded by the use of the lorries with the ecological norm EURO 6. The paper proceeds by looking at the logistic information system used in the current company.

2. THE ANALYSIS OF THE TRANSPORTATION SYSTEM

The logistic system consists of several subsystems: the realisation of the orders, supply, loading activities (loading in and discharging), storage, packaging, as well as both internal and external transportation. These logistic subsystems are interdependent. The transportation system is among the most significant economic activities along the numerous components of the business logistic systems. The transportation spatially coordinates the production and consumption at the national level, and it is highly significant for the national economy, which was corroborated in Borzacchiello et al (2009), according to whom the transportation represents a natural and dynamic component of every modern spatial economy and it offers economic benefits, while simultaneously having certain negative consequences. Freight transport, especially road transport, is perceived as causing pollution and noise, although it is an irreplaceable factor of the goods transportation within cities and it stimulates the economic development, which is confirmed by Ghiani et al. (2004), who state that freight transportation plays the key role in modern economy as it enables the linkage of production and consumption on the locations which are significantly remote from each other. This has also been confirmed by Vasiljević and Stević (2017), who argue that transportation as a mean of the spatial transformation of material goods performs a crucial role in the entire supply chain as it is necessary to connect the production and consumption which are predominantly several miles away from each other.

2.1. Structure of the rolling stock

In the final stage of the analysis (June 2017), the vehicle inventory of the transportation company consisted of 31 vehicles, of which: 29 freight motor vehicles – 27 vehicles in the N_3 category, one vehicle in the N_1 category, one vehicle in the N_2 category, 2 passenger motor vehicles, both in the M_1 category. Due to the reliability and profitability and the ease of maintenance, this company selected two vehicle brands, namely DAF and VOLVO, while the rest of vehicle brands attested in the company is less known (Figure 1). Thanks to the high standards and the professional attitude of the transportation company, the vehicle inventory contains the latest driving units found at the market (Figure 2). This structure results in low maintenance costs, low toll charges due to the inexpensive toll options for the vehicles with the highest euro-norm, as well as low costs for the consumables such as fuel, oil, and AdBlue. Due to the high customer number of the company, the company owns not only tugboat lorries

but also the latest and also very young trailers for the goods which require transportation under tarpaulin, thermo regime, or semitrailers equipped for the ADR parcels as well as semitrailers used for the transportation of the working machines which have the option of pole separation for the purposes of easier loading.

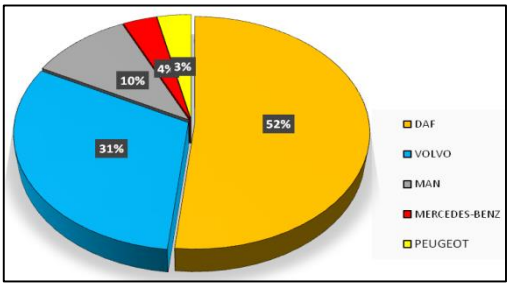


Figure 1 - Structure of the vehicle inventory

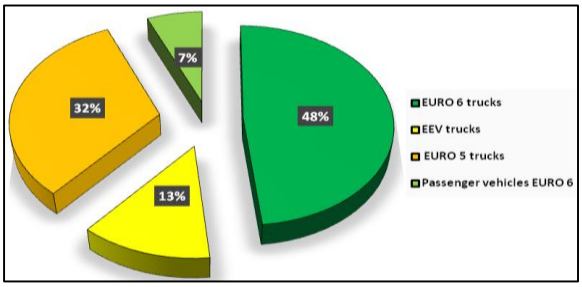


Figure 2 - Structure of the rolling stock according to the ecological norm

Figure 1 shows that the largest percentage of the vehicle inventory consists of the DAF vehicles (52 %) and VOLVO (31 %). This results in lower purchase costs of the spare parts and maintenance due to the quantity discounts. Figure 2 clearly demonstrates that the largest percentage of the company's rolling stock consists of the latest and the youngest vehicles of the EURO 6 norm, i.e. nearly half of all the vehicles belongs to this group. It should also be noted that two passenger motor vehicles conform to the EURO 6 norm.

2.2. Conducting the international transportation process

In the transportation company ACTROS D.O.O. all driving units go through three sectors in the company before loading in order to professionally conduct the transportation process without causing any issues. The entirety of the driving units of this company are equipped with: all of the necessary licences, kasko insurance for goods and vehicles, navigational systems with GPS, communicational systems as well as all of the tag devices for European countries, which enables a more economical and faster driving process. All of the processes of the vehicles in the database are followed by particular sectors which are in charge for their activity in the company. This company is divided into several sectors. The sectors important for the transportation process include: the engineering sector in change of the record of the vehicles and all devices, the maintenance sector in charge of the constant safety of the vehicles, logistics sector in change of the organisation of the transportation process.

The engineering sector is in charge of the record of the vehicles and all devices. The record entails the insight into all licences, documents, drivers' devices and drivers. One of the most significant components in this sector is the record of the drivers' digital cards and tacho leaflets, as well as the record of digital or analogue tachographs. The engineer is in charge of reading off of all the digital cards by means of a device for that purpose in 28 days as well as digital tachographs every three months and to save all of the tacho leaflets into their physical or electronic database, which they are supposed to keep for two years. It is highly important for the engineer to control the work of the drivers due to the norms whose breaching results in high fines.

When the transportation of the goods is finished, every vehicle must return to the company's database in order to be prepared for the following transportation process.

After every workweek the transportation company ACTROS d.o.o. receives orders from their clients. These orders are then processed by the logistics sector which employs four workers. After the order has been received, the changes are entered into an interactive table and the availability of the vehicle inventory is analysed. The available driving units which are identified are scheduled based on the following criteria: the length of the route, the load type (whether it requires thermos, ADR or further special conditions), the weight of the load which is to be transported, the loading and discharging dates, as well as the EURO norms of the driving units which will be used due to the costs.

Once the vehicles have been scrutinised and prepared for the transportation process, the driver goes to the loading location with all the necessary documents at the predetermined loading time. After the completion of the loading process, the driver obtains all the necessary documents for the customs from the orderer or the supplier. When everything is ready for the final destination, the driver goes from the loading location either immediately or the following day (which depends on the date) to the customs terminal if domestic customs clearance is not in question. In this procedure, the transportation process is followed by numerous documents which are not identical with the ones used for export and import of the goods to Bosnia and Herzegovina. During the completion of the customs procedure in the case of export, the customs service attaches a seal to the vehicle in which the goods are transported so as to prevent the unwanted loss of goods which cannot be removed until the next customs service which is in charge for the import processing of the goods. After the completion of the customs procedure, the driver goes to the border already mentioned in the previous customs procedure with the seal attached to the vehicle. During the export, it is necessary to perform the export processing of the goods which is previously planned together with a freight company within the EU after which the driver is allowed to go directly towards the discharge of the goods. Upon the discharge, the driver prepares the trailer for the next loading process and goes to the company's office to return the documents which came together with the goods and to verify CMR without which the transportation process would be invalid. The discharge of the goods represents one half of one transportation cycle which is completed only once the vehicle returns to the home base.

Further procedure is determined by the logistics sector which is in charge of providing new load before the discharge date to prevent the vehicle from pausing and thereby creating excessive costs, as every pause in duration of 24 according to the CMR convention is treated as an expense of 300 convertible marks.

3. THE ANALYSIS OF THE COMPANY'S MANAGEMENT

3.1. The analysis of the fuel consumption

This analysis used the most competent distance R_9 as the measurement of all the calculations, due to the highest number of identically conducted transportation process with the highest number of different driving units. The analysis concluded, based on the R9distance, that the lowest consumption rate was 29.157 liters/100 km, whereas the highest one was 34.065 l/100 km. The consumption of 36,923 was not calculated as the highest one, as the given vehicle underwent a test ride, after which certain corrections in the vehicle's software have been conducted. The difference between the lowest and highest fuel consumption rate was 4,908 l/100 km. Table 1 shows the vehicles and the drivers who conducted the transportation of goods on the R1distance of 1508 km and R2 of 1120 km, where excessive

consumption of the MAN TGX380 vehicle can be noted, after which certain deficiencies on the fueling system were identified. The rest of the vehicles have an average deviation from the lowest consumption, which increases the management costs.

Table 1. Fuel consumption on the R_1 and R_2 distances.

R_1-1502 km			
Vehicle (brand, model i euro norm)	Driver (Vn)	Consumption (lit/100km)	Higher fuel consumption in comparison to the lowest consumption
MAN TGX380 E5	V_1	33,950	258 lit
VOLVO FH480 E5	V_2	16,791	0 lit
R_2-1120 km			
DAF XF460 E6	V_3	30.249	48 lit
VOLVO FH480 E5	V_2	29.610	41 lit
DAF XF440 E6 PCC	V_5	30.652	52 lit
VOLVO FH440 E5	V_7	31.187	58 lit
VOLVO FH460 E6	V_{14}	26	0 lit
DAF XF460 E6 PCC	V_{13}	31	56 lit

Table 2 shows the R_3 distance of 1301 km, where drastic deviation of the MAN TGX380 E5 vehicle from the lowest consumption can also be noted, while the other vehicles have a moderate deviation.

Table 2 Fuel consumption on the R_3 distance

R_3-1301 km			
Vehicle (brand, model i euro norm)	Driver (Vn)	Consumption (lit/100km)	Higher fuel consumption in comparison to the lowest consumption
MAN TGX380 E5	V_1	44.581	161,00 lit
VOLVO FH480 E5	V_2	32.219	0 lit
DAF XF440 E6 PCC	V_5	33	10,33 lit
VOLVO FH440 E5	V_7	37.616	70,38 lit
DAF XF410 E5	V_9	36.975	62,04 lit
VOLVO FH460 EEV	V_{10}	33	10,33 lit

In the following distances which have been analysed: R_4-2130 km, R_5-2610 km, R_6-3770 km, R_7- 3010 km, no significant deviation has been identified. Table 3 shows the distance R_9 of 1270 km, which was also used to calculate the monthly and annual differences. All of the deviations except VOLVA FH460 EEV and DAF-a XF410 E5 can be seen as acceptable.

Table 3. Fuel consumption on the R_9 distance

R_9-1270 km			
Vehicle (brand, model i euro norm)	Driver (Vn)	Consumption (lit/100km)	Higher fuel consumption in comparison to the lowest consumption
DAF XF460 E6	V_3	29.157	0 lit
DAF XF460 E6	V_3	30.413	15,96 lit
DAF XF460 E6	V_4	30.110	12,11 lit
DAF XF510 E6	V_8	29.321	2,09 lit
DAF XF460 ATE	V_6	31	23,41 lit
VOLVO FH460 E6	V_{11}	32.438	41,67 lit
DAF XF410 E5	V_9	34.065	62,34 lit
VOLVO FH460 EEV	V_{10}	36.923	98,63 lit
DAF XF460 E6 PCC	V_{13}	30.462	16,58 lit
DAF XF410 E6	V_{12}	33.515	55,35 lit

Having analysed over 400 transportation process, of which the same transportations of goods conducted by means of different driving licences and by different drivers in the period from January 2017 to June 2017, it can be concluded that there exists excessive expenditure caused by the human factor as well as by the vehicles which do not conform to the EURO 6

norm. This analysis has also indicated that two of the vehicles which generated the above-average costs, namely MAN TGX380 E5 and VOVLO FH460 E6 steered by the driver marked as V1 and V11. Considering the fact that the vehicles which conform to the ecological norm EURO 5 (14 driving units) in the present company travel from 10 000 to 12 000 kilometers including the average fuel consumption rate in comparison to the lowest one, the costs from 6565 to 7878 KM monthly or 78785 to 94541 KM annually can be identified. To sum up, the decreased profit is equal to the value of a newer tugboat lorry of the ecological norm EURO 6 at the end of the year.

3.2. The analysis of savings in company generated by introduction of autonomous systems for supply of consumables and maintenance of rolling stock

The transportation company ACTROS d.o.o. generates its highest expenses by the preparation of the vehicle for the coming transportation distances, which includes the consumption of oil, fuel, as well as the AdBlue-fluid for the elimination of carbon-dioxide, which is included in all the vehicles from the EURO 5 norm up to the latest EURO 6 norm. As the company grew, the number of driving units increased, which was directly proportional to the costs of the consumable materials. In 2013, the transportation company ACTROS d.o.o. starts a new era in the company's history, which involved higher investments in numerous projects in new company's surroundings. One of the numerous projects was an internal gas station for the needs of the company which consists of illuminated eaves, fuel pump, as well as a fuel storage with the capacity of 50 000 liters accompanied by numerous safety systems. This move resulted in high savings, if one considers the analysis of the period from January to December 2016. The analysis indicated that in this period, 613 730 liters of a total worth of 778 750 KM were delivered, which means that the average price of the fuel from the Rijeka Rafinery was 1,4293 KM/lit. As the average fuel price based on the data from the archives of the Foreign Trade Chamber of Bosnia and Herzegovina was 1,8075 KM/lit, it can be stated that the present company safed 337 796 KM for the aforementioned quantity in the period at hand.

The analysis of the purchase of the consumables demonstrated that, in the period from January to December 2016 1 144 liters of the windshield fluid with the price of 0,7918 KM/lit, which is 901,52 KM in total, as well as 20 055 liters of the AdBlue fluid with the average price of 0,5 KM/lit, which is 10 027,5 KM in total. Considering the fact that the company's vehicles buy 5 liter packages of the windshield fluid, this analysis calculated the retail price of the 5 liter packages, which is 8 KM/5-liter package. The analysis demonstrated that the delivered quantity of 1 144 liters with the retail price would be 1830,4 KM, which means that the direct purchase of this fluid from the deliverer would result in the saving of 928,88 KM in the period under analysis. Up to September 2013 the supply of the AdBlue fluid was done in gas stations with the retail price which remains 0,64 KM/liter even today. Considering the fact that the delivered quantity of 20 055 liters would be paid with the retail price, the expenses of this purchase would be 12 835 in the period at hand, which means that the company saved 2807,07 by purchasing the fluid directly from the deliverer.

The transportation company ACTROS d.o.o., due to its strict rolling stock maintenance politics invested large amounts of money annually for the purposes of the maintenance of the exterior space, which involves washing, polishing of the vehicles as well as the entire vulcanization workshop up to September 2013. Up to then, the monthly bill was on average 1200 KM per 15 driving units. After September 2013, the transportation company installed an

own carwash and a vulcanization company with the latest systems (rotational brushes, distilled water) and night lights in the new company surroundings. This was seen as more practical as the vehicle does not need to abandon the company environment and go to the other company 10 kilometers away in order to be cleaned with distilled water which does not leave any residue nor it requires the car to be wiped, which also creates costs. Also, the vehicle is located in the carwash and the system for deep cleansing of the enterior space, which used to be paid for up to 150 KM and the time is not wasted while queuing behind the other cars. This also resulted in more savings. Considering the fact that the current vehicle inventory includes 31 vehicles, and that, based on the price of carwash and vulcanization which remain unchanged, monthly bills would be approximately 2480 KM, which means that, at the end of the year, the income would be increased for 29760 KM. Monthly payments of 2 workers which are 2000 KM and the expenses on their own water and electrical energy should also be taken into account, so that the total annual saving equals 5760 KM in the sector for exterior and interior vehicle maintenance.

3.3. The analysis of the savings in the toll expenses by using freight motor vehicles of the higher ecological norms

In European countries, the toll is charged based on the principle specific price/1 km or by purchase of a daily vignette which is characteristic for the Netherlands and Belgium. This part analyses the route which is one of the parts of the most frequent transit route towards the Netherlands and Belgium. The analysis sums up the costs of the tolls and demonstrates the difference between the costs between freight motor vehicles EURO 5 and EURO 6. The expenses for all the countries which give discount for the vehicles of the ecological norms EURO 6, such as Slovenia, Austria, and Germany have been summed up. The comparison of the costs for the vehicle EURO 5 and EURO 6 results in the difference of 25,26 EURO in one direction. As 15 of the vehicles conform to the EURO 6 norm, and 14 of them to the EURO 5 ecological norm which is classified as category 4 in the toll system and that every vehicle drives 3 times a month the distance from Prnjavor to the Dutch border Venlo, the difference of 25462,08 euro per month or 49 800 per year can be identified.

3.4. The comparison of the profitability of the vehicles which conform to the ecological categories E5 and E6

The final analysis contains a comparison of the fuel consumption together with the travel expense, which represents 80 % of all costs in transportation companies. The analysis uses Table 4 below, where the transportation was conducted by the vehicles of the ecological norm EURO 5 and EURO 6. The table shows the costs of the freight motor vehicles DAF XF460 EEV and DAF XF 460 E6, where higher expenses for the DAF XF460 EEV can be noted in both of the aspects. All travel expenses are shown in the EURO currency, while the differences in the costs are converted into convertible marks.

Table 4. The comparison of the costs of the EURO 5 and EURO 6 vehicles

Distance 3010 km	DAF XF460 EEV	DAF XF460 E6	Difference	Diff. in costs
Tolls tax	577,82	527,3	50,52	98,8
Fuel consumption	858,3	768,483	89,81	128,36
Total				227,16
Total for14 EURO 5 vehicles				114408

Table 4 shows the difference between the costs generated by the vehicles of EURO 5 and EURO 6 ecological norms, whereby it was calculated that one transportation cycle yields the difference in costs up to 227,16 KM. In the final analysis it can be concluded that the vehicles with the highest ecological norm not only spend significantly less oil and obtain discount on tolls in numerous European countries, which results in the savings of 49 800 KM per 14 driving units annually. If the difference in the consumption between the two is added, the amount reaches 114 408 KM, which is the higher expenditure of the vehicles with the motors of ecological norm EURO 5 than EURO 6.

3.5. Annual savings in the company

The analysis of the savings in the transportation company generated by the introduction of the autonomous systems for the supply of the consumables and the maintenance of the vehicle inventory provided the results which demonstrated that the transportation company saved 347292,58 KM in the period from January to December 2016 by directly purchasing the consumables from the producer, whereby the necessary tax for the sales agents was eliminated (Figure 4). Apart from the savings in the company's surroundings, the use of the vehicle which conforms to the EURO 6 ecological norm the saving of the additional 114 408 KM was reached due to the cheaper tolls and lower fuel consumption by the new vehicles. Summing up all of the analyses, it can be concluded that the right logistic organization in the company and the constant support of the economics sector yielded the savings of 461700,58 KM. Figure 3 demonstrates the total savings.

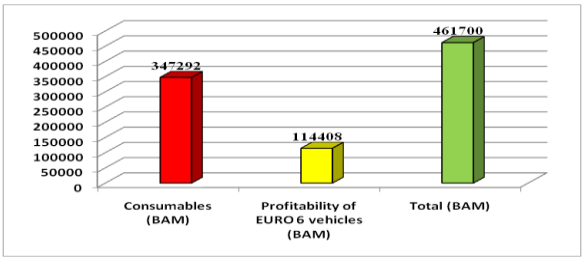


Figure 3 The chart of savings generated by the transportation company ACTROS d.o.o.

4. THE COMPANY'S LOGISTICS INFORMATION SYSTEMS

Nowadays, according to Stević (2015), it is impossible to manage business efficiently without logistics-based knowledge, logistics human resources and the information techonologies which together make an integrated system called logistics information system. According to Simić and Gajić (2013), if a systematic approach is considered, a logistics information system can be defined as a set of methods, processes, and operations used for data collection, storage, processing, transfer, and distribution within a specific logistics organization, which also includes the equipment used for that purposes, as well as the specialists who are in charge for those activities. According Stefanson, (2002) Logistics Information System is an interacting structure of people, equipment, and procedures which together make relevant information available to the logistics manager for the purposes of planning, implementation, and control.

4.1. Information systems as important features in transportation companies

Nowadays, in the logistics world the accuracy and reliability are necessary for successful management in any transportation company. In order for the company to successfully conduct the transportation to a particular destination, it needs professional logistic support. Logistic support as an integral part of every modern transportation company needs highly developed information systems which consist of numerous segments specialised for different areas. The importance of logistics information systems for the functioning and efficient management of the company is reflected in the information which flows through logistics subsystems, and which connects the activities in the subsystems. The importance of the information flow is also indicated by the definition of logistics (Tilanus, 1997), as, apart from the management, organisation and the control of the process and the activities, logistics entails the information which accompany the goods from the source location to its final destination. An even clearer picture which illustrates the significance of logistics information systems comes from (Somuyiwa and Adewoye, 2010), where the authors suggest that the concept of logistics together with its activities and processes is an ancient one, and that nothing specific was changed in the concept until the emergence of electronic business which changes the concept of the supply chain. A constructed information system according to Ivić (2008), represents the key logistic element in the supply chain in both profit or non-profit organisations.

4.2. „SATWORK“ GPS vehicle tracking system in transportation companies

One of the features of modern and serious transportation companies is the capability of providing a correct and fast information about the current location of the vehicles which are in charge of conducting a specific transportation processes as well as the possibility of vehicle tracking by the clients in a specific time period. The information system enables the company to track the vehicles without limitations, which results in the elimination of the driver manipulation and of the generation of the surplus expense, which is directly proportional to the expenditure. Modern GPS vehicle tracking systems, apart from the locating of the vehicle, have the following options: tracking of the engine work, current fuel consumption, speed of the vehicle, summary of the vehicle's action (kilometres, liters, working hours), free-of-charge communication between the company and the vehicles, as well as between the two vehicles. The engine tracking system entails the insight into the current engine condition – whether it is turned off, on, or ready to be set in motion. Apart from these options, it is possible to track the current engine work, for example, the number of spins used when in motion. The fuel consumption option provides the insight into the current condition in the fuel storage, as well as the fueling and defueling done in the process, whereby the fuel consumption for a user-selected period is calculated. The speed tracking option provides a complete insight into the speed of the vehicles, from its start to stopping, as well as a display of all times at which a speed limit was exceeded in the given time. The option which gives the summary of the vehicle's work enables the user to obtain the data about the kilometres driven for a specific time. This all is shown in both the table and the map. One of the most significant aspects of this IS is free-of-charge communication between the users of this software with the devices of the vehicles which belong to the transportation company, as well as free communication between the devices themselves. This contributes to the savings as 90 % of the communication between the logistic support and the vehicles is done by means of this software.

5. CONCLUSION

By introducing numerous changes in its organization, which was meticulously discussed in the paper, the company generated numerous savings while simultaneously increasing the mobility of its vehicle inventory. As one of the means to produce savings which has not been described previously in the paper, a large amount of communication which has been transferred to electronic mail should be noted. In all transportation companies the communications with the clients is essential and it represents the main initiator of any transportation process. Due to the road transportation activities which are oriented towards the foreign market, the previous communication with the foreign customers generated high costs by using wired telephones, mobile telephones, as well as fax telephone devices. Today, in 80 % of the cases, this is done by means of electronic mail, which results in huge savings as well as a more precise organization due to the better transparency and the possibility of defining numerous questions via multimedia. The introduction of the autonomous systems for the maintenance of the rolling stock and the supply system for the consumables, apart from better and more precise control of the vehicle inventory, resulted in higher savings which enable the company to further invest in its own improvement. Apart from the savings, this analysis identified the specific costs, which will make the reduction of the costs of the vehicle consumption one of the main tasks of the engineering sector, as at least 10 % in the consumption is generated by the human resources. Future research in relation to this paper and the company analysed will contain a systematization of deficiencies which emerge in the process, which primarily entails the logistics information system.

6. REFERENCES

Borzacchiello, M. T., Torrieri, V., & Nijkamp, P. (2009). An operational information systems architecture for assessing sustainable transportation planning: principles and design. Evaluation and program planning, 32(4), 381-389.

Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). Introduction to logistics systems planning and control. John Wiley & Sons.

Grabara, J., Kolcun, M., & Kot, S. (2014). The role of information systems in transport logistics. International Journal of Education and Research, 2(2), 1-8.

Gunasekaran, A., & Ngai, E. W. (2004). Information systems in supply chain integration and management. European Journal of Operational Research,159(2), 269-295.

Ivić K, (2008) Utjecaj informacijskog sustava na management logistike, 8. znanstveni skup s međunarodnim sudjelovanjem Poslovna logistika u suvremenom menadžmentu str. 141-151

Simić D., Gajić V., (2013) E-logistika, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

Somuyiw A., Adewoye J., (2010) Managing Logistics Information System: Theoretical Underpinning, Asian Journal of Business Management 2 (2): 41-47

Stefansson, G. (2002). Business-to-business data sharing: A source for integration of supply chains. *International journal of production economics*, *75*(1), 135-146.

Stević Ž., (2015). „Logistički informacioni sistem u transportnom preduzeću“ V Međunarodni simpozijum Novi Horizonti saobraćaja i komunikacija, str. 179-184

Tepić, J., Tanackov, I., & Stojić, G. (2011). Ancient logistics-historical timeline and etymology. Tehnicki vjesnik/Technical Gazette, 18(3).

Tilanus B., (1997), Information systems in logistics and transportation, Pergamon

Vasiljević M., Stević Ž., (2017). Transportni lanac rude boksit sa ekološkog aspekta, Ecologica 24/86, Naučno-stručno društvo za zaštitu životne sredine Srbije, str. 419-423

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

CITY LOGISTICS STRATEGY AS A TOOL FOR URBAN PLANNING*

Jasmina Bunevska-Talevska, Ivo Dukoski, Marija Malenkovska Todorova
, Faculty of Technical Sciences, Makedonska Falanga 33, Bitola, 7000, Macedonia,
jasmina.bunevska@tfb.uklo.edu.mk, ivo.dukoski@tfb.uklo.edu.mk, marija.malenkovska@tfb.uklo.edu.mk

***Abstract**: This paper aims at understanding the influence of urban land use changes on urban goods routes and deliveries. This case study is based on the large urban traffic and transport study that started in Bitola, Republic of Macedonia in 2005, and was continued in the years 2007, 2010 and 2015, within the project called "LODISA". By analysing the urban goods structure and deliveries, as well as traffic flow parameters and land use the influence of the changes on urban goods are quantified. This analysis resulted in city logistics strategy that follow the acknowledgement that, while necessary, traffic and parking regulations are no longer sufficient organizational principles for urban planning. The future trends are also analysed through a scenario for the year 2025.*

***Key words:** city logistics, land use, traffic flow parameters, urban goods movement, strategy*

1. INTRODUCTION

Urban planning has become a major part for the sustainable development of cities. Each decision taken for urban development has heavy repercussions on the urban system and must respect the coherence regarding each component of this system as land use, economic development and transport. As a component of this system, urban goods transport is among first factors for functional, environmental, and social progress of the city. By ignoring freight transport in the urban planning processes, possible risks and negative effects appear: degraded accessibility for goods resulting in less attractive urban spaces, economical collapse of dense areas of the city.

In this context, urban goods transport needs efficient simulation tools to understand the influence of urban goods movements on the city and the influence of policies on the urban goods movements. This paper aims to put this idea in the perspective of urban projects planning, and how building scenarios around the urban goods movements is a way to improve decision making process. Simulating scenarios is a key to understand the influence of urban goods transport strategies on the urban system.

As mentioned previously, the urban goods transportation is one of the subjects decision makers have to take into account in the planning process. As they lack knowledge on this particular subject decision makers tend to underestimate the importance of urban goods movements in their cities. Planning the construction of new urban districts is an extremely complex task, which requires heavy diagnosis and forecasting in order to make the right choices in terms of sustainable urban planning.

* ***Short or preliminary communication***

2. TRENDS IN URBAN GOODS MOVEMENT

All towns and cities require the supply of goods and services, and the removal of waste products and hence are dependent on urban freight transport. There are many similarities in the nature of these freight operations between urban areas across the world. However, some variations do exist depending on urban attributes including: the type and quality of transport infrastructure, the degree of vehicle motorisation, the prevailing traffic levels, the degree of automation in vehicle loading/unloading and materials handling, the extent of freight transport regulation by government, and the organisation and operation of waste collection services. By addressing the negative impacts of urban freight transport, a variety of negative social, environmental and economic impacts of urban freight transport can be targeted by policy makers. These include traffic congestion, local air pollution, greenhouse gas emissions, noise disturbance, and safety. In attempting to reduce the scale of these negative impacts, policy makers can implement a range of initiatives that are intended to alter urban freight operations. Some of these initiatives will only address a single impact, while others will address several impacts at the same time, (BESTUFS 2009). In order to improve health and safety, to reducing the number of deaths and injuries associated with freight movement and servicing, as well as to improve quality of life by reducing the negative impacts of freight and servicing on communities, different cities have developed different strategies. As for example, while are several cooperative delivery systems in Japan, in Yokohama is the first one cooperative delivery system with a consolidation centre in which a retailers association, consisting of about 300 shops, is responsible for managing the system partly supported by Yokohama City Government and local police. The objectives Is to improve the environment (such as air quality and noise), to ensure road space for pedestrians, and the prevention of road traffic accidents. It is intended that these objectives are achieved by reducing the number of trucks driving to and parking at the shopping street (Nuzzolo and Comi, 2012).

3. CONTEXT AND METHOD OF THE LODISA PROJECT

The overall objective of LODISA Project – „LODISA - LOgistic DIstribution System Analysis“, which started in May 2005 and spann to the end of 2015 and was coordinated and financed by the academic staff at the Department of Traffic and Transport Engineering-Technical Faculty of Bitola, in acordance with the Municipality of Bitola in the period 2010-2011, was to optimize the urban goods movements trough the city by improving the efficiency of last mile deliveries, lower emissions, noise and congestion within the city. Namely, it is planed LODISA Project to build a method of urban goods diagnosis for new urban district development, as well as to answer the question of how urban goods modeling and simulation can help urban planners in their decisions.

According to the new territorial distribution, study area known as Central Business District of Bitola - CBDB has 32.4644 ha surface. Historically, this zone is highly generative in terms of urban goods movements where a majority of food and other goods distributions are concentrate. This situation is most of all the result of the high business concentration. In addition to this, the historic old town is characterized by a system of narrow, widening lanes and streets. These not only serve as transport routes for delivery traffic, but are simultaneously also filled with shoppers, tourists and residents. The range of mobility interests converges in an extremely constricted space. The land assignment is a complex mix of a large number of activities. Traffic network is quite specific and formed as a result of the inherited town

structure in the central part. It is characterized with non-regular, winding form and geometric profile which is not dimensioned for the modern necessities in the town. The old centre has an area of 1.0 square kilometres and more than 4.000 vans and Lorries drive into the area every day. General results obtained by processing the collected data from the field through a previously prepared questionnaire, are described below:

- limited access of delivery and pick-up vehicles because of the illegally parked TAXI vehicles;
- limited access of delivery and pick-up vehicles because of the inappropriate road geometry;
- manually handled loading and unloading operations;
- deficiency of loading ramps;
- conflicts between delivery vehicles;
- conflicts among delivery vehicles and other traffic consumers; etc.

The number of Lorries and delivery vans has steadily increased in number leading to increasing traffic congestion. Only 15% of these vehicles are loaded more than 60% and more than half of them less than 20%. So, it is obvious that better capacity utilization will reduce the number of vehicles and lower the visual intrusion from street traffic.

Collecting data on the quantities of goods being delivered was one of the most difficult tasks. For this purpose a mathematical model that quantify the delivery of goods averagely, by zones, by types, daily, yearly and totally has been developed, (Bunevska and Dukoski, 2006).

One of proposed LODISA action measures is the implementation of obligatory certification scheme– with the goal of reducing the number and/or size of the Lorries and delivery vans that drive in the Bitola Inner City. We propose, three types of City Goods Certificates:

- The Green Certificate – that will be valid for two year period. In order to be eligible for the green certificate, 60% of the vehicle's cargo carrying capacity must be utilized. Additionally, the vehicle's engine must not be older than 8 years.
- The Yellow Certificate – that will be valid for 6 months. This certificate will serves as an option for those vehicles that cannot meet the Green Certificate's restrictions.
- The Red Certificate will be valid for one day. This certificate is meant as a service for those deliveries that only occasionally come into the innermost parts of Bitola Centre. The Red Certificate may be bought at petrol stations.

To reduce the negative effects that heavy freight traffic causes to the quality of life of our citizens, we propose to set up corridors for heavy freight vehicles and restricting their access to residential areas. This action measure has already been implemented, (Bunevska and Dukoski, 2012).

Two components of this action measure are heavy traffic regulations on routes and the required signing, (Figure 1 and Figure 2).

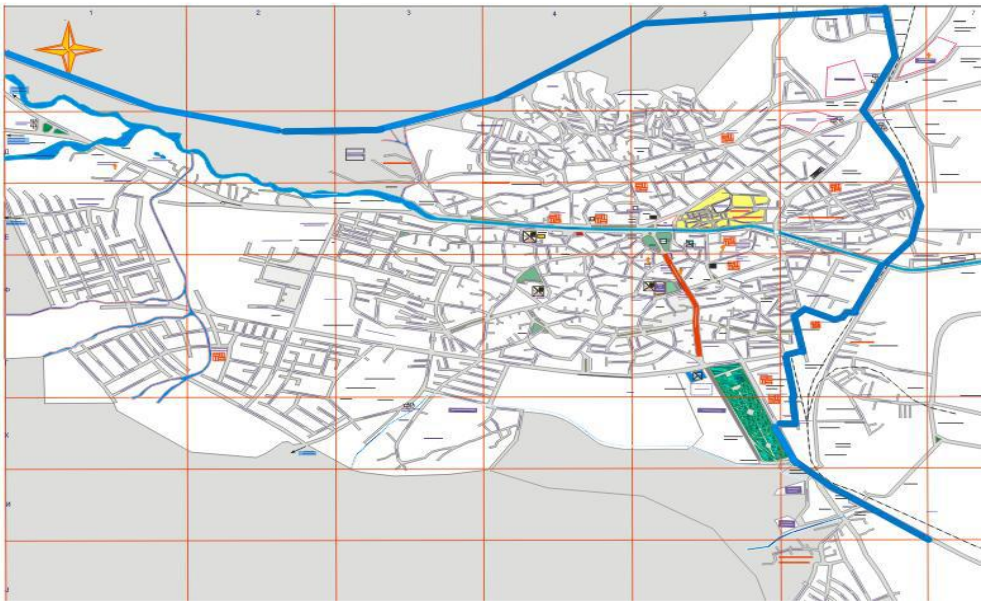


Figure 1. Proposed route for guidance of heavy vehicle weighting more than 7.5t

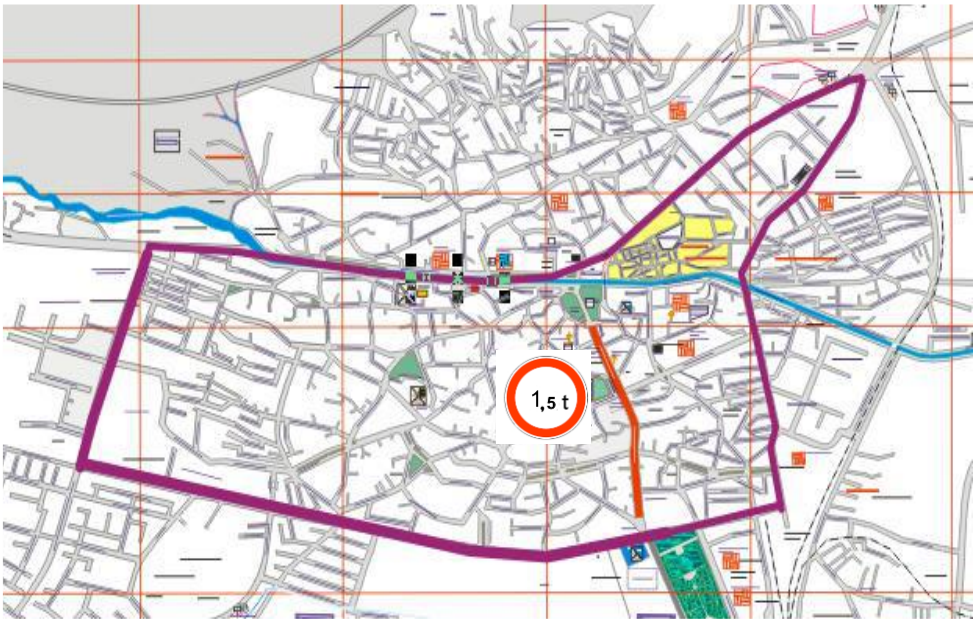


Figure 2. Proposed corridor for guidance of heavy vehicle weighting from 1.5 to 3.5t

4. LODISA FORECASTING ANALYSIS

We will compare zonal urban goods movements at several periods. Namely for 2005, 2015 and a scenario will be built for 2025. This approach will help understanding the evolutions of urban goods movements inside an urban area. The main hypothesis defined between 2005, 2015 and 2025, is that the complete change in the urban economic structure of the area of study will have a large impact on the urban goods distribution structure and behaviour, but also in terms of generated distances. Larger impact on road occupancy and

longer distances are expected between the first two scenarios. For 2025, a scenario was build according to forecasts especially built for the purpose of this paper, but also thanks to elements defined in the LODISA project. In order to understand these changes, several approaches were defined: first a basic analysis of urban goods movements only for the LODISA project between 2005, 2015, and also 2025 is carried-out to show the evolution of urban goods movements in the area; and secondly, through the analysis of the relocation of certain types of activity (namely wholesales and transports), the global impact of the project in terms of generated distances was estimated.

4.1. Deep changes between 2005 and 2015

The changes of movements in 2005 and 2015 especially because of the economic structure also changed the parking and delivery behaviours inside the urban area, drastically changing from heavy types of transports involved in the deliveries of wholesalers, to smaller vehicles used in the deliveries of shops of modest sizes. These activities are corresponding to the ones we can expect from a classic urban area with more shops, supermarkets, services, and offices. The nature of the activity delivered, influenced the nature of the vehicles used to deliver the area. The high increase of small shops (+23%), offices (+14%) and services (+52%) deeply changed the structure of flows and urban movements of goods inside the area, (Bunevska, Malenkovska, Dukoski, 2013). The use of vehicles lighter than 3.5t, changed the practices in terms of parking usage, resulting in higher rates of double-line parking inside the area. Hence the number of hours in parking on the public network in 2015 is far higher than in 2005 (+ 35% in terms of double line parking), although the increase in terms of goods movements is only of 10%. This trend can be explained by two causes. Firstly, though wholesaling activity is highly generative in terms of urban goods movements, the loading/unloading is not performed inside private infrastructures especially designed for heavy transports. Thus, the majority of movements (approximately 71%) are made on public road network. Secondly, the number of deliveries performed by less than 3.5t vehicles increased drastically, and this type of deliveries are usually performed on the public road network due to the type of activities delivered.

4.2. Scenarios for 2025

The trend defined between 2005 and 2015 will follow its course in 2025 according to the urban plans and forecasts build through the use of scenarios defined in the LODISA project. Within the LODISA project by using economic activity forecasting model simulations we define the future economic structure of the area of study. The results of this simulation give an increase for supermarkets, services, offices and small shops. Being essentially performed for small shops and services, the number of movements performed by the smallest vehicles will know the highest augmentation. This kind of traffic will impact the parking behaviour in the same way that it did between 2005 and 2015, with usually more double line parking. Another possible scenario is the replacement of highly generative activities in terms of movements, by more urban and population oriented (inhabitants and consumer) activities. In this scenario the industry, transport and wholesale activities leave place to small shops and tertiary activities. In this case the number of movements stays at the same level as in 2015, though its structure changes to favour smaller vehicles deliveries, which characterizes small activities. The number of movements decreases between scenarios 1 and 2 because of the departure of industry, wholesales and transport companies that tend to generate more

movements than other types of activities. This fact also implies a change in the deliveries, especially for heavier vehicles. In consequence, if no measures are taken, the double line parking will remain predominant in the structure of parking behaviours, thus deteriorating the quality of traffic within the urban area. Adopted parking capacities or innovative organizational measures (use of urban logistics spaces, transport capacity pooling…), should be implemented to limit the impact of deliveries on the public road network thus improving safety and life quality in the area.

Furthermore, within the LODISA project we are analyzing on a macro level as well, so, that is why we analyze the influence of the delocalization of the wholesale market (from the city centre to the periphery). The particularity of this kind of activity is that it is essentially linked to delivering the city centre. Hence the main hypothesis is that the number of generated kilometres is higher due to the structure of the delivery rounds forced to penetrate the city centre.

In order to offer a better comparison of the influence of this outsourcing, it is fundamental to isolate the geographical areas and the activities concerned by the structural changes of the goods movements' activities. We will carry out a sectorial analysis (in this case concerning the wholesale activity) and a geographical analysis by isolating the central zones from the rest of the Bitola city areas. The global number of movements increases, but the structure also changes, the logistics activity weighing less than in 2005 to profit the wholesaling activity. We can indeed see that the number of establishments linked to the wholesale activity increases globally inside the area of study. However the new location of the wholesale market is not absorbing the totality of the number of wholesale establishments. Indeed, we can make the hypothesis that the location behaviour changed, and it is possible that a portion of the wholesale establishments chose to relocate elsewhere. This can hence be considered as a dispersion of the wholesale activity.

Finally, we underline that other important point that need to be analysed and explaind is the impact of the relocation on the kilometres generated.

5. CONCLUSION

This work illustrated the deep changes in terms of urban goods movements that accompany large urban planning projects. The economic structure of a city or a smaller geographical zone has large effects on the structure of the urban goods movements. The knowledge of this part is fundamental if the urban planners want to monitor all the changes due to large projects, and adapt their solutions for the future (i.e. park places for deliveries, logistics areas, etc.). Urban goods transport policies should be used as a level for economic, functional, environmental and social stakes. The urban goods diagnosis is a necessary input for a complete urban system diagnosis and to feed the decision making process according to the components of the urban environment such as personal or public transports, economic development, residential areas, etc.

Through the results produced within the LODISA and showed in this paper and the background considerations, it seems that we can start to list important variables that explain the urban goods transport for a diagnosis.

- The location, size, type of urban activity

- The urban configuration
- The regulations
- The level of transport optimization
- The use of new technologies, etc.

Hence, the urban planning process should include an assessment of the evolutions of the activities in the urban goods transport field. As it was proven within the LODISA project for the urban goods transport surveys, each activity implies a different behaviour in terms of deliveries. This fact should indeed be considered for urban projects, and the changes in terms of economic structures within cities should also be monitored in terms of urban goods movements. The forecasting analysis should help in the construction of a method to evaluate the implications in terms of urban goods transport when it comes to large urban projects.

Even though the results found in this paper are widely related to the particularities of the area of study and also to the specificities of the model used, the approach is still transferrable. We know that each type of activity as its own behaviour in terms of urban goods movements and that other urban variables constraint can influence these behaviours. Thus, by combining data on activities (location, type, number) it is possible to understand the mechanisms of goods transports hidden behind the changes of urban structures, and feed the decision making process for urban planning.

6. REFERENCES

BESTUFS, 2009. BESTUFS II Bibliographic Overview, Final DVD-Rom, BESTUFS, The Netherlands.

Bunevska T.J., Malenkovska, T., M., Dukoski, I. *Decision Support System for improved management of LDV flows through central bussines district of Bitola, Macedonia*, Journal of Road and Traffic Engineering, ISSN 0478-9733, pp.17-20. Belgrade, 2013.

Bunevska, J., Dukoski, I. *A Mathematical Model for Establishing the Quantity of Delivered Goods in the Micrologistical Distributive System: A Case Study*, Modern Traffic,Vol.26, Special Issue Pp1-84 Mostar, ISSN 0351-1898., pp.39-43, 2006.

Bunevska, J., Dukoski, I. *Micro-logistic Distributive System Analysis: A Case Study*, Transport and logistics, The second serbian seminar with international participation, Niš, Serbia, pp.7.1-7.4, 2006.

Bunevska,T.,J., Dukoski, I., *Micrologistic performances on the example of Central Business District of the City of Bitola: A Case Study*, ARSA, 2012.

General Urban Plan of Bitola, Public Enterprise for Spatial and Urban Planning, Bitola.

Management of freight transport and delivery of goods in the city of Bitola, Pilot Project, Municipality of Bitola, 2011.

Nuzzolo, A., Crisalli, U. and Comi, A.: *A trip chain order model for simulating urban freight restocking*. European Transport/Trasporti Europei, 50 (7), 1-13, 2012.

Traffic study of the city of Bitola, Technical Faculty of Bitola - Municipality of Bitola, 2011.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

ANALIZA PARAMETARA LOGISTIKE URBANE SREDINE TEŠANJ*

ANALYSIS OF LOGISTICS PARAMETERS IN URBAN AREA TEŠANJ

Mirzet Škiljo, Ismet Husanović, Borislav Gojković

Unverzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, Bosna i Hercegovina, mirzoskiljo@gmail.com, ismet.husanovic@gmail.com, gojkovic@teol.net

***Apstrakt**: Kada su u pitanju isporuke robe trend u svijetu da su iste sve manje, a pritom sve frenkventnije što ima za posljedicu povećanje broja robnih tokova i niz negativnih uticaja na sve učesnike u lancu snabdijevanja. Negativne eksternalije su naročito prisutne u urbanim sredinama koje nemaju adekvatnu infrastrukturu sa aspekta logistike i veoma čest slučaj jeste improvizovan način dostave robe. Cilj ovog rada je utvrđivanje i analiza parametara city logistike Tešnja koji predstavlja jedan od najrazvijenih privrednih centara u Bosni i Hercegovini. Neki od parametara na kojima je akcenat u ovom istraživanju su: frenkvencija isporuke, veličina generatora, posjedovanje i veličina skladišnih objekata, vrijeme isporuke robe, tipovi vozila, pojavni oblik robe, mjesto zaustavljanja prilikom istovara robe i sl. Analizom utvrđenih parametara dolazi se do veoma bitnih rezultata koji mogu imati značajnu ulogu u daljem istraživanju.*

***Ključne riječi:** City logistika, isporuka robe, transport.*

***Abstract** When it comes to delivery of goods, the trend in the world is that they are getting smaller and, increasingly, more frequent, resulting in an increase in the number of goods flows and a number of negative impacts on all participants in the supply chain. Negative externals are especially present in urban areas that do not have adequate infrastructure from the aspect of logistics, and very often the improvised way of delivery of goods. The aim of this paper is to determine and analyze the parameters of city logistics of Tešanj, which is one of the most developed economic centers in Bosnia and Herzegovina. Some of the parameters that emphasize this research are: delivery frequency, generator size, property and size of storage facilities, delivery time, vehicle types, appearance of goods, stopping place during unloading of goods, etc. Analysis of the determined parameters leads to very important results that can play a significant role in further research.*

***Key words:** City logistics, delivery of goods, transport*

1. UVOD

Koncept city logistike se razvio kako bi se omogućilo efikasno odvijanje teretnih transportnih sistema, pritom osiguravajući smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu koju transport nesumnjivo ima. Živimo u moderno doba gdje je osnovna karakteristika mobilnost stanovništva što prouzrokuje potrebu i za kretanjem robnih tokova s jedne strane i negativnih efekata s druge strane. Da bi se omogućio održivi ekonomski razvoj u urbanim sredinama mora se voditi računa o logistici snabdjevanja koja je jedan od ključnih elemenata ovakvog razvoja. Međutim, prema (Taniguchi i Thompson, 2014) postoji niz problema koji otežavaju realizaciju procesa snabdijevanja, gdje city logistika nastoji da pruži potpunu optimizaciju svih logističkih i transportnih aktivnosti od strane preduzeća uz podršku naprednih informacionih sistema u urbanim sredinama, uzimajući u obzir saobraćajnu

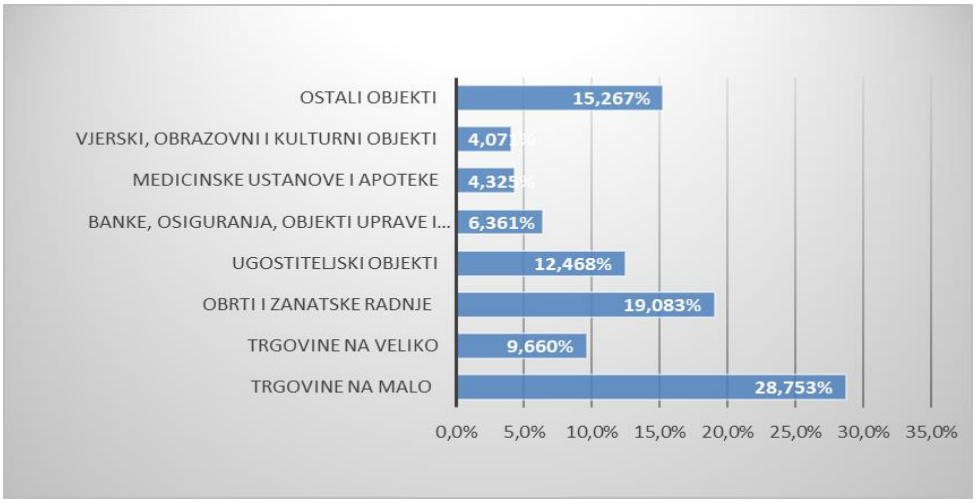
* ***Stručni rad***

infrastrukturu, saobraćajne gužve, sigurnost u saobraćaju i uštede energije u okviru tržišne ekonomije. Veliki problem je rutiranje dostavnih vozila u gradskim sredinama (Cattaruzza i dr., 2017)

U cilju planiranja logistike urbane sredine i riješavanja problema prema (Stević i dr, 2015) neophodno je poznavanje parametara. Njihovim utvrđivanjem i analizom dolazi se do uvida u robne tokove u urbanoj sredini. Kada je riječ o planiranju logistike urbane sredine, ona zahtjeva integrisan pristup analizi problema i utvrđivanju parametara city logistike. O značaju samog koncepta city logistike i riješavanju problema u okviru iste najbolje govori broj publikacija koje se svakodnevno objavljuju. U radu (Crainic i dr., 2009) autori ističu značaj i probleme city logistike kroz razvoj modela za vrednovanje i planiranje city logističkih sistema. U poslednje vrijeme značaj ovog koncepta je prepoznat i u našem okruženju, pa imamo određeni broj radova koji se bave analizom parametara city logistike i formiranjem njihovih koncepcija (Stević, 2011; Nenadić, 2017; Stević, 2016; Zečevi i Tadić, 2005).

2. STRUKTURA GENERATORA U URBANOJ SREDINI

U gradu Tešnju, prema izvršenom popisu, nalazi se 393 generatora različitih djelatnosti čiji se prikaz nalazi na slici 1. Razvstavanje generatora je izvršeno prema karakteristikama djelatnosti, prema tome struktura generatora je sljedeća: trgovine ne malo, trgovine na veliko (veleprodaje); ugostiteljski objekti, obrti i zanatske radnje; vjerski, kulturni, obrazovni i sportski objekti; medicinske ustanove i apoteke; banke, osiguravajuće kuće i objekti uprave i administacije i ostali objekti.



Slika 1. Struktura djelatnosti

Trgovine na malo, od već navedenih 393 generatora, procentualno zauzimaju najveći udio sa 28,753 % ili 113 poslovnih objekata. Dok za razliku od trgovina na malo, trgovine na veliko zauzimaju značajno manji procenat od 9,669 % ili 38 poslovnih objekata. Značajan udio zauzimaju obrti i zanatske radnje sa 19,083 % ili 75 poslovnih objekata. Ugostiteljski objekti čine 12,468 % ili 49 objekata, od ukupnog broja generatora. Zatim slijede generatori sa nesto manjim učešćom u odnosu na ukupan broj generatora: banke, osiguravajuća društva, objekti uprave i administracije kojih ima 25 ili 6,361 %; medicinske ustanove i apoteke 4,325 % ili 17 objekata; vjerski, obrazovni i kulturni objekti 4,071 % ili 16 objekata. Kategorija „ostali

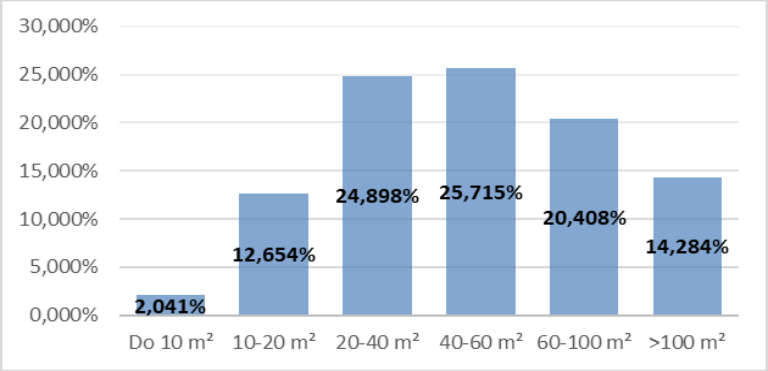
objekti“ je sačinjena od različitih djelatnosti zbog nemogućnosti prikazivanja svih na jednom grafikonu i sadrži 60 objekata ili 15,267 %. U „ostale objekte“ spadaju sljedeće djelatnosti: objekti igara na sreću, industrijski objekti, gradjevinarstvo, posredničke firme, objekti grafičkog dizajna, propagadne djelatnosti, fotografske djelatnosti itd.

Važno je napomenuti da je popis generatora izvršen sredinom 2017. godine i da su podaci novi, ali ne znači da predstavljaju 100 procentnu tačnost iz razloga sto broj generatora vrlo često varira. U nastavku rada će biti prikazani parametri city logistike gdje je istraživanje obuhvatilo 60-70 % objekata za svaku od gore navedenih domena djelatnosti.

3. PARAMETRI CITY LOGISTIKE GRADA TEŠNJA

3.1. Površina objekta

Površina objekta predstavlja veoma važan parametar zbog toga što, u većini slučajeva, veći objekti pokreću veći broj tokova u odnosu na manje. Na slici 2 prikazana je veličina objekata u metrima kvadratnim. Iz razloga što je istraživanje vršeno za sve vrste djelatnosti i za sve generatore veoma je mali procenat objekata do 10 m² i ima ih samo 2,041 %. Tu spadaju: kiosci i jedan broj manjih butika. Objekti čija površina 10-20 m² imaju učešće od 12,654 %. U tu grupu spadaju: razni butici, parfimerije, restorani brze hrane, suvenirnice itd. Nešto veći procenat zauzimaju objekti površine 20-40 m² sa 24,898 %. To su pretežno: pekarske radnje, butici, trgovine na malo, objekti igara na sreću, objekti uprave i administracije, zubarske ordinacije itd. Procentualno najviše objekata ima površinu od 40-60 m² i to 25,715%. U tu grupu objekata pretežno spadaju objekti sličnog karaktera kao i u 20-40 m². Objekata sa površinom od 60-100 m² ima 20,408 % i u tu grupu spadaju sljedeći objekti: trgovine na malo, pojedine trgovine na veliko, banke, restorani, apoteke itd. U grupu objekata, površine 100 m² i više, spadaju sledeći objekti: vjerski objekti, obrazovni objekti, veći restorani, bolnice itd. Ovih objekata ima 14,284 %.

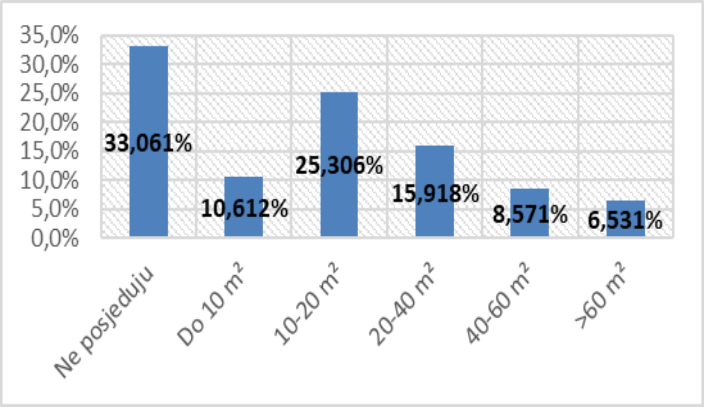


Slika 2. Veličina poslovnog objekta u m²

3.2. Skladišni prostora generatora

Posjedovanje i površina skladišnog prostora su veoma značajni u pogledu odabira poslovne politike. Veća površina skladišnog prostora omogućava veće zalihe robe, dok manja površina skladišnog prostora dovodi do potrebe za frekventnijim isporukama.

Što se tiče objekata u gradu Tešnju veliki broj njih ne posjeduje skladišni prostor i to 33,061 %. Ostalih 66,939 % posjeduje skladišni prostor i oni su prestavljeni u slici 3.



Slika 3. Posjedovanje i veličina skladišnog prostora

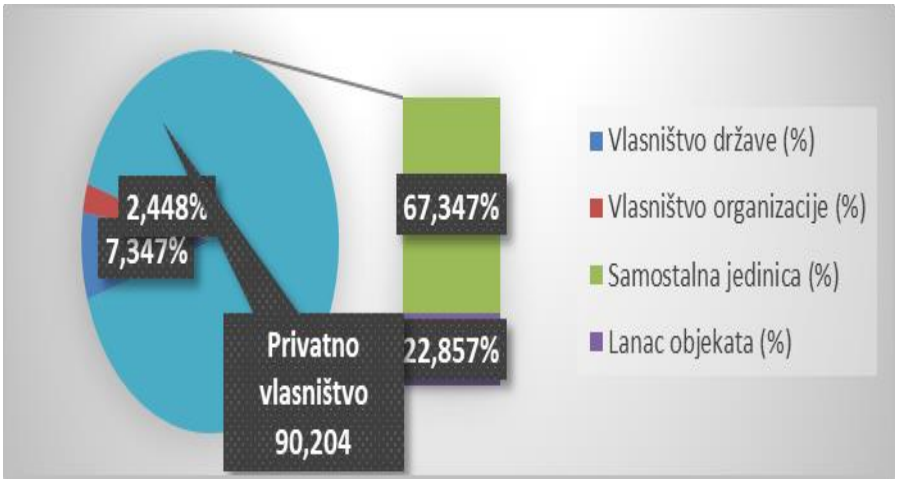
Objekti koji imaju površinu do 10 m² procentualno zauzimaju učešće od 10,612 %, dok je najveći broj onih koji imaju skladišta površine 10-20 m² i to 25,306 %. 15,918 % je objekata sa površinom od 20-40 m², a 8,571 % sa površinom od 40-60 m². Najmanji broj objekata je sa površinom većom od 60 m² i njih je 6,531 %.

3.3. Vlasništvo objekta

Prema izvršenom popisu generatora postoje 4 tipa vlasništva objekata i to :

- Privatnog vlasništva (koji mogu biti u obliku lanca objekata i samostalne jedinice).
- Vlasništvo države (komunalna preduzeća, škole, bolnice itd.).
- Vlasništvo neke organizacije (neprofitne, sportske i slično).

Na slici 4. je prikazana struktura objekata prema vlasništvu i organizaciji.



Slika 4. Struktura objekata prema vlasništvu i organizaciji.

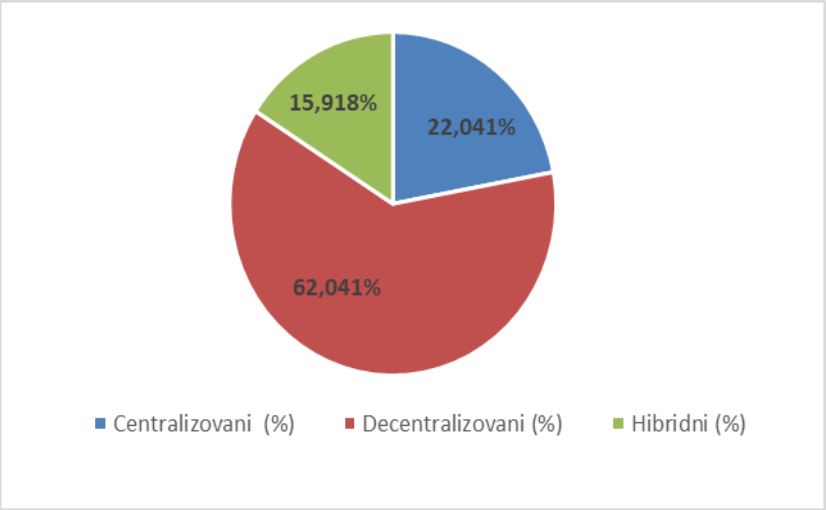
Kao što se na grafikonu da vidjeti 90,204 % objekata je u privatnom vlasništvu (67,347 %- samostalne jedinice i 22,857 % - lanac objekata). Dok je 7,347 % u vlasništvu države a samo 2,448 % u vlasništvu organizacija. U privatnom vlasništvu kao samostalne jedinice su

većinom trgovine na malo, veleprodaje, ugostiteljski objekti, frizerski saloni i slično, dok u sklopu lanca objekata su pretežno apoteke, auto škole, pekare, nekoliko trgovina na malo itd.

3.4. Sistem i način snabdjevanja

Kada je riječ o sistemu snabdjevanja postoje 3 tipa: centralizovani, decentralizovani i hibridni. Centralizovani sistem snabdjevanja, najprostije rečeno, prestavlja sistem u kojem generator se snabdijeva robom sa samo jednog mjesta, to može biti skladište, veleprodaja, distributivni centar i slično. Centralizovani sistem snabdijevanja pretežno imaju objekti koji rade sa manjim brojem artikala tipa pekarskih radnji, administratativni i objekti uprave prilikom nabavke repro materijala i slično. Decentralizovani sistem snabdjevanja je danas uveliko najzastupljeniji i on predstavlja sistem gdje se generatori snabdijevaju sa više izvora, tj. imaju više dobavljača što dovodi do privlačenja većeg broja robnih tokova i veći broj transportnih sredstava u razmjeni dobara. Hibridni sistem predstavlja kombinaciju centralizovanog i decentralizovanog sistema snabdijevanja. Detaljnije u (Zečević i Tadić, 2006)

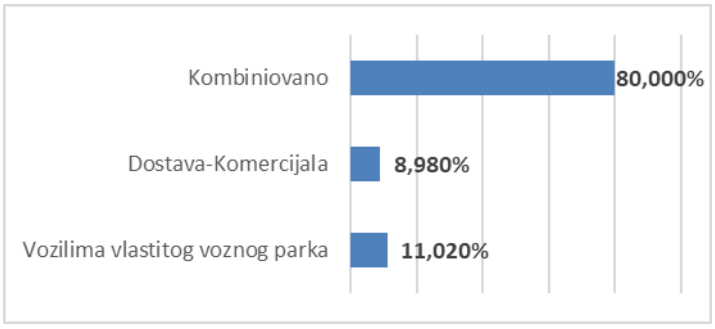
Prema izvršenom anketiranju najviše ima objekata sa decentralizovanim sistemom snabdjevanja 62,040. Centralizovan sistem snabdijevanja ima 22,041 % objekata. Najmanji broj objekata ima hibridni sistem sbadijevanja 15,918 %, što je i prikazano Na slici br 5.



Slika 5. Sistem Snabdijevanja

Kada je riječ o načinu snabdjevanja postoje 3 načina: samo vozilima vlastitog voznog parka, samo poručivanjem od komercijalista ili kombinovano. Način snabdjevanja je takodjer dio poslovne politike, gdje se snabdijevanjem svojim vozilima kod primjera trgovine na malo može održavati manja količina zaliha, a veći asortiman i u potpunosti kontrolisati sistem nabave. Međutim, poručivanjem od komercijalista se mogu redukovati troškovi transporta, amortizacije vozila, dobiti bolju cijenu na veću količinu porudžbine i slično.

Prema tome najčešći je slučaj kombinovanog načina pretežno kod trgovina na malo, veleprodajama, apotekama tj. objektima sa većim brojem artikala. Procentualni prikaz nalazi se na slici 6.

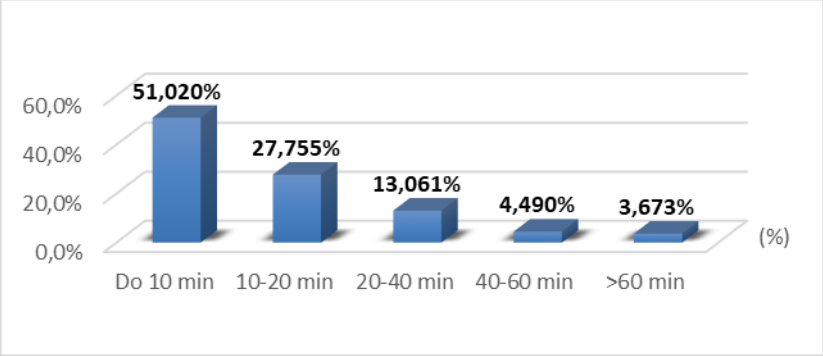


Slika 6. Način snabdijevanja

3.5. Trajanje prijema i isporuke robe

Trajanje isporuke i isporuke robe je jedan od najvažnijih parametara city logistike i predstavlja vrijeme koje protekne od parkiranja vozila pa do unosa kompletne isporuke u objekat. Istovar robe se moze vršiti ručno ili mehanizovano a istovar može vršiti vozač ili radnici objekta što je regulisano ugovorom.

U gradu Tešnju najveći je broj objekata manje površine i obima posla pa samim tim najvećem broju objekata roba se isporuči do 10 min i njih je 51,020 %. Zatim, u vremenskom periodu od 10-20 min 27,755 % i 20-40 min 13,061 %. Kada je riječ o većim isporukama sa vremenom trajanja od 40-60 min one se javljaju kod 4,49 % generatora. 60 min i više traje prijem i isporuka robe u slučaju 3,673 % generatora. To su pretežno objekti koji primaju velike količine robe ili kod kojih kod prijema se prolaze određene procedure i provjere.

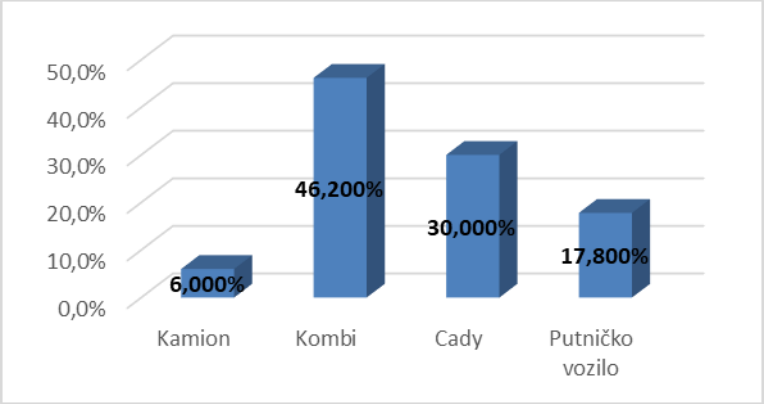


Slika 7. Trajanje isporuke i prijema robe

3.6. Tipovi vozila u isporuci

Drumskim transportnim vozilima, različite nosivosti i kapaciteta, vrši se snabdjevanje objekata gdje veličina, nosivost i kapacitet vozila zavise od veličine isporuke i saobraćajnih ograničenja prilikom snabdjevanja. U gradu Tešnju postoje mnoga saobraćajna ograničenja u vidu uskih ulica, saobraćajne zakrčenosti i drugih koje će biti detaljnije prikazana u drugom dijelu rada. U gradu se ne nalazi mnogo velikih objekata sa velikom površinom i to je jedan od razloga da u snabdjevanju objekata kamioni, kao transportna sredstva, učestvuju samo 6 %. Najveći broj u procesu snabdjevanja su kombi vozila sa 46,2 % učešća. Takodje, veliki je broj cady vozila u 30 % slučajeva iz razloga što veliki broj objekata koristi ovu vrstu vozila kao

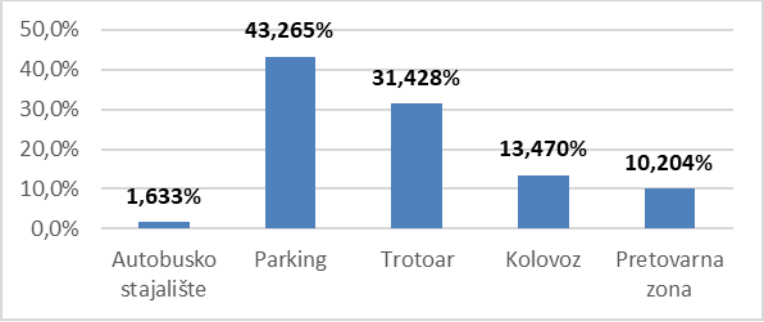
vozilo vlastitog voznog parka za snabdjevanje, potrebno je naglasiti da je to slučaj kod objekata koji se nalaze u starom dijelu grada. Putnička vozila u procesu snabdjevanja učestvuju u 17,8 % slučajeva, što je prikazano na slici 8.



Slika 8. Tipovi vozila u isporuci

3.7. Mjesto zaustavljanja vozila prilikom isporuke i ulaz robe objekat

Predstavlja prostor na kojem se vrši utovar i istovar robe. U gradovima kao što je Tešanj mjesto zaustavljanja vozila prilikom isporuke je veliki problem iz razloga što veliki broj objekata nema pretovarnu zonu ili vlastiti parking pa su snabdjevači primorani pronalaziti alternativna rješenja. U Tešnju samo 10,204 % objekata posjeduje pretovarnu zonu a parking 43,265 % objekata. Trotoar kao mjesto zaustavljanja prilikom isporuke javlja se u snabdjevanju 31,428 % objekata i kolovoz u 13,47 %. Autobusko stajalište zauzima najmanji procenat i to 1,633 %. U 83,764 % objekata roba prolazi kroz glavni ulaz, a samo u 16,236 % objekata kroz sporedni ili pretovarni ulaz.

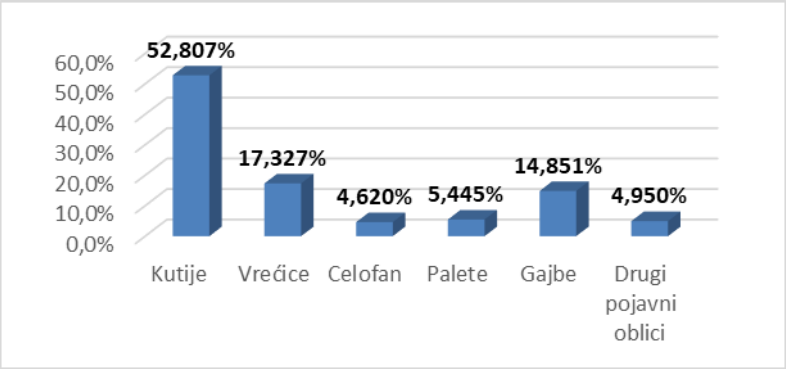


Slika 9. Mjesto zaustavljanja prilikom isporuke

3.8. Pojavni oblik robe i način istovara

Roba prilikom isporuke javlja se u različitim oblicima, što zavisi od karakteristika proizvoda i njegove ambalaže, zatim od sistema ukrupnjavanja, veličine isporuke itd. Pojavni oblici robe koji se javljaju su: plastične ili drvene gajbe, palete, kutije, kese, celofan i drugi. Kao pojavni oblik robe najviše se javljaju kutije i to 52,807 %. Zatim, roba se pojavljuje u vrecima u 17,327 % slučajeva, dok gajbe u 14,851 %, pretežno u trgovinama na malo, restoranima i slično. Roba u celofanu se javlja kod isporuke mesnatih proizvoda, cvijeća itd.

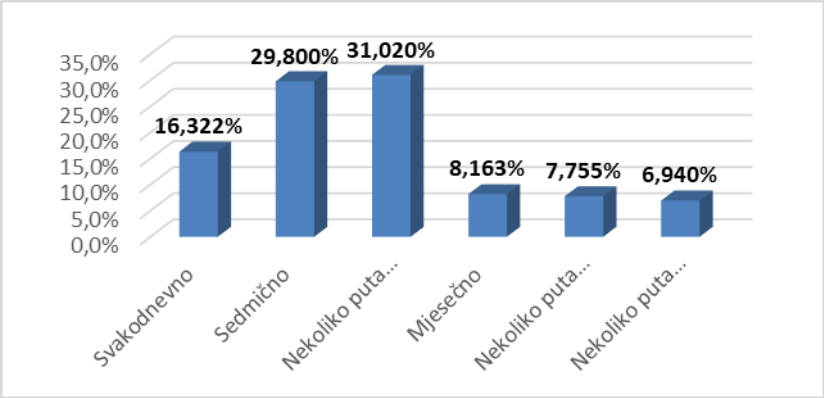
Procentualno to iznosi 4,62 %. Palete kao najveći pojavni oblik se javlja kod objekata sa većim obimom posla i objekata kod kojih se istovar robe vrši mehanizovano, procentualno 5,455 %. 4,950 % učešća imaju drugi pojavni oblici a to su: vješalice, koverte, proizvodi koji nemaju konvencijalno pakovanje itd. Kada je riječ o načinu istovara robe, istovar se može vršiti ručno ili mehanizovano. Mehanizovan način istovara ima veoma mali broj objekata i to 6,122 %, bitno je naglasiti da ovaj procenat predstavlja broj objekata koji imaju pretovarnu mehanizaciju ali se ne koristi ukoliko nema potrebe za tim. 93,877 % objekata nema pretovarnu mhenizaciju i istovar se vrši ručno.



Slika 10. Pojavni oblici robe

3.9. Učestalost i veličina isporuke

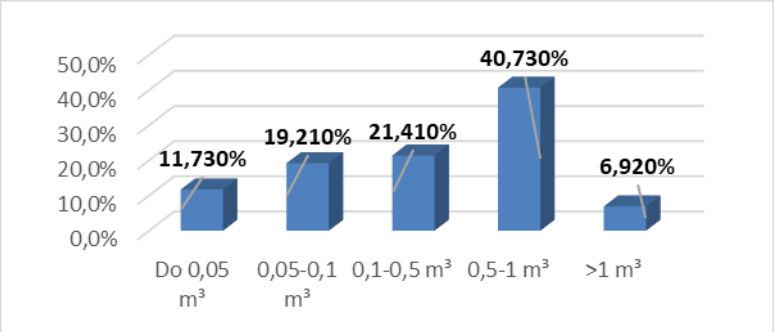
Danas je trend u svijetu da su isporuke sve manje, a pritom sve frenkventnije što se može vidjeti na slikama 11. i 12.



Slika 11. Učestalost isporuke

Svakodnevno robom većinom se snabdjevaju trgovine na malo, pojedini ugostiteljski objekti, nekoliko trgovina na veliko itd. Gdje svakodnevno robom se snadbjeva 16,322 % generatora. Nekoliko puta sedmično snabdjeva se 31,020 % generatora a sedmično 29,80 %. Nešto manje učestale isporuke imaju jedan broj butika, administrativni uredi, objekti igara na sreću i slišno gdje nekoliko puta mjesečno se snadbjeva 7,755 % generatora a mjesečno 8,163. Nekoliko puta godišnje snadbjevaja se 6,94 % objekata, to su pretežno sportski, vjerski, obrazovni i drugi objekti. Podaci o učestalosti isporuke se nalaze u grafikonu br 11. Kada se radi o veličini isporuke ona se prikazuje u metrima kubnim i veoma je teško odrediti prosječnu

veličinu isporuke jer iste mnogo variraju. Objekti koji posjeduju veći poslovni prostor i skladište se pretežno snabdjevaju većom količinom robe pa shodno tome zapremina isporuke je veća, njih je veoma malo 6,92% sa isporukom preko 1 m³. Veoma male isporuke spadaju u grupu isporuka do 0,05 m³ (11,73% generatora) i od 0,05-0,1 m³ (19,21% generatora). Najviše je generatora (40,73%) sa isporukom zapremine od 0,5-0,1 m³. Zatim slijedi 21,41% generatora sa isporukom zapremine od 0,1-0,5 m³. što se može vidjeti na slici 12.



Slika 12. Veličina isporuke

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Analiza parametara city logistike za različite vrste generatora je od velikog značaja jer se time dobijaju podaci o robnim tokovima koji generatori pokreću vršenjem svoje djelatnosti. Tešanj kao grad se suočava sa nizom problema u normalnom odvijanju procesa snabdjevanja i zbog toga se veoma važni parametri koji su prikazani koji bi mogli poslužiti u budućoj organizaciji gradske logistike. Tešanj je grad koji je prostorno veoma mali i ima prirodna ograničenja u pogledu širenja. Tešanj je administrativni centar opštine, koja broji blizu 50 hiljada stanovnika, što je jedan od razloga velikog broja vozila u samom gradu koji je ionako prostorno veoma malan. Takodje, u gradu se nalazi jedina bolnica na prostoru cijele opštine, kao i srednja škola gdje se prema tim objektima u ranim jutarnjim satima upućuje veliki broj vozila što dodatno povećava saobraćajnu zakrčenost.

U razgovoru sa pojedinim snabdjevačima istakli su nam probleme sa snabdjevanjem u području „ Čaršije“ gdje su veoma uske ulice i nema dovoljno prostora za zaustavljanje vozila gdje su ti problemi intenzivniji u zimskom periodu zbog neredovnog čišćenja snijega. Takodje, u tom dijelu grada zabranjeno je jedan dan u sedmici saobraćati vozilima što stvara problem stvaranja rasporeda snabdjevanja. Iz razgovora smo zaključili da snabdjevači imaju problem sa organima regulisanja saobraćaja gdje im ponekad nedozvoljavaju zaustavljanje na trotoaru iako nema adekvatnog parking prostora. Prema tome, na organima uprave grada je da u narednom periodu pokušaju da riješe ove probleme a na građanima je da teže ka saobraćajnoj kulturi. Dalja istraživanja vezana za ovaj rad odnose se na mogućnost riješavanja utvrđenih problema primjenom regulativa ili koncepcijskih rešenja. Pored toga u radu (Russo i Comi, 2010) dat je pregled mjera city logistike koji se mogu primjeniti za regulisanje za teretni transport i logistiku unutar urbanih sredina, dok su u radu (Taniguchi i dr., 2014) opisani pristupi za modeliranje koji se mogu primeniti za razvoj i vrednovanje logističkih šema za smanjenje uticaja teretnog transporta u gradovima.

5. LITERATURA

Cattaruzza, D., Absi, N., Feillet, D., & González-Feliu, J. (2017). Vehicle routing problems for city logistics. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, *6*(1), 51-79.

Crainic, T. G., Ricciardi, N., & Storchi, G. (2009). Models for evaluating and planning city logistics systems. *Transportation science*, *43*(4), 432-454.

Nenadić D., (2017), Delivery vehicles city logistics as a factor of traffic safety, The sixth International conference Transport nd Logistics, Niš, pp. 182-186

Russo, F., & Comi, A. (2010). A classification of city logistics measures and connected impacts. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *2*(3), 6355-6365.

Stević Ž., (2011). Parametri city logistike Doboja trgovine na malo, III Međunarodni simpozijum Novi horizonti saobraćaja i komunikacija, Doboj, str. 569-574

Stević Ž., (2016). Formiranje scenarija city logistike Doboja u cilju smanjenja zagađenja životne sredine 6. Međunarodni simpozijum o upravljanju prirodnim resursima, Zaječar, str. 82-89

Stević Ž., Alihodžić A., Vasiljević M., (2015). Delivery vehicles city logistics as a factor of environmental pollution V International Congress Biomedicine and geosciences - influence of environment on human health Belgrade, pp. 235-246

Stević Ž., Tanackov I., Vasiljević M., Vesković S., (2016). *Evaluation in logistics using combined AHP and EDAS method*, XLIII International Sympo sium on Operational Research SYM-OP-IS pp. 309-313

Taniguchi, E., & Thompson, R. G. (Eds.). (2014). *City logistics: Mapping the future*. CRC Press.

Taniguchi, E., Thompson, R. G., & Yamada, T. (2014). Recent trends and innovations in modelling city logistics. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 125, 4-14.

Zečević S., Tadić S., (2005)., *Cooperation models of city logistics*, Transport & Logistics, Beograd 9/2005. pp. 13-141

Zečević S., Tadić S., (2006). *City logistika*, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

COMPARATIVE ANALYSIS OF AHP, FUZZY AHP AND ROUGH AHP IN DECISION MAKING PROCESS*

Željko Stević[a], Zdravko Nunić[a], Anil Kumar[b]

[a] *University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj, Vojvode Misica 52, 74 000, Doboj, Bosnia and Herzegovina, zeljkostevic88@yahoo.com, zdravkonunic56@gmail.com*

[b] *School of Management, BML Munjal University, Gurgaon, India, anilror@gmail.com*

***Abstract**: Lately, the area of MCDM is rapidly developing, thanks to large number of researchs dealing with the adoption of certain decisions based on the applied methods that belong to the specified field. Methods of MCDM belongs to operational research and present area that is very fast developing. This paper deals with the difference that exists between the use of classical Analytical Hierarchical Process (AHP), Fuzzy Analytical Hierarchical Process (FAHP) and Rough Analytical Hierarchical Process (RAHP). Very important role in decision making process have criteria weight and comparative analysis is made through a concrete example of the procedure for obtaining the weights of criteria for supplier selection.*

***Key words:** Analytical Hierarchical Process, Criteria weight, Rough numbers*

1. INTRODUCTION

Most of the previous studies in the field of MCDM apply the AHP method. Despite the advent of other new methods in this area, the AHP method remains inviolable, at least when it comes to determining the relative weights of the criteria. In the process of supplier selection, we compared the three methods AHP, FAHP and RAHP methods. The aim is to determine the differences that exist between these methods and to promote the RAHP method with the advantages that are emphasized through the work itself. Authors did not find publication with similar problem ie publications with comparison of AHP and rough AHP that represent contribution and significance of the research.

Paper is structured in five sections. After introduction in first section, section 2 show the methods ie. basic items of conventional AHP, fuzzy AHP method, rough sets theory, operations with rough numbers and rough AHP. Section 3 describes main part of this paper: practical example and show results. Section 4 show discussion. Section 5 sets out the conclusions and the paper concludes with the references.

2. METHODS

2.1. AHP

This method is old almost forty year and present very useful tool in MCDM. Therefore, in the continuation of work are given only the basic items and ideas on which the method is based. According to author of method Saaty (1980) AHP present measurement theory for pairs comparing which based on opinion of experts. This method use nine point scale called Saaty's scale. One of the very important items related to this method is that the problem is structured

* ***Original scientific paper***

in a hierarchy that consists of multiple levels. First level is goal, next levels are criteria and subcriteria and at the end are alternatives.

AHP is one of popular methods and it has the ability to identify and analyze the subjectivity of decision-makers in the estimation and evaluation process of hierarchy elements. A man is rarely consistent in assessing the value or relation of the quality elements in the hierarchy. AHP in a particular way solves that by measuring the ratio of consistency.

For each comparison matrix Z_k, we determine consistency of value of experts. In order to check consistency Saaty (1980), has proposed *consistency ratio* $-CR$. Determination of the consistency ratio can be perform in following steps. First is need calculate the *CI* that mark consistency index.

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1) \tag{1}$$

λ_{max} is the maximum eigenvalue.

In next step the consistency ratio (CR) is calculated as a relation between (CI) consistency index and (RI) that mark random index with Eq. 2. (Saaty and Vargas, 2012).

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2}$$

If the calculated consistency ratio isn't less than 0,1, it is necessary to again make the comparison.

2.2. Fuzzy Analytic hierarchy process

Fuzzy theory is a very suitable tool for the treatment of uncertainty. In this study, TFN is employed that are labeled as (l_{ij},m_{ij},u_{ij}) where l_{ij} is the smallest possible value, m_{ij} is the value most nearest of crisp and u_{ij} is highest value. In this research, the AHP method by Chang (1996), is adopted.

Chang's extended analysis consist of following steps:

Step 1: S_i with consideration to the i_{th} criteria is expressed as:

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} M_{gi}^{j} \times \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} \tag{3}$$

To calculate next expression

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} \tag{4}$$

it is need to do supplementary fuzzy operations with "m" values:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j\right) \tag{5}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i\right) \tag{6}$$

After that it is need obtain inverse vector:

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right] \tag{7}$$

Step 2: The level of possibility of $S_b \geq S_a$ is expressed as:

$$V(S_b \geq S_a) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_b \geq m_a \\ 0, & \text{if } l_a \geq u_b \\ \frac{l_a - u_b}{(m_b - u_b)-(m_a - l_a)}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

Step 3: to find weight vector following Eqs. Are used

$$V(S_i \geq S_1, S_2, \ldots, S_k) = \min V(S_i \geq S_k), = w'(S_i) \quad (9)$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k), k \neq i, k = 1,2, \ldots, n \quad (10)$$

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \ldots, d'(A_n))^T, \quad (11)$$

Step 4: Last step in this method is normalization previous values using next equation:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \ldots, d(A_n))^T, \quad (12)$$

2.3. Rough set theory

In the theory of rough sets only the internal knowledge is used, i.e. operational data. Taking this into account there isn't necessity to rely on the models of supposition. When we use rough sets according (Düntsch and Gediga, 1997) in place of different external indicators, we use exclusively the composition of the data provided. The rough sets according are suitable for application in the sets that are characterized by a small number of data, and for which statistical methods are not suitable (Pawlak, 1991; Khoo and Zhai, 2001).

2.4. Operations with rough numbers

The any misty idea can be represented as a couple of exact that is shown in Figure 1.

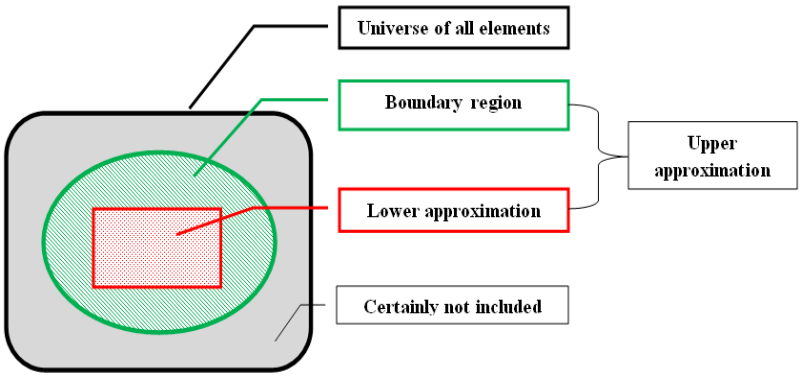


Figure 1. Elementary concept of rough set theory

Suppose U is the universe that consist all the objects with (G_1;G_2; ... ;G_t) which include for all U, R (G_1;G_2; ... ;G_t). If these classes are ordered as $G_1 < G_2 < \ldots < G_t$, then $\forall Y \in U, G_q \in R, 1 \leq q \leq t$ the lower ($\underline{Apr}(G_q)$), upper ($\overline{Apr}(G_q)$) approximation with region ($Bnd(G_q)$) of class G_q are according (Zhu et. al., 2015) defined as:

$$\underline{Apr}(G_q) = \cup \{Y \in U/R(Y) \leq G_q\} \quad (13)$$

$$\overline{Apr}(G_q) = \cup \{Y \in U/R(Y) \geq G_q\} \quad (14)$$

$$Bnd(G_q) = \cup\{Y \in U/R(Y) \neq G_q\} = \{Y \in U/R(Y) \geq G_q\} = \cup\{Y \in U/R(Y) \leq G_q\} \quad (15)$$

Then G_q c can be shown as rough number ($RN(G_q)$), which is determined by its corresponding lower limit ($\underline{Lim}(G_q)$) and upper limit ($\overline{Lim}(G_q)$), where:

$$\underline{Lim}(G_q) = \frac{1}{M_L}\sum R(Y)|Y \in \underline{Apr}(G_q) \quad (16)$$

$$\overline{Lim}(G_q) = \frac{1}{M_U}\sum R(Y)|Y \in (\overline{Apr}(G_q) \quad (17)$$

$$RN(G_q) = \left[\underline{Lim}(G_q), \overline{Lim}(G_q)\right] \quad (18)$$

where M_L, M_U are the numbers of objects that consist in $\underline{Apr}(G_q)$ and $\overline{Apr}(G_q)$, respectively.

Difference between them is expressed as rough boundary interval ($IRBnd(G_q)$):

$$IRBnd(G_q) = \overline{Lim}(G_q) - \underline{Lim}(G_q) \quad (19)$$

Operation for two rough number $RN(\alpha) = \left[\underline{Lim}(\alpha), \overline{Lim}(\alpha)\right]$and $RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\beta)\right]$ according (Zhai et. al., 2009) are:

Addition (+) of two rough numbers $R(\alpha)$ and $RN(\beta)$

$$RN(\alpha) + RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\alpha) + \underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha) + \overline{Lim}(\beta)\right] \quad (20)$$

Subtraction (-) of two rough numbers $R(\alpha)$ and $RN(\beta)$

$$RN(\alpha) - RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\alpha) - \overline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha) - \underline{Lim}(\beta)\right] \quad (21)$$

Multiplication (×) of two rough numbers $R(\alpha)$ and $RN(\beta)$

$$RN(\alpha) \times RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\alpha) \times \underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha) \times \overline{Lim}(\beta)\right] \quad (22)$$

Division (÷) of two rough numbers $R(a)$ and $RN(b)$

$$RN(\alpha) \div RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\alpha) \div \overline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\alpha) \div \underline{Lim}(\beta)\right] \quad (23)$$

Scalar multiplication of rough number $R(\alpha)$, where μ is a nonzero constant

$$\mu \times RN(\alpha) = \left[\underline{\mu \times Lim}(\alpha), \mu \times \overline{Lim}(\alpha)\right] \quad (24)$$

2.5. Rough Analytic Hierarchy Process

Rough AHP is consist of following steps (Zhai et. al., 2009):

1: Identify the goal of research, after that criteria and at end potential solutions. In this step is need forming a hierarchical structure like in conventional AHP.

2: The e_{th} expert is expressed as:

$$B_e = \begin{bmatrix} 1 & x_{12}^e & \cdots & x_{1m}^e \\ x_{21}^e & 1 & \cdots & x_{2m}^e \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1}^e & x_{m2}^e & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (25)$$

where $x_{gh}^{e}(1 \le g \le m, 1 \le h \le m, 1 \le e \le s)$is the relative importance of criterion g on criterion h given by expert e, m represent the number of criteria, while s represent the number of DM.

Determine the max. eigenvalue λ_{max}^{e} of B_e, then compute $CI = (\lambda_{max}^{e} - n)/(n-1)$.

And $CR=CI/RI$.

After that group comparison matrix $\tilde{B}$ is expressed as:

$$\tilde{B} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{x}_{12}^{e} & \cdots & \tilde{x}_{1m}^{e} \\ \tilde{x}_{21}^{e} & 1 & \cdots & \tilde{x}_{2m}^{e} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1}^{e} & \tilde{x}_{m2}^{e} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \tag{26}$$

where $\tilde{x}_{gh}\{x_{gh}^{1}, x_{gh}^{2}, \dots, x_{gh}^{s}\}$, $\tilde{x}_{gh}$ for criterion g on criterion h.

3: In this step is need forming a rough comparison matrix.

All the elements x_{gh}^{e} in $\tilde{B}$ must be translate into rough number $RN(x_{gh}^{e})$ using Equations (13) - (18):

$$RN(x_{gh}^{e}) = [x_{gh}^{eL}, x_{gh}^{eU}] \tag{27}$$

where x_{gh}^{eL} is the lower limit of $RN(x_{gh}^{e})$ while x_{gh}^{eU} is the upper limit.

Then the rough sequence $RN(\tilde{x}_{gh})$ is represented as:

$$RN(\tilde{x}_{gh}) = \{[x_{gh}^{1L}, x_{gh}^{1U}], [x_{gh}^{2L}, x_{gh}^{2U}], \dots, [x_{gh}^{sL}, x_{gh}^{sU}]\} \tag{28}$$

After that is converted into an average rough number $RN(x_{gh})$ by Equations (20) - (24):

$$RN(x_{gh}) = [x_{gh}^{L}, x_{gh}^{U}] \tag{29}$$

$$x_{gh}^{L} = \frac{x_{gh}^{1L} + x_{gh}^{2L} + \cdots + x_{gh}^{sL}}{s} \tag{30}$$

$$x_{gh}^{U} = \frac{x_{gh}^{1U} + x_{gh}^{2U} + \cdots + x_{gh}^{sU}}{s} \tag{31}$$

where x_{gh}^{L} is the lower limit of $RN(x_{gh})$ and x_{gh}^{U} is the upper limit.

Then the rough comparison matrix M is expressed as:

$$M = \begin{bmatrix} [1,1] & [x_{12}^{L}, x_{12}^{U}] & \cdots & [x_{1m}^{L}, x_{1m}^{U}] \\ [x_{21}^{L}, x_{21}^{U}] & [1,1] & \cdots & [x_{2m}^{L}, x_{2m}^{U}] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [x_{m1}^{L}, x_{m1}^{U}] & [x_{m2}^{L}, x_{m2}^{U}] & \cdots & [1,1] \end{bmatrix} \tag{32}$$

4: Determination the rough weight wg of each criterion:

$$w_g = \left[\sqrt[m]{\prod_{h=1}^{m} x_{gh}^{L}}, \sqrt[m]{\prod_{h=1}^{m} x_{gh}^{U}}\right] \tag{33}$$

$$w_g' = w_g / \max(w_g^{U}) \tag{34}$$

where w_g' is the weights of criteria in normalization form.

3. RESULTS

An example of the comparison between the above methods is the determination of the realtive weights of the criteria for the supplier selection processed in (Stević et. al., 2016). The calculation procedure is shown only on the RAHP method, because it is least known. For the other two methods, only results are shown.

First is shown individual judgments of decision makers with consistency ratio for each matrix. After that was constructed a group of pairwise comparison matrices. Below is shown the individual pair-wise comparison matrices for all three DM:

$$E_1\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/4 & 3 & 3 & 1/3 \\ 3 & 1 & 1/3 & 4 & 4 & 1 \\ 4 & 3 & 1 & 5 & 5 & 3 \\ 1/3 & 1/4 & 1/5 & 1 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1/4 & 1/5 & 1 & 1 & 1/4 \\ 3 & 1 & 1/3 & 3 & 4 & 1 \end{bmatrix}, CR = 0{,}041 \quad E_2\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/3 & 4 & 3 & 1/3 \\ 3 & 1 & 1 & 5 & 4 & 1 \\ 3 & 1 & 1 & 5 & 4 & 1 \\ 1/4 & 1/5 & 1/5 & 1 & 3 & 1/5 \\ 1/3 & 1/4 & 1/4 & 1/3 & 1 & 1/4 \\ 3 & 1 & 1 & 5 & 4 & 1 \end{bmatrix}, CR = 0{,}057$$

$$E_3\begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 1/5 & 3 & 3 & 1/9 \\ 4 & 1 & 1/3 & 5 & 5 & 1/5 \\ 5 & 3 & 1 & 7 & 7 & 1/4 \\ 1/3 & 1/5 & 1/7 & 1 & 1 & 1/9 \\ 1/3 & 1/5 & 1/7 & 1 & 1 & 1/9 \\ 9 & 5 & 4 & 9 & 9 & 1 \end{bmatrix}, CR = 0{,}064$$

Obviously *CRe*<0,1 (e=1,2,3) and group comparison matrix $\tilde{E}$ formed by using equation (25).

$$\tilde{E}\begin{bmatrix} 1,1,1 & \frac{1}{3},\frac{1}{3},\frac{1}{4} & \frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{5} & 3,4,3 & 3,3,3 & \frac{1}{3},\frac{1}{3},\frac{1}{9} \\ 3,3,4 & 1,1,1 & \frac{1}{3},1,\frac{1}{3} & 4,5,5 & 4,4,5 & \frac{1}{3},1,\frac{1}{5} \\ 4,3,5 & 3,1,3 & 1,1,1 & 5,5,7 & 5,4,7 & 3,1,\frac{1}{4} \\ \frac{1}{3},\frac{1}{4},\frac{1}{3} & \frac{1}{4},\frac{1}{5},\frac{1}{5} & \frac{1}{5},\frac{1}{5},\frac{1}{7} & 1,1,1 & 1,3,1 & \frac{1}{3},\frac{1}{5},\frac{1}{9} \\ \frac{1}{3},\frac{1}{3},\frac{1}{3}, & \frac{1}{4},\frac{1}{4},\frac{1}{5} & \frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{7} & 1,\frac{1}{3},1 & 1,1,1 & \frac{1}{4},\frac{1}{4},\frac{1}{9} \\ 3,3,9 & 1,1,5 & \frac{1}{3},\frac{1}{4},4 & 3,5,9 & 4,4,9 & 1,1,1 \end{bmatrix}$$

To obtain a matrix M, it is necessary to perform calculations using the equations in the third step. An example calculation of the element of the matrix M is the following.

$$\tilde{x}_{64} = \{3,5,9\}$$

$$\underline{Lim}(3) = 3, \quad \overline{Lim}(3) = \frac{1}{3}(3+5+9) = 5{,}67$$

$$\underline{Lim}(5) = \frac{1}{2}(3+5) = 4, \quad \overline{Lim}(5) = \frac{1}{2}(5+9) = 7$$

$$\underline{Lim}(9) = \frac{1}{3}(3+5+9) = 5{,}67, \quad \overline{Lim}(9) = 9$$

$$RN(x_{64}^1) = RN(3) = [3; 5{,}67]\,; RN(x_{64}^2) = RN(5) = [4; 7]; RN(x_{64}^3) = RN(9) = [5{,}67; 9]$$

According to Equations (29) - (31)

$$x_{64}^{L} = \frac{x_{64}^{1} + x_{64}^{2} + x_{64}^{s}}{S} = \frac{3 + 4 + 5{,}67}{3} = 4{,}22$$

$$x_{64}^{U} = \frac{x_{64}^{1} + x_{64}^{2} + x_{64}^{s}}{S} = \frac{5{,}67 + 7 + 9}{3} = 7{,}22$$

Thus the rough sequence $\tilde{x}_{64}$ in $\tilde{E}$ is converted into a rough number $RN(x_{64}) = [4{,}22; 7{,}22]$.

After calculation for all elements of previous matrix can be formed the rough comparison matrix:

$$M = \begin{bmatrix} [1;1] & [0{,}28;0{,}31] & [0{,}23;0{,}29] & [3{,}11;3{,}55] & [3;3] & [0{,}21;0{,}31] \\ [3{,}11;3{,}55] & [1;1] & [0{,}40;0{,}70] & [4{,}45;4{,}89] & [4{,}11;4{,}55] & [0{,}55;0{,}91] \\ [3{,}50;4{,}50] & [1{,}89;2{,}78] & [1;1] & [5{,}22;6{,}11] & [4{,}61;6{,}11] & [0{,}77;2{,}14] \\ [0{,}28;0{,}31] & [0{,}21;0{,}23] & [0{,}17;0{,}19] & [1;1] & [1{,}22;2{,}11] & [0{,}16;0{,}27] \\ [0{,}33;0{,}33] & [0{,}22;0{,}24] & [0{,}17;0{,}23] & [0{,}63;0{,}93] & [1;1] & [0{,}17;0{,}23] \\ [3{,}67;6{,}33] & [1{,}44;3{,}22] & [0{,}93;2{,}76] & [4{,}22;7{,}22] & [4{,}56;6{,}78] & [1;1] \end{bmatrix}$$

Determination rough weights is performed using Equations (33) and (34).

$$w = \{[0{,}71;0{,}82]; [1{,}52;1{,}92]; [2{,}23;3{,}16]; [0{,}35;0{,}44]; [0{,}33;0{,}40]; [2{,}13;3{,}74]\}$$

$$w' = \{[0{,}19;0{,}22]; [0{,}41;0{,}51]; [0{,}60;0{,}84]; [0{,}09;0{,}12]; [0{,}09;0{,}11]; [0{,}57;1]\}$$

After decribed methodology is obtained values for all criteria that is shown in Figure 2.

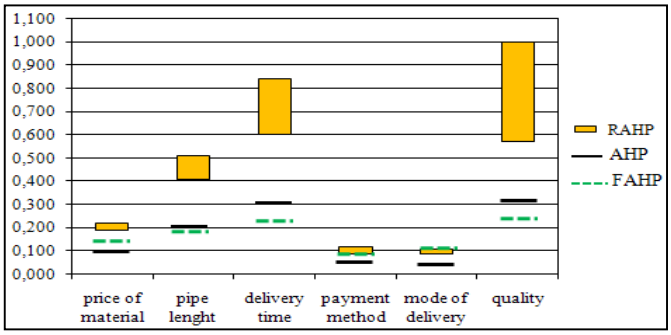


Figure 2. Values of all criteria in rough numbers

Figure 2 shows the results obtained using three forms of the AHP method, while Figure 3 shows the rank of all criteria.

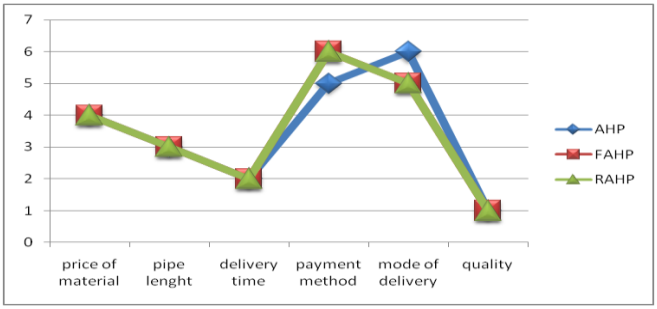


Figure 3. Ranking criteria using AHP, FAHP and RAHP method

In Figure 3 it can be noticed that by applying the FAHP and RAHP method the rank of criteria does not change. The only change is in the application of the classic AHP method where the fourth criterion is payment method in the fifth position, and the mode of delivery at the last one.

4. DISCUSSION

Due to the complexity and uncertainty of numerous real indicators in the process of MCDM, as well as the occurrence of the ambiguity of human thinking, there are difficulties in presenting information about the attributes of decisions through accurate (precise) numerical values. With the help of of rough numbers (Song et. al., 2014; Zhu et. al., 2015), we can slove this critical probem. In addition to the fuzzy theory, a very suitable tool for the treatment of uncertainty without the impact of subjectivism is rough set theory (Pawlak, 1982). From the beginning until today, this evolved through solving many problems by using rough sets (Nauman et. al., 2016; Liang et. al., 2017) and through the use of rough numbers as in (Shidpour et. al., 2016; Gigović et. al., 2017; Pamučar et. al., 2017)

There are a numerous studies dealing with the comparison of classical AHP and fuzzy AHP (Noramin et. al., 2012; Aggarwal and Singh, 2013; Ishizaka, 2014; Stević et. al., 2015;), but the comparison of these two forms of the AHP method with rough AHP was not found in the literature.

5. CONCLUSION

In the process of supplier selection, Ee compared the three forms of AHP method. The obtained results show that there are no major differences between these methods, primarily because this is a small number of criteria in the concrete case. The results confirm that the application of FAHP and RAHP reduces the uncertainty that exists in the MCDM, the differences between these three methods are increasingly noticeable, especially when it comes to hierarchical structure with multiple levels. Such a structure implies the formation of the main criteria and subcriteria.

Rough AHP according (Roy et. al., 2016) enables to measurement consistency of preferences, handle multiple DM. The rough AHP combines the strength of rough sets in handling subjectivity (Song et. al., 2013) and the hiercachy strucature is possible through AHP (Zhu et. al., 2015).

6. REFERENCES

Aggarwal, R., & Singh, S. (2013). AHP and Extent Fuzzy AHP Approach for Prioritization of Performance Measurement Attributes. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, *73*, 145-151.

Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP.*European journal of operational research*, *95*(3), 649-655.

Düntsch, I., & Gediga, G. (1997, August). The rough set engine GROBIAN. In*Proc. 15th IMACS World Congress, Berlin* (Vol. 4, pp. 613-618).

Gigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z., & Drobnjak, S. (2017). Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas.*Water*, *9*(6), 360.

Ishizaka, A. (2014). Comparison of fuzzy logic, AHP, FAHP and hybrid fuzzy AHP for new supplier selection and its performance analysis. *International Journal of Integrated Supply Management*, *9*(1-2), 1-22.

Khoo, L. P., & Zhai, L. Y. (2001). A prototype genetic algorithm-enhanced rough set-based rule induction system. *Computers in Industry*, *46*(1), 95-106.

Liang, D., Xu, Z., & Liu, D. (2017). Three-way decisions with intuitionistic fuzzy decision-theoretic rough sets based on point operators. *Information Sciences*,*375*, 183-201.

Nauman, M., Azam, N., & Yao, J. (2016). A three-way decision making approach to malware analysis using probabilistic rough sets. *Information Sciences*, *374*, 193-209.

Nooramin, A. S., Kiani Moghadam, M., Moazen Jahromi, A. R., & Sayareh, J. (2012). Comparison of AHP and FAHP for selecting yard gantry cranes in marine container terminals. *Journal of the Persian Gulf*, *3*(7), 59-70.

Pamučar, D., Mihajlović, M., Obradović, R., & Atanasković, P. (2017). Novel approach to group multi-criteria decision making based on interval rough numbers: Hybrid DEMATEL-ANP-MAIRCA model. *Expert Systems with Applications*.

Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Parallel Programming*,*11*(5), 341-356.

Pawlak, Z. (1991). Rough Sets: Theoretical Aspects of Reasoning about Data Kluwer Academic Publishers. *Dordrecht, The Netherlands*.

Roy, J., Chatterjee, K., Bandhopadhyay, A., & Kar, S. (2016). Evaluation and selection of Medical Tourism sites: A rough AHP based MABAC approach.*arXiv preprint arXiv:1606.08962*.

Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process", Mc Graw-Hill, NewYork

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* (Vol. 175). Springer Science & Business Media

Shidpour, H., Da Cunha, C., & Bernard, A. (2016). Group multi-criteria design concept evaluation using combined rough set theory and fuzzy set theory.*Expert Systems with Applications*, *64*, 633-644.

Song, W., Ming, X., & Wu, Z. (2013). An integrated rough number-based approach to design concept evaluation under subjective environments. *Journal of Engineering Design*, *24*(5), 320-341.

Song, W., Ming, X., Wu, Z., & Zhu, B. (2014). A rough TOPSIS approach for failure mode and effects analysis in uncertain environments. *Quality and Reliability Engineering International*, *30*(4), 473-486.

Stević Ž., Tanackov I., Ćosić I., Vesković S., Vasiljević M., (2015). Comparison of AHP and Fuzzy AHP for evaluating weight of criteria. *V International Symposium New Horizons, Doboj*, pp. 198-203

Stević, Ž., Tanackov, I., Vasiljević, M., Novarlić, B., & Stojić, G. (2016). An integrated fuzzy AHP and TOPSIS model for supplier evaluation. *Serbian Journal of Management*, *11*(1), 15-27.

Zhai, L. Y., Khoo, L. P., & Zhong, Z. W. (2009). A rough set based QFD approach to the management of imprecise design information in product development. *Advanced Engineering Informatics*, *23*(2), 222-228.

Zhu, G. N., Hu, J., Qi, J., Gu, C. C., & Peng, Y. H. (2015). An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. *Advanced Engineering Informatics*, *29*(3), 408-418.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

KONCEPT STRATEŠKOG UPRAVLJANJA LJUDSKIM RESURSIMA*

THE CONCEPT OF STRATEGIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT

Kristijan Lukić, Asib Alihodžić

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, 74 000Bosna i Hercegovina, kristijanlukic1994@gmail.com, asib.dr@gmail.com

***Apstrakt**: Sa povećanjem poslovnih zahtjeva i razvojem poslovnih procesa, znanje i vještine zaposlenih su postali jedan od presudnih faktora za ostvarivanje prednosti na tržištu. Upravljanje ljudskim potencijalima je preraslo u strateški koncept u okviru kojeg se na strateškom nivou vodi briga o performansama ljudskih resursa kompanije. Koncept strateškog upravljanja ljudskim resursima predstavlja važan i osjetljiv aspekt funkcionisanja i razvoja kompanija, državnih i privatnih institucija. Fokus se stavlja na investiranje u timski rad, bolju obuku, sticanje novih znanja i vještina zaposlenih. Strateško upravljanje je u posljednje vrijeme doživjelo nagli razvoj te transformacija upravljanja ljudskim resursima ka strateškom upravljanju je sve popularnija, ali je teško odrediti koliko je zapravo srateški koncept preuzeo mjesto i ulogu klasičnog uparvljanja ljudskim resursima. Klasično upravljanje ljudskim resursima fokusirano je na individualne karakteristike i potencijale zasposlenog osoblja, dok se strateško upravljanje odnosi na usavršavanje organizacionih potencijala kao i ulogu upravljanja ljudskim performansama koje je glavni faktor za efikasno rješavanje poslovnih zadataka i dostizanje postavljenih ciljeva koji će dovesti do konkurentske prednosti kompanije. Rad sadrži teorijsku osnovu upravljanja ljudskim resursima kao i skorašnja istraživanja u oblasti strateškog upravljanja ljudskim resursima, koje je sve više zastupljeno u modernim svjetskim kompanijama.*

***Ključne riječi:** performanse, strategija, zaposleni kadrovi, menadžment*

***Abstract**: With the increase of business requirements and the development of business processes, knowledge and skills of employees have become one of the crucial factors for gaining market advantage. Human resource management has grown into a strategic concept within which the company take care abput human resources performance at the strategic level. The concept of strategic human resources management is an important and sensitive aspect of the functioning and development of companies, state and private institutions. The focus is on investing in team work, better training, acquiring new knowledge and skills of employees. Strategic governance has recently achieve rapid development, and human resource management transformation towards strategic management is increasingly popular, but it is difficult to determine how much the strategic concept has actually assumed the place and the role of classic human resource management. Classical human resources management focuses on individual characteristics and potentials of employees, while strategic management refers to the improvement of organizational potentials as well as to the role of human performance management, which is a major factor in effectively solving business tasks and achieving set goals that will lead to the company's competitive advantage. The paper contains the theoretical basis of human resources management as well as recent research in the field of strategic human resources management, which is increasingly represented in modern world companies.*

***Keywords:** performance, strategy, employees, management*

* ***Pregledni rad***

1. UVOD

U savremenom globalnom poslovnom okruženju, gdje su moderne tehnologije i vrlo velika količina informacija bitnih za poslovanje raznih preduzeća skoro svima lako dostupne, organizacije i kompanije mogu da svoju konkurentsku prednost ostvare i izgrade na jednom veoma važnom resursu - svojim zaposlenicima tj. ljudskim performansama, njihovim talentima, vještinama, znanju i motivaciji za rad. Zaposleni su ne samo najvredniji, nego često i najskuplji organizacijski resurs, pa upravljanje njime mora biti dugoročno i strateški promišljeno. Pravilnim upravljanjem i korištenjem ljudskog, intelektualnog potencijala postižu se najbolji mogući poslovni rezultati. Upravljanje ljudskim resursima može imati i veliki uticaj na kompletan lanac snabdijevanja što je pokazano u radu (Lengnick-Hall I dr., 2013).

Posmatrajući činjenicu da tržišta postaju sve konkurentnija, funkcija ljudskih resursa i potencijala se stalno susreće sa novim i većim izazovima. Kao i sve druge oblasti upravljanja, upravljanje ljudskim resursima je doživjelo značajne promjene kroz vrijeme. Uprkos tome što su faktori koji određuju pojam upravljanja ljudskim resursima prilično stari (iz prve polovine 20. vijeka), taj pojam se sve više spominje u mnogim naučnim, stručnim i drugim radovima, studijama i istraživanjima i to najviše u proteklih 10-15 godina.

Strateško upravljanje ljudskim resursima prema Jackson i dr., (2014) ima dugu i bogatu tradiciju, a sastoji se od niza postupaka sa ciljem ostvarivanja integracije, posvećenosti zaposlenih te fleksibilnosti i kvaliteta rada unutar radne organizacije. Razlika u odnosu na klasično upravljanje ljudskim resusrima se ogleda u integrisanju zaposlenih sa strategiom kompanije, njihovom timskom radu i povećanju produktivnosti rada u cilju realizacije strategije kompanije. Umjesto da se prilagođava, strateško upravljanje ljudskim resursima sudjeluje u kreiranju strategije poslovanja. Naglasak je na međusobnom odnosu između ljudi, strategije, strukture kompanije i vanjskog okruženja. Smatra se da je preduslov dobrog i efikasnog poslovanja kompanije shvaćanje važnosti i neophodnosti zaposlenih ljudi i njihovog doprinosa ispunjenju ciljeva kompanije.

Ovaj rad je uradjen sa ciljem analize i pregleda dosadašnjih istraživanja i napretka u oblasti strateškog upravljanja ljudskim resursima u svijetu; prednosti i mana njegove primjene kao i predstavljanja pozitivne i efikasne poslovne prakse američke kurirske kompanije FedEx, koja je najveći značaj dala svojim ljudskim resursima. Kompanija FedEx je pozitivan primjer uvodjenja strateškog upravljanja ljudskim resursima, posvećivanja pažnje zaposlenima koji su prvi i osnovni faktor koji kompaniji donosi profit. Sa tog aspekta, svrha ovog rada je uvidjeti i definisati dobre i loše strane strateškog upravljanja ljuskim resursima u kompaniji FedEx kao i u drugim razvijenim kompanijama kako bi se njihova poslovna praksa mogla primijeniti u kompanijama koje još nisu dostigle takav stepen razvoja i nisu se fokusirale na najvažniji resurs koji će im omogućiti da ostvare konkurentsku prednost na tržištu.

2. LJUDSKI RESURSI - CILJEVI I ULOGE NJIHOVOG UPRAVLJANJA

Termin “ljudski resursi” (potencijali ili performanse) govori o ljudima u organizaciji, o njihovom potencijalu, kao i svim sposobnostima koje mogu da pruže organizaciji u cilju ostvarenja njenih potreba. Upravljanje ljudskim performansama može se definisati kao strategijski pristup upravljanju najvrednijim resursima jedne organizacuje, a to su zaposleni koji rade u toj organizaciji i pojedinačno ili kolektivno doprinose ostvarenju postavljanih

ciljeva (Martinović i Tansković, 2014; Armstrong i Taylor 2014). Značaj menadžmenta ljudskih resursa polazi od činjenice da su ljudi osnovni faktor koji je zajednički u svakoj organizaciji, pa su na osnovu toga oni kreatori organizacionih strategija preduzeća.

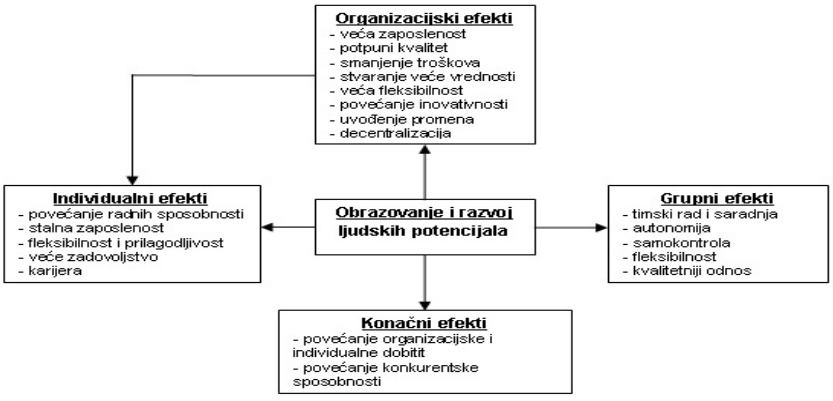
Na osnovu toga, svaki menadžer biće uključen u aktivnosti vezane za ljudske resurse i nastojaće da olakša saradnju među ljudima, kako bi se uspješnije ostvarila strategija i realizovali planovi organizacije. Ljudski resursi doprinose na različite načine uspjehu organizacije, ali se moraju pridržavati strategije kompanije. Globalna konkurencija podstiče organizacije na stalni razvoj i napredak, kako bi uspjele da opstanu pred novim zahtjevima koje postavlja globalizacija (Pržulj, 2002).

Ukoliko se posjeduje dobar ljudski potencijal, tj. kvalitetni i obrazovani ljudski resursi, moguće je odgovoriti na izazove i zahtjeve pred kojima i sa kojima se stalno suočava organizacija. Tu dolaze i do izražaja uticaji koji ljudski resursi imaju na ekološke performanse, a prema Paillé i dr., (2014) oni su itekako veliki i značajni. Obrazovanje ljudskih resursa u organizaciji od velikog je značaja za njen razvoj i napredak, što je prikazano na Slici 1.

Osnovni princip menadžmenta ljudskih performansi treba da bude: pravi čovjek, u pravo vrijeme, na pravom mjestu. Savremeni menadžment ljudskih performansi definitivno teži tome. Savremeni menadžment koncept, kojim se upravlja ljudskim resursima bavi se strategijskim, individualnim i društvenim aspektima ljudi u organizaciji. Osim toga, i ovaj aspekt upravljanja vodi računa o konkurentnosti – obuhvata sve odluke i akcije u vođenju ljudi, koje kreiraju ili podržavaju konkurentsku prednost.

Upravljanje ljudskim performansama ima niz opštih, posebnih i pojedinačnih ciljeva. Opšti cilj upravljanja ljudskim performansama predstavlja ostvarenje uspjeha organizacije koristeći ljudske potencijale. Polazeći od toga, može se zaključiti da je neophodno usaglasiti individualne, organizacione i društvene ciljeve. Da bi se ovaj osnovni cilj ostvario, neophodno je ostvariti sledeće parcijalne ciljeve (Čerović, 2013):

- organizacioni cilj - povećanje efikasnosti zaposlenih
- funkcionalni cilj - doprinos funkcije menadžmenta ljudskih performansi i veličina personalnog odjeljenja mora biti u skladu s potrebama organizacije i usvojene strategije;
- društveni cilj - uspostavljanje društvenih sistema vrijednosti i etičkih normi
- lični cilj - pomoć zaposlenima da ostvare željeni status, ugled, razvoj karijere.



Slika 1. Obrazovanje i razvoj ljudskih performansi

Menadžment ljudskih performansi u svom razvoju, gotovo svaki dan, dobija nove uloge u organizaciji koja nastoji da bude fleksibilna i adaptivna u odnosu na poslovno okruženje koje se ubrzano mijenja. Međutim, u osnovi razvoja (evolucije) upravljanja ljudskim performansama nalazi se činjenica da postoje dvije osnovne uloge povezane s upravljanjem ljudskim performansama u organizacijama. To su strateška i operativna uloga.

Strateška uloga naglašava da su ljudi u jednoj organizaciji vrijedni resursi koji zahtijevaju značajno ulaganje jer mogu biti izvor konkurentske snage ako se njima efikasno i efektivno upravlja, moraju se posmatrati u istom kontekstu kao i svi drugi resursi kompanije te snabdijevanje i potražnja za ljudskim resursima moraju imati stratešku ulogu u organizaciji, tj. strateški fokus na ljudske resurse mora biti dugoročan. Za razliku od strateške, operativna uloga se odnosi na sve aktivnosti koje su fokusirane na kraći period (Čerović, 2013).

3. STRATEŠKO UPRAVLJANJE LJUDSKIM RESURSIMA

Strateški menadžment ljudskih resursa (SHRM, eng. *Strategic Human Resource Management*) prema Kramar (2014) pojavio se kao dominantan pristup politici upravljanja ljudskim resursima tokom proteklih 30 godina. Strateško upravljanje ljudskim resursima predstavlja važan i osjetljiv aspekt funkcionisanja i razvoja kompanija, poslovnih institucija, državnih, javnih i privatnih organizacija jedne države. Ovaj koncept se zasniva na psihološkoj praksi, ulaganjem u osnaživanje ljudskih resursa, njihovu širu profesionalnu obuku te razvoj timskog rada. Na taj način, ovaj koncept održava stabilnost i konkurentnost kompanija na tržištu. Koncept strateškog upravljanja posljednjih godina napreduje brzim i sigurnim koracima, te transformacija od klasičnog ka strateškom upravljanju ljudskim resursima postaje sve popularnija kod većine savremenih, velikih kompanija. Međutim, još uvjek je teško procijeniti koliko je, u globalu, koncept strateškog upravljanja zamijenio koncept klasičnog upravljanja ljudskim resursima u organizacijama i institucijama kompanija (Muqaj, 2016).

Strateško upravljanje ljudskim resursima je jedan od ključnih faktora u ostvarivanju ciljeva kompanije. To je složen i nepredvidiv proces, podložan brojnim spoljašnjim i unutrašnjim uticajima. Njegov osnovni cilj je postizanje strateških, dugoročnih, konkurentskih prednosti, struktuiranim planiranjem, organizaciom, razvojem intelektualnih potencijala, kulturom, komunikaciom, perspektivama i cjelokupnom slikom kompanije. Dok se klasični koncept upravljanja usmjerava na individualne karakteristike ljudskih resursa, naučni, strateški koncept je baziran na organizacionim karakteristikama i poboljšanjima, tj. ulozi upravljanja ljudskim resursima kao glavnom faktoru u rješavanju poslovnih zahtjeva i ostvarivanju poslovnih ciljeva kompanije (Muqaj, 2016).

Strateško upravljanje ljudskim resursima može biti povezano sa strateškim planom kompanije na različite načine, u zavisnosti od nivoa razvoja kompanije i shvaćanja značaja ljudskih resursa za uspijeh poslovanja. Postoje četiri kategorije povezanosti sa strateškim planom (Uysal, 2015):

- **Administrativna povezanost -** podrazumijeva da je funkcija upravljanja ljudskim resursima usmjerena na svakodnevne aktivnosti. Menadžer ljudskih resursa nema vremena i prilike sudjelovati u izradi strateških planova kompanije. Strateško planiranje se provodi bez ikakvog uticaja organizacione cjeline koja se bavi ljudskim resursima. To se odnosi na formulisanje strategije ali i na njeno provođenje. Upravljanje ljudskim resursima je striktno administrativna funkcija, bez ikakve veze sa ključnim poslovnim potrebama kompanije.

- **Jednosmjerna povezanost -** podrazumijeva da rukovodstvo kompanije, nakon formulisanja strateškog plana, obavještava funkciju ljudskih resursa o planu. Upravljanje ljudskim resursima je zaduženo za provođenje plana u smislu zapošljavanja osoblja koje je neophodno za provođenje plana. Česta posljedica ovakvog pristupa je formulisanje strateških planova koje je nemoguće provesti.
- **Dvosmjerna povezanost -** dopušta razmatranje pitanja ljudskih resursa tokom procesa formulisanja strategije. Obično podrazumijeva tri koraka. Prvo, tim za izradu strateškog plana obavještava funkciju ljudskih resursa o različitim strategijama koje kompanija razmatra. Drugo, funkcija ljudskih resursa razmatra posljedice različitih strategija na ljudske resurse i dostavlja rezultate analize. Na kraju, nakon usvajanja konačne strategije, funkcija ljudskih resursa je zadužena za razvoj programa za primjenu plana. Kod dvosmjerne povezanosti funkcije strateškog planiranja i ljudskih resursa su međuzavisne.
- **Integrisana povezanost** je dinamična i višedimenzionalna. Temelji se na neprestanoj, umjesto na izmjeničnoj interakciji. Menadžer ljudskih resursa je član tima za strateško planiranje. Funkcija ljudskih resursa je sastavni dio formulisanja strategije i njene primjene. Prilikom formulisanja strategije menadžer ljudskih resursa upoznaje tim za strateško planiranje o potencijalima zaposlenih, što čini jedan od osnovnih ulaznih podataka prilikom izbora strategije. Na taj način odmah se razmatra realnost provođenja različitih alternativa. Nakon usavjanja plana, umjesto običnog zapošljavanja, upravljanje ljudskih resursa ima funkciju provođenja plana u širem smislu, primjenjujući različite mehanizme, sa krajnjim ciljem stvaranja konkurentske prednosti. Admistrativna povezanost odgovara upravljanu zaposlenim osobljem, jednosmjerna i dvosmjerna povezanost odgovaraju upravljanju ljudskim resursima a integrisana povezanost odgovara strateškom upravljanju ljudskim resursima.

Da bi zaposleni ostvarili maksimalnu produktivost i doprinijeli da kompanija može da bude konkurentna na tržištu, oni moraju imati neophodna znanja, vještine i sposobnosti. Takođe, moraju imati podršku kompanije kao i priliku da svoje znanje i vještine iskoriste na pravi način, a sve u interesu kompanije i ostvarivanja postavljenih strateških ciljeva (Wood i Kispál-Vitai, 2017). Strateški menadžment ljudskim resursima će pružiti priliku zaposlenima da iskoriste svoje sposobnosti i znanja te će im dati potrebnu motivaciju za rad. Politike upravljanja ljudskim resursima sprovode menadžeri koji, prije svega, moraju imati neophodno povjerenje, poštovanje i dobru komunikaciju sa zaposlenima kako bi mogli da primijene najbolje poslovne prakse. Sprovođenje politike strateškog upravljanja ljudskim resursima i najboljih poslovnih praksi dovodi do bolje posvećenosti zaposlenih i većeg zadovoljstva u toku rada. Ako menadžeri omoguće da se zaposlenici dobro osjećaju, da su motivisani i posvećeni poslu, to će im omogućiti i ohrabriti da zaposleni rade bolje i više nego što se od njih očekuje (Paşaoğlu, 2015).

3.1. Konkurentske prednosti koje se ostvaruju strateškim menadžmentom ljudskih resursa

Tokom vremena, uz stalne i brze promjene poslovnog okruženja organizacije moraju biti u stanju da obezbijede i održe konkurentsku prednost koju im donose znanje i vještine zaposlenih. U prošlosti, konkurentska prednost se mogla ostvariti pronalaskom boljeg i lakšeg pristupa finansijskom kapitalu, promociom novog proizvoda ili stvaranjem novih, inovativnih rješenja. Dok jeftin i brzo dostupan kapital, visokokvalitetni proizvodi i nove tehnologije

ostaju važne za ostvarivanje konkurentske prednosti kompanija, današnje poslovno okruženje zahtijeva veći fokus na ljudske resurse i potencijale kao element poslovanja. Kada se strateško upravljanje provede kvalitetno, ostvaruju se brojne direktne i indirektne prednosti i pozitivni efekti za kompanije (Hamid i dr., 2010).

Važnost upravljanja ljudskim potencijalima za poslovanje preduzeća postaje u savremenoj situaciji sve naglašenija. Opšti porast značenja ljudskih potencijala, koji se danas smatraju ključnim faktorom privrednog razvoja te promjene koje se događaju u okolini još više naglašavaju značaj ljudskih resursa te potrebu planskog i dobro organizovanog upravljanja njima. U skladu s time mijenjaju se i sadržaj i metode djelovanja na području upravljanja ljudskim resursima što je logično s obzirom na to da upravljanje ljudskim resursima ima za cilj maksimalno doprinijeti uspješnom radu i poslovanju kompanije. Upravljanje ljudskim potencijalima dobiva ravnopravno mjesto u organizacijskom i strateškom smislu: ljudski potencijali postaju ključni faktor poslovnog uspjeha preduzeća, a ona preduzeća koja ljudskim potencijalima pridaju strateški značaj i koja toj oblasti pristupaju planski i dugoročno, postižu najbolje rezultate (Uysal, 2015).

Neke od najčešćih mogućnosti koje pruža strateško upravljanje ljudskim resursima kompanijama koje ga adekvatno sprovode su (Hamid i dr., 2010):

- Identifikacija praznina, tj. slobodnog prostora za napredovanje između trenutnog stanja kompanije i stanja koje se planira ostvariti u budućnosti
- Otvorena komunikacija o organizacionim ciljevima kompanije
- Podsticanje proaktivnog umjesto reaktivnog ponašanja i odlučivanja
- Stimulisanje kritičkog razmišljanja
- Kreiranje zajedničkih veza, vrijednosti i očekivanja
- Identifikacija mogućih problema i mogućnosti za njihovo rješavanje
- Troškovi upravljanja ljudskim resursima mogu biti manji jer menadžment može predviđati neuravnoteženosti prije nego što postanu skupe te ih bude nemoguće otkloniti
- Više vremena je na raspolaganju za pronalaženje talentovanih radnika jer su potrebe predviđene i identifikovane prije nego što su kreirani zahtjevi za radnicima
- Razvoj menadžera može biti bolje planiran.

3.2. Primijenjene prakse strateškog upravljanja ljudskim resursima u kompaniji FedEx

Kompanija FedEx (*Federal Express*) je američka multinacionalna kurirska kompanija koja vrši usluge isporuke robe širom svijeta. Strategija poslovanja FedEx-a je da se kompanija razlikuje i odvoji od konkurencije pružanjem najbolje usluge klijentima i garantovane blagovremene isporuke. Budući da su slične ili iste usluge dostupne i kod drugih kompanija, UPS, DHL i drugih konkurenata, FedEx-ova radna snaga - ljudski resursi su faktor koji mu omogćava ključnu konkurentsku predonost na tržištu. Cjelokupna strategija upravljanja ljudskim resursima u kompaniji je orjentisana na kreiranje predane, kompetentne radne snage koja je orjentisana ka kupcima, korisnicima (Hamid i dr., 2010).

3.2.1. Politika zasnovana na principu "Zaposleni-usluga-profit"

Najvažniji faktor uspješnosti kompanije FedEx su ljudi, zaposleni radnici. Kompanija ima za cilj da unaprijedi i promoviše radno okruženje u kojem će se radnici osjećati poštovano, cijenjeno i zadovoljno. FedEx-ova filozofija jeste da su ljudi primarna veza u lancu vrijednosti i stoga se i vrijednost kreira fokusiranjem na zaposleno osoblje. Kompanija se strogo pridržava politike unapređenja i napredovanja radnika kroz stalno obavještavanje radnika o mogućnostima napredovanja i stručnog usavršavanja. Kada se ukaže prilika za stručno usavršavanje, obavještenje o tome prolazi kroz cijelu kompaniju i dostupno je svim zaposlenima (Hamid i dr., 2010).

3.2.2. Trening i motivacija zaposlenih

Jedan od najvažnijih faktora upravljanja ljudskim potencijalima jest motivacija zaposlenika. Često se postavlja pitanje kako motivisati zaposlenike i na taj način pridonijeti boljem funkcionisanju kompanije. O motivaciji zaposlenika se puno piše i psiholozi održavaju brojne seminare gdje pokušavaju objasniti važnost uloge motivacijskog faktora za zaposlenika i njegovo zadovoljstvo. Rezultat istog je kvalitetniji i efikasniji rad zaposlenih. Sami menadžeri danas sve više shvataju da je osnova njihovog posla naći najbolje ljude, dobro ih motivisati i pustiti da rade svoj posao na vlastiti način. Primarni zadatak upravljanja ljudskim potencijalima postaje, nakon pronalaženja pravih ljudi, učiniti ih sposobnima za zajednički i uspješan rad, odnosno da se uspješno nose sa problemima koji se ispred njih postavljaju te da njihova snaga bude djelotvorna, a slabosti nebitne. Sposoban čovjek ne smije se učiniti slabim ni nesigurnim, jer su slabost i nesigurnost trajan izvor nezadovoljstva i izravna prijetnja ljudima zaposlenim u organizaciji, kao i organizaciji samoj. Za bilo koje područje ljudskog i profesionalnog djelovanja uz sposobnosti i znanja te lične karakteristike, potrebna je motivacija. Što su zanimanja kompleksnija i zahtjevnija, to je uloga motivacije značajnija. Osim motivacije zaposlenika, naročito je bitna i motivacija menadžera.

Top menadžment u FedEx-u vjeruje da je obuka i trening zaposlenih ključan faktor za uspješno poslovanje. To podrazumijeva da menadžeri svake godine prodju kroz 40 sati obuke. Kompanija pokušava da dostigne 100% zadovoljstva kupaca i vjeruje da samo osposobljena radna snaga može da postigne taj nivo. FedEx-ova poslovna kultura naglašava važnost odnosa prema svojim zaposlenima sa dostojanstvom i poštovanjem. To podrazumijeva davanje slobode radnicima da rade svoj posao onako kako najbolje znaju, te obezbjeđivanje neophodnih faktora kako bi zaposleni radili na najvišem nivou i bili prepoznati i nagrađeni za dobro obavljen posao.

Kompanija vjeruje da efikasna i pravovremena obuka ima ključnu ulogu u privlačenju i zadržavanju visoko motivisane i produktivne radne snage kao i u sposobnosti kompanije da kreira novu vrijednost za vlasnike, akcionare te najkvalitetniju uslugu za korisnike. Velika motivisanost radnika doprinosti većoj kreativnosti, produktivnosti i predanosti što zauzvrat dovodi do poboljšanja performansi kompanije (Hamid i dr., 2010).

4. DISKUSIJA

Pregledom literature novijeg datuma uvidja se da strateško upravljanje ljudskim resursima, u razvijenim zemljama svijeta, postaje top tema kada je u pitanju poslovanje kompanija. Kompanije, u nedostatku mogućnosti da ostvare konkurentske prednosti kroz materijalni kapital, okreću se dugoročnom upravljanju intelektualnim potencijalima, što se

pokazalo kao izuzetno efikasan pristup. Kompanije koje uspiju da naprave razliku u intelektualnim resursima, kroz njihovu edukaciju i motivisanje, mogu da ostvare ogromne prednosti u odnosu na konkurente. Jedan od takvih primjera, koji je konkretno naveden u radu, je američka kurirska kompanija FedEx koja se fokusirala na usavršavanje svojih radnika, kako bi postigli 100% zadovljstvo kupaca i uspješnost isporuka i kako bi bili korak ispred konkurentskih kompanija. Međutim, na našim prostorima, koncept strateškog upravljanja intelektualnim potencijalima je vrlo malo ili nimalo primijenjen. Većina kompanija nema volje ili mogućnosti da uradi bilo šta po tom pitanju. Zaposleni radnici su uglavnom slabo motivisani i nagrađeni za svoj rad, pa je produktivnost u većini kompanija na vrlo niskom nivou. Kompanije i menadžeri koji su shvatili kakve se mogućnosti kriju u intelektualnim, ljudskim potencijalima i njihovom efikasnom upravljanju, edukovanju, motivisanju i nagrađivanju, koji su uvidjeli i primijenili efikasne i dobre poslovne prakse velikih svjetskih kompanija, velikim koracima napreduju i daleko su odmakli od konkurencije. Međutim, još uvjek je malo takvih kompanija, koje su se okrenule modernim trendovima poslovanja, gdje se prije svega veća produktivnost rada i profit mogu ostvariti angažovanjem kompetentnih, stručno osposobljenih radnika za potrebne radne operacije.

U budućnosti bi trebalo očekivati dalji razvoj i implementaciju ovog koncepta u sve više kompanija, jer to zahtijeva okruženje i vrlo brzi razvoj nauke i tehnologije pri čemu je neophodno edukovati i obučavati zaposlene kako bi bili u korak sa tim trendovima. Domaće i kompanije u regionu bi trebalo da analiziraju svjetske trendove i primjenjene poslovne politike velikih svjetskih kompanija u oblasti ljudskih resursa ukoliko žele da budu konkrentne. Takođe, motivisanje radnika i adekvatno nagrađivanje radnika za dobro obavljene radne operacije je od velikog značaja kako za radnika tako i za kompaniju, jer nezadovoljan i nemotivsan radnik ne želi da radi punim kapacitetom i ne može da ostvari veliku produktivnost što je vidljivo u velikom broju kompanija.

Jednom rječju, budućnost efikasnog poslovanja bilo koje radne organizacije leži u dugoročnom, strateškom planiranju i upravljanju ljudskim resursima i potencijalima te integraciji i međuzavisnosti ljudskih resursa i strateškog planiranja, formiranju strateških planova koji će biti ostvarivi i efikasni te stalnoj edukaciji zaposlenih kako bi bili u stanju da realizuju radne zadatke neophodne za ostvarivanje planova kompanije.

5. ZAKLJUČAK

Ljudski, intelektualni potencijali su neophodan dio svakog sistema, bez obzira na njegovu djelatnost, proizvodnu ili uslužnu i bez zaposlenih nemoguće je realizovati djelatnost kojom se kompanija bavi. Nije dovoljno samo imati odgovarajući broj zaposlenih ljudi u kompaniji, da bi se realizovala osnovna djelatnost, već je potrebno organizovati kompletnu strukturu od najvišeg hijerarhijskog nivoa, direktora, menadžera, pa do najnižeg nivoa - radnika. Tu se pojavljuje koncept upravljanja ljudskim performansama u okviru kojeg su obuhvaćene sve aktivnosti od planiranja broja zaposlenih, u zavisnosti od djelatnosti preduzeća, preko izbora zaposlenih iz šireg kruga zainteresovanih, edukaciju i trening angažovanih radnika te ocjenjivanje njihovih ostvarenih rezultata i u skladu s tim i nagrađivanje i motivisanje. Ukoliko kompanije žele da budu konkurentna na tržištu, da imaju reputaciju i ugled moraju da posvete pažnju ljudskim resursima kojim raspolažu, jer prema Sheehan (2014) potvrđeno je da se primjenom koncepta upravljanja ljudskim resursima pozitivno utiče na održivu konkurentsku poziciju. Savremeni trendovi poslovanja nalažu konstantno učenje, usavršavanje znanja radnika pa kompanije mora da u skladu s tim vrše

edukaciju zaposlenih, kako bi opstale na tržištu. Takođe, kompanije moraju da obezbijede zadovoljstvo radnika, moraju da ih motivišu kako bi ostvarili što bolje rezultate i povećali produktivnost te ih za to adekvatno nagraditi.

Ukoliko ne postoji efikasno upravljanje raspoloživim ljudskim performansama, od samog izbora i angažovanja radnika pa sve do njihovog edukovanja i motivisanja, kompanija će imati problem sa realizaciom svoje djelatnosti i dovodi se u pitanje efikasnost njenog poslovanja i opstanak na globalnom tržištu jer bez zadovoljnog, motivisanog i produktvinog radnika ne mogu da se ostvare postavljeni ciljevi kompanije.

Strateško upravljanje ljudskim resursima daje smjernice za postavljanje temelja za ostvarivanje konkurentske prednosti stvaranjem efikasne organizacione strukture u kompanijama, dizajna i kulture, vrednovanjem zaposlenih, sistemskim razmišljanjem, ostvarivanjem dobre međusobne komunikacije između različitih nivoa odlučivanja te stvaranjem organizacije koja će biti fleksibilna i spremna da se prilagodi svim nadolazećim problemima, zahtjevima i promjenama u poslovanju.

6. LITERATURA

Armstrong, M., & Taylor, S. (2014). *Armstrong's handbook of human resource management practice*. Kogan Page Publishers.

Čerović, S.(2013). Upravljanje ljudskim resursima u hotelijerstvu. Univerzitet Singidunum, Beograd

Hamid, M., Rahman, R., Ferdous, F., Itminan, S. (2010). How Strategic Human Resource Management Contributes to Achieve the Competitive Advantages of FedEx. *Department of Business Administration,* East West University, Dhaka

Jackson, S. E., Schuler, R. S., & Jiang, K. (2014). An aspirational framework for strategic human resource management. *Academy of Management Annals*, *8*(1), 1-56.

Kramar, R. (2014). Beyond strategic human resource management: is sustainable human resource management the next approach?. *The International Journal of Human Resource Management*, *25*(8), 1069-1089.

Lengnick-Hall, M. L., Lengnick-Hall, C. A., & Rigsbee, C. M. (2013). Strategic human resource management and supply chain orientation. *Human Resource Management Review*, *23*(4), 366-377.

Martinović, M., Tanasković, Z. (2014). Menadžment ljudskih resursa. Visoka poslovno-tehnička škola strukovni studija, Užice.

Muqaj, M. (2016). Strategic Human Resources Management. Academic Journal of Business, Administration, Law and Social Sciences IIPCCL Publishing, Tirana-Albania

Paillé, P., Chen, Y., Boiral, O., & Jin, J. (2014). The impact of human resource management on environmental performance: An employee-level study. *Journal of Business Ethics*, *121*(3), 451-466.

Paşaoğlu, D. (2015). Analysis of the relationship between human resources management practices and organizational commitment from a strategic perspective: Findings from the banking industry. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 207, 315-324.

Pržulj, Ž. (2002). Menadžment ljudskih resursa. Institut za razvoj malih i srednjih preduzeća, Beograd, 2002.

Sheehan, M. (2014). Human resource management and performance: Evidence from small and medium-sized firms. *International Small Business Journal*, *32*(5), 545-570.

Uysal, G. (2015). Stages, Content, and Theory of Strategic Human Resource Management (SHRM): An Exploratory Study. Browser Download This Paper

Wood, G., & Kispál-Vitai, Z. (2017). STRATEGIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT: CONCEPTS, PRACTICES AND TRENDS. Strategic Human Resource Management: An International Perspective, 78.

E–POSTAL TRAFFIC AND NETWORKS

POŠTANSKI SAOBRAĆAJ

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

KONKURENTNOST POŠTANSKIH OPERATORA U PRENOSU OPASNIH MATERIJA*

THE COMPETITIVENESS OF POSTAL OPERATORS IN TRANSFER OF DANGEROUS GOODS

Aleksandar Varjačić, Dejan Marković, Momčilo Dobrodolac, Bojan Stanivuković
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, 11010 Beograd, Srbija,
aleksandar1803@yahoo.com, mdejan@sf.bg.ac.rs, m.dobrodolac@sf.bg.ac.rs, stanivukovic@sf.bg.ac.rs

***Apstrakt**: Sve veći udeo opasnih materija u proizvodnji i potrošnji uslovio je i porast potreba za njihovim transportom i svim ostalim logističkim operacijama i sistemima. Cilj ovog rada je da prikaže mogućnosti poštanskih operatora u pružanju usluga prenosa opasnih materija i tendencije njihovog razvoja. Kao takve opasne materije predstavljaju ozbiljnu pretnju okruženju sa prilično nepredvidivim posledicama i poštanski operatori moraju da poštuju zakonske odredbe koje se odnose na njihov prenos. Poštanski operatori su vremenom preuzimali ulogu u prenosu opasnih materija tretirajući ih na poseban način, ali kao poštanske pošiljke. Rad je zasnovan na istraživanju seta usluga koje se pružaju na tržištu poštanskih operatora i njihova analiza. Značaj ovog rada se ogleda u mogućnosti proširanja seta usluga koje pružaju poštanski operatori, jer opasne materije potencijalno predstavljaju budućnost u prenosu.*

***Ključne reči:** opasne materije, pošiljke, prenos, poštanski operatori*

***Abstract**: Increasing share of dangerous goods in production and consumption has caused an increase in demand for their transportation and all other logistic operations and systems. The aim of this study is to show the possibilities of postal operators in the provision of transfer of dangerous goods and the development trends of transfer services of dangerous goods. In way dangerous goods present a serious threat to the environment with very unpredictable consequences. Postal operators are eventually taking part in the transfer of dangerous goods by treating them in a special way, but as postal items. Postal operators must comply with the legal provisions relating to the transfer of dangeruos goods. The study is based on the research of a set of services provided on the postal operators market and its analysis. The importance of this study is reflected in the the possibility of extending set of services provided by postal operators, because potentially dangerous goods represent the future of the transport and transfer of parcels.*

***Key words:** dangerous goods, parcels, transfer, postal operators*

1. UVOD

Sve veći udeo opasnih materija u proizvodnji i potrošnji uslovio je i porast potreba za njihovim transportom i svim ostalim logističkim operacijama i sistemima. Jedan deo ove trgovine obavlja se u formi poštanskih pošiljaka. Regulisanje rada sa opasnim materijama ima za cilj sprečavanje, koliko je to moguće, nesreća lica, oštećenja imovine ili zagađenja životne sredine. U pogledu prenosa opasnih materija poštom postoji čitav niz propisa koji se tiču njihovog transporta i ostalih logističkih operacija. Međutim, sa različitim propisima u

* ***Pregledni rad***

različitim zemljama i za različitim izazovima u njihovom prenosu, međunarodna trgovina opasnih materija je prilično kompleksna, ali ne i nemoguća. Štaviše, opasne materije su takođe predmet i mnogih drugih propisa, iz oblasti zaštite na radu, zaštite potrošača, zaštite životne sredine, itd.

Mnogi problemi u proizvodnji, distribucijii i potrošnji opasnih materija su strateški i/ili taktički problemi. Planiranje poštanskog saobraćaja, odnosno prenosa opasnih materija poštom je jako složeno zbog rizika koji su povezani sa ovom aktivnošću.

Evropski sporazum o međunarodnom transportu opasnih roba (Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route, ADR) reguliše prevoz opasnih materija. ADR obuhvata, između ostalog:

- klasifikaciju robe koja se deklariše kao opasna materija, kao i pripadajuće bezbednosne mere,
- označavanje (identifikaciju) i dokumentaciju, kao što su prevoz dokumenata i pismena uputstva (hitne kartica) za transport opasnih materija,
- izgradnja brodova, tankova, vozila za prevoz opasnih materija,
- izuzeci od pravila ADR,
- kombinovani prevoz opasne robe (drumski - voz, brod ili avion).

IATA-DGR (International Air Transport Association – Dangerous Goods Regulations) predstavlja odredbe koje se odnose prevoz opasnih materija u međunarodnom vazdušnom saobraćaju. Ove odredbe se odnose na sve zemlje članice Međunarodne asocijacije za vazdušni saobraćaj - IATA.

Predmet ovog rada su opasne materije u poštanskom saobraćaju, poštanski operatori i vrste usluga koje pružaju iz oblasti prenosa opasnih materija. Cilj ovog rada je da se prikaže set usluga vezane za prenos opasnih materija u međunarodnom i unutrašnjem poštanskom saobraćaju koje pružaju poštanski operatori. Takođe, cilj je da se predstave poštanski operatori koji prenose opasne materije u međunarodnom i unutrašnjem poštanskom saobraćaju, kako bi se upoznali sa delovanjem ovih operatora u trgovini opasnim materijama, sličnostima i razlikama među njima.

Rad je organizovan na sledeći način. U poglavlju 2. opisana je metodologija istraživanja. Poglavlje 3. opisuje opisuje poštanske operatore koji vrše prenos opasnih materija u Srbiji i svetu, kompanije DHL, FedEx (*Federal Express, FedEx*) i UPS (*United Parcel Service, UPS*), kao i Pošta Srbije. Poglavlje 4. sadrži rezultate istraživanja, dok je u poglavlju 5. diskusija o tendencijama prenosa opasnih materija. Poglavlje 6. sadrži zaključna razmatranja.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U ovom naučnom radu je sprovedeno istraživanje (analiza, sinteza, indukcija, dedukcija i analogija), prikupljanje i obrada podataka o uslugama koje poštanski operatori pružaju na području prenosa opasnih materija. Područje istraživanja bio je set usluga koji poštanski operatori imaju mogućnosti da primene u ovoj delikatnoj oblasti prenosa, njihove mane i prednosti. Prenos opasnih materija je delikatna oblast prenosa zbog raznih ograničenja i propisa kojih se mora pridržavati u svim operacijama njihovog prenosa.

Prva faza istraživanja realizovana je kroz više međusobno uslovljenih koraka. Početni korak u ovom naučnom radu predstavlja identifikacija problema. Nakon identifikacije problema i utvrđivanja značaja prenosa opasnih materija u poštanskom saobraćaju, definisan je predmet istraživanja. U skladu sa predmetom identifikovan je i cilj istraživanja.

U drugoj fazi istraživanja detaljno su analizirani poštanski operatori koji se bave prenosom opasnih materija u unutrašnjem i međunarodnom poštanskom saobraćaju. Na sistematičan način su prikazani osnovni setovi usluga koje pružaju poštanski operatori.

Na osnovu stanja u literaturi i praksi, u trećoj fazi su identifikovani i raščlanjeni problemi kod pružanja usluga prenosa opasnih materija. Problemi poput delokrug delovanja svakog poštanskog operatora na ovom polju je analiziran. Dodatni problem u ovom istraživanju je nedostatak relevantne literature u oblasti prenosa opasnih materija u poštanskom saobraćaju. Poteškoće u tretiranju ovih zadataka predstavljaju međusobni uticaji zakona i propisa kojih moraju da se pridržavaju.

Četvrta faza predstavlja "jezgro istraživanja". U ovoj fazi su rešavani prethodno definisani problemi kod pružanja usluga prenosa opasnih materija privatnih poštanskih operatora u odnosu na Poštu Srbije. U prvom delu je prikazan problem marketinga na ovom polju, odnosno reklamiranje usluga prenosa opasnih materija poštanskih operatora, a zatim i tendencije razvoja ponude usluga prenosa opasnih materija.

3. KONKURENTNOST POŠTANSKIH OPERATORA U PRENOSU OPASNIH MATERIJA

Poštanski operatori koji obavljaju prenos opasnih materija i vrše radnje u vezi s tim prevozom dužna su da organizuju i trajno vrše kontrolu sprovođenja mera i ispunjavanja uslova propisanih za prevoz opasnih materija i vršenja radnji u vezi s tim prevozom u skladu sa odredbama zakona, propisa i međunarodnih sporazuma o prevozu opasnih materija (Varjačić, 2015).

Poštanski operatori koji prevoze i vrše radnje u vezi s tim prevozom, kao i pojedinci koji u toku prevoza neposredno rukuju ili na drugi način dolaze u dodir sa opasnim materijama dužni su da preduzimaju preventivne i zaštitne mere kojima se obezbeđuje zaštita životinja i zdravlja ljudi, životne sredine ili materijalnih dobara, odnosno bezbednost saobraćaja.

Osim poštanskih uprava članica UPU (Universal Postal Union, UPU) koje se bave prenosom opasnih materija i privatni operatori vrše prenos opasnih materija, takođe prema propisima ADR-a i IATA. Poštanski operatori koji vrše prenos opasnih materija su: DHL, UPS, TNT i FedEx. Pošto privatni poštanski operatori nisu članovi UPU i ne moraju da se pridržavaju njihovih propisa, samim tim je njihov delokrug u oblasti prenosa opasnih materija širi (Varjačić, 2015). Najveći spektar usluga u prenosu opasnih materija pruža UPS, što će u ovom radu biti i prikazano. U nastavku rada će biti prikazan DHL, FedEx i UPS kao jedne od vodećih svetskih poštanskih i logističkih kompanija u prenosu opasnih materija, i Pošta Srbije kao javni poštanski operator.

3.1. Prenos opasnih materija DHL-om

DHL Express je sertifikovan za prenos pojedinih vrsta opasnih materija u skladu sa IATA i ADR propisima. Prenos opasnih materija nije moguć između svih zemalja.

Pošiljaoci su odgovorni da potvrde da li se njihove pošiljke opasnih materija transportuju do destinacije avionskim ili drumskim saobraćajem kao i da shodno tome pripreme pošiljke. Kod DHL-a postoje odobreni korisnici usluga opasnih materija i samo njima će prenos opasnih materija biti omogućen. Odobrenje za prenos DHL-om imaju samo pošiljke sa opasnim materijama koje su rezervisane i koje je DHL Express odobrio pre preuzimanja (http://www.dhl.rs-/sr/express/shipping/shipping_advice/dangerous_goods, 10.07.2017.).

Pošiljke koje zauzimaju najveći udeo u prenosu opasnih materija DHL-om, ali i drugim privatnim operatorima, su litijumske baterije. Prenos litijumskih baterija će biti objašnjen u nastavku ovog rada.

Zabranjene supstance za prenos DHL-om:

- Otpad opasnih materija
- Municija

Prihvatljiva roba:

- Po tipu proizvoda i usluzi koja se koristi
- Afektiranost DHL mreže: državne/lokalne restrikcije i restrikcije operatora

Pošiljke koje sadrže opasne materije moraju biti pripremljene u skladu sa relevantnim propisima za prenos opasnih materija kao što su IATA/ICAO:

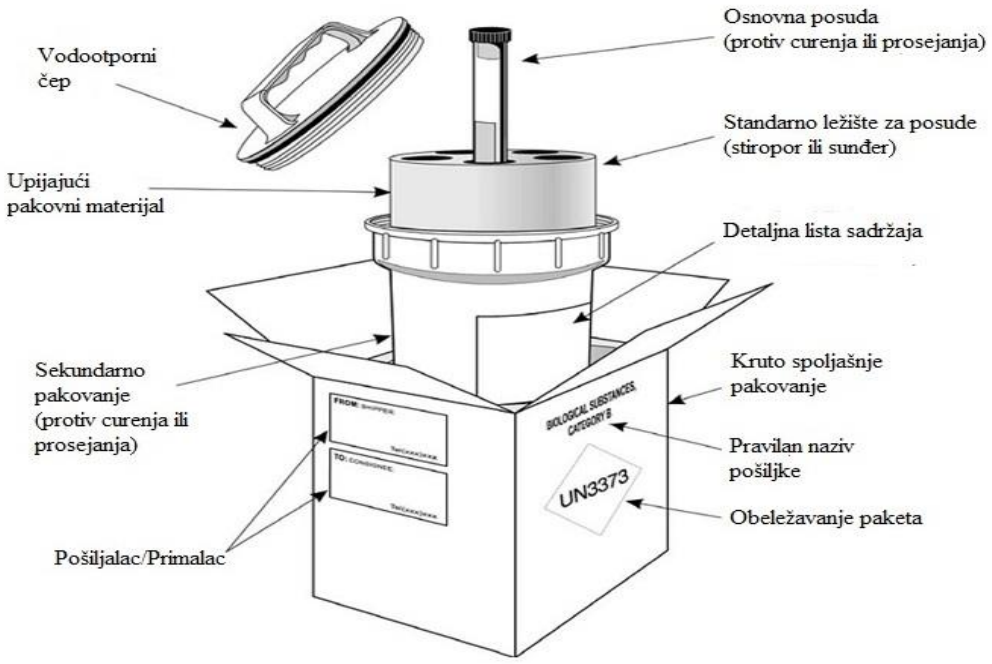
- Pravilno upakovane, obeležene i označene;
- Potrebna dokumentacija kompletirana: deklaracija pošiljaoca, ukoliko je primenljiva, mora biti potpisana od strane pošiljaoca i pratiti pošiljku tokom celog prenosa.

Dodatni troškovi se uračunavaju kada rukovanje i prevoz pošiljki podrazumeva materije i robe u ograničenim količinama koje se klasifikuju kao opasne u skladu sa ADR i IATA propisima za prevoz opasnih materija. Ove pošiljke su ograničene na težinu od 30kg po koletu i mogu biti prihvaćene samo od autorizovanih pošiljaoca.

Doplata se primenjuje kada rukovanje i prevoz pošiljki podrazumeva prevoz pošiljaka na suvom ledu čiji sadržaj ne spada u opasne materije kao što su medicinski uzorci. Ovakve pošiljke mogu biti prihvaćene samo od autorizovanih pošiljaoca.

U dodatne troškove ulazi kada rukovanje i prevoz pošiljki podrazumeva prevoz pošiljaka koje sadrže Lithium Ion ili litijum metal baterije u skladu sa odgovarajućim IATA uputstvima 965 do 970, sekcija II. DHL Express neće prihvatiti pošiljke za koje se zna ili se sumnja da sadrže neispravne ili oštećene baterije.

Doplata se primenjuje kada rukovanje i prevoz pošiljki podrazumeva pošiljke čiji sadržaj čini roba široke potrošnje kao što su parfemi, kolonjske vode, dezodoransi, lakovi za nokte i lekovi koji se izdaju na recept. Ovakvi sadržaji su takođe opasne materije i često se šalju u malim količinama fizičkim licima. Pošiljke moraju biti propisno obeležene.



Slika 1. Pravilno upakovana, obeležena i označena infektivna supstanca kategorije B

3.1.1.Prenos litijumskih baterija DHL-om

Od 1. januara 2015. stupili su na snagu strožiji propisi izdati od strane IATA za prevoz litijumskih baterija koje se pakuju i otpremaju kao pojedinačne pošiljke. Širok spektar elektronskih proizvoda koji rade pomoću litijumskih baterija su pogođeni novim propisima. Prenos litijumskih baterija se vrši:

- kada se litijumske baterije pakuju i isporučuju kao pojedinačne pošiljke,
- kada su litijumske baterije posebno pakovane ali se isporučuju sa opremom u istoj kutiji. Primer: mobilni telefon sa zamenljivom litijumskom baterijom,
- kada se litijumske baterije nalaze ili su instalirane u opremi i zato se isporučuju u istoj kutiji. Primer: tablet računar sa ugrađenim litijumskim baterijama koje se ne mogu ukloniti ili zameniti od strane korisnika.

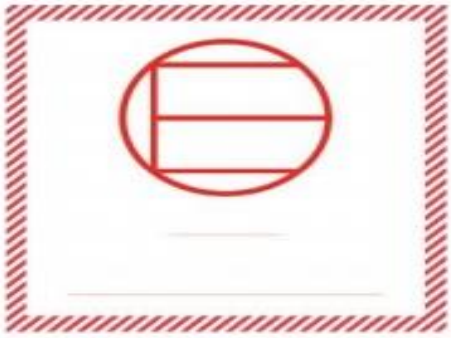
3.2. Prenos opasnih materija FedEx-om

FedEx Express je jedan od najvećih prevoznika opasnih materija širom sveta. FedEx Express može da vrši prenos opasnih materija na međunarodnom nivou. Pošiljalac je odgovoran za pravilnu identifikaciju, klasifikaciju, pakovanje, označavanje, etiketiranje i kompletiranje dokumentacije za opasne materije u skladu sa nacionalnim i međunarodnim propisima. Suvi led i litijumske baterije prestavljaju opasne materije koje se najčešće prenose FedEx-om. Prenos suvog leda će biti objašnjen u nastavku ovog rada.

Opasne materije koje su u suprotnosti sa propisima na bilo koji način, su neprihvatljive za prenos. Pored toga, ovde su neki primeri drugih opasnih materija koje nisu prihvatljivi preko FedEx Express usluga (http://www.fedex.com/ca_english/services/-addservopt/ dangerousgoods, 14.07.2017.).

- Prenos opasnih materija u ili iz lokacije na kojoj usluga opasnih materija nije dostupna;
- Radioaktivni materijal sa transportnim indeksom većim od 10;
- Eksplozivi, osim podklasa 1.4;
- Opasan otpad (uključujući medicinski otpad);
- Podlasa 6.1 (otrovne supstance);
- Otrovni gasovi (podklasa 2.3);
- Infektivne supstance grupe rizika 4 (podklasa 6.2).

Vrlo male količine određenih opasnih materija se mogu prenositi kao „opasne robe u izuzetim količinama“. Mora da se zalepi etiketa opasne materije u izuzetim količinama. Listica opasnosti za izuzete količine je prikazana na slici 2. Ista pravila važe i za carinske propise pošiljki sa opanim materijama, kao i za sve ostale vrste pošiljki. Carinska dokumentacija je potrebna samo ako pošiljka ispunjava neophodne kriterijume bilo kog oblika.



Slika 2. Listica opasnosti za izuzete količine opasnih materija

3.2.1.Prenos suvog leda FedEx-om

FedEx daje određene povoljnosti pri prenosu suvog leda. Uz litijumske baterije suvi led je jedna od najčešćih opasnih materija koje prenosi FedEx.

Suvi led mora da bude u pakovanju, dizajnirnom i konstruisnom, da omogući oslobađanje ugljen dioksida i da se spreči nagomilavanje pritiska koji bi moglao da uništi ambalažu. Dobra čvrsta kutija je prihvatljiva. Stiropor je generalno neprihvatljivo spoljašnje pakovanje.

Deklaracija pošiljaoca opasnih materija nije potrebna kada se suvi led transportuje zajedno sa neopasnim pošiljkama ukoliko sadrži sledeće informacije tovarni list, a označen na spoljašnjoj strani paketa: suvi led, 9, UN1845, „_ Ks _ Kg“.

Suvi led se često koristi kao rashladno sredstvo kod pakovanja drugih opasnih materija kao što su „infektivne supstance“. Pod ovim okolnostima, deklaracija pošiljaoca opasnih materija je potrebna.

Paket mora biti označen sa imenima i adresama pošiljaoca i primaoca. Može se napisati informacija direktno na kutiji ili da se zalepi nalepnica sa potrebnim informacijama na kutiji. Kako bi se osiguralo pravilno rukovanje opasnim materijama ne može se zahtevati FedEx pakovanje. Od pošiljaoca se traži da kupi svoje kontejnere za pakovanje opasnih materija.

3.3. Prenos opasnih materija UPS-om

UPS obezbeđuje avionske i površinske usluge prenosa opasnih materija do i iz Kanade i Sjedinjenih Američkih Država i avionske usluge u raznim zemljama širom sveta. UPS vrši međunarodni prenos opasnih materija samo do i od zemalja koje su odobrile takvu vrstu transporta. Pickup and delivery pružanje usluga je ograničena u nekim od odobrenih zemalja. Postoji lista zemalja gde je ova usluga odobrena na sajtu UPS-a. UPS pruža usluge prenosa opasnih materija korisnicima koji imaju ugovor sa UPS o prevozu opasnih materija (https://www.ups.com/content/ca/en/resources/ship/idg/index, 14.07.2017.).

Prenos opasnih materija je ugovorna služba koja zahteva od pošiljaoca da postupi u skladu sa internim zahtevima UPS, uključujući:

- Specifična obuka u svim potrebnim oblastima regulatornih zahteva opasnih materija prema IATA i TDGR (*Transportation of Dangerous Goods Regulations, TDGR*) propisima,
- Odobrenje da specifične robe i količine mogu da se uvrste u UPS,
- Potpisan ugovor sa UPS uređuju se nadležnosti prevoznika,
- Upotreba UPS softvera za isporuku i formatirana deklaracija pošiljaoca.

3.3.1.Prenos baterija (akumulatora) UPS-om

Kao što je već pomenuto, litijumske baterije spadaju u opasne materije koje se najčešće prenose, i često pošiljaoci nisu upućeni u opasnosti njihovog prenosa, zato UPS prilikom njihovog prenosa ima uopštenije odredbe načina obeležavanja, označavanja i pakovanja.

Kada se vrši prenos baterija ili akumulatora, svi terminali se moraju zaštititi od kratkih spojeva koji mogu dovesti do požara. Potpuna zaštitita terminala se vrši pokrivanjem sa nekim izolacionim, neprovodnim materijalom (npr. koristeći električnu traku ili obuhvatajući svaku bateriju pojedinačno plastičnom kesom), ili pakovanje svake baterije ili akumulatora da je u potpunosti ograđeno sa unutrašnjim pakovanjem, kako bi se osigurali izloženi terminali.

Pakovanje baterija mora biti tako da spreči bilo kakvo oštećenje, a da ih zaštiti od pomeranja u toku rukovanja. Metalni predmeti ili drugi materijali koji mogu da dovedu do kratkog spoja se moraju držati dalje od baterija ili akumulatora (npr. korišćenjem zasebnih unutrašnjih kutija za baterije).

Da bi se sprečio požar, uređaji u koje su instalirane baterije ne treba da se uključuju za vreme prenosa. Zaštićeni prekidač se može slučajno aktivirati. Čak i vrlo jednostavni uređaji kao što su baterijske lampe ili punjive bušilice mogu da generišu veliku količinu toplote, ako se slučajno aktiviraju.

Nikada ne sme da se koristi vazdušni saobraćaj da se isporuči opozvana baterija od strane proizvođača, iz bezbednosnih razloga, jer takve isporuke su zabranjene Uredbom (tj. IATA propisima, Posebna odredba A154). Takođe, baterije ili akumulatori koji su za reciklažu ne sme da se šalju avionskim putem.

Postoji puno baterija i akumulatora koji su dostupni danas, dok su u transportu mnogi regulisani kao opasne materije koje mogu biti isporučene preko UPS-a samo od pošiljaoca koji imaju ugovor sa UPS-om. Vrste baterija koje prenosi UPS su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Vrste baterija koje prenosi UPS

ID broj	Ispravan naziv pošiljke i opis	Klasa opasnih materija
UN2794	Akumulatori, *„wet“* (vlažni), punjeni kiselinom	8
UN2795	Akumulatori, *„wet“*, punjeni bazama	8
UN2800	Akumulatori, *„wet“*, nerasuti	8
UN3028	Akumulatori, *„dry“* (suvi), koji sadrže čvrst kalijum hidroksid	8
UN3090	Litijumske metalne baterije	9
UN3091	Litijumske metalne baterije koje se nalaze u opremi ili koje su upakovane sa opremom	9
UN3292	Akumulatori, sadrže natrijum	4.3
UN3480	Litijum-jonske baterije	9
UN3481	Litijum-jonske baterije koje se nalaze u opremi ili koje su upakovane sa opremom	9

3.4. Prenos opasnih materija Poštom Srbije

U Pošti Srbije prenos opasnih materija je regulisan Zakonom o poštanskim uslugama u unutrašnjem, i Konvencijom UPU, Pravilnikom o pismonosnim pošiljkama i Pravilnikom o poštanskim paketima u međunarodnom poštanskom saobraćaju. Zakon o poštanskim uslugama reguliše koje materije se mogu prenositi u unutrašnjem poštanskom saobraćaju, a koje su zabranjene opasne materije. Razvijena poštanska mreža, veliki vozni park, tehničko-tehnološki potencijali daju prednost Pošti Srbije u prenosu opasnih materija u unutrašnjem poštanskom saobraćaju. Međutim, u međunarodnom poštanskom saobraćaju delokrug delovnja privatnih operatora u prenosu opasnih materija je značajno veći jer na njih ne utiču akti Svetskog poštanskog saveza (Varjačić, 2015).

U Pošti Srbije je zabranjen prenos eksplozivnih, zapaljivih ili radioaktivnih materijala i drugih opasnih supstanci. Ubacivanje eksplozivnih, zapaljivih ili drugih opasnih supstanci, kao i radioaktivnih materijala se zabranjuje u svim kategorijama pošiljaka.

Pošta Srbije može da primi na prenos u unutrašnjem poštanskom saobraćaju samo one opasne materije čiji je prevoz u međunarodnom poštanskom saobraćaju dozvoljen odredbama Svetske poštanske konvencije, Pravilnika o pismonosnim pošiljkama i Pravilnika o poštanskim paketima. Poštanskim pošiljkama sa opasnim materijama mora da se odvojeno rukuje, a u toku prenosa one moraju da budu smeštene odvojeno od ostalih poštanskih pošiljki.

Izuzetno, supstance i materijali se uslovno primaju u sledećim slučajevima:

- Radioaktivni materijali poslati u pismonosnim pošiljkama i poštanskim paketima čiji su sadržaj i pakovanje u skladu sa propisima Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA), prihvataju se za slanje poštom uz prethodno odobrenje nadležnih organa zemlje porekla, pod uslovom da radioaktivnost pošiljke ne prelazi deseti deo dozvoljene radioaktivnosti, navedene u Tabeli 3 – Gornje granice radioaktivnosti za posebna pakovanja, na osnovu spiska objavljenog u važećoj publikaciji IAEA TS-R-1.
- Biološke supstance poslate u pismonosnim pošiljkama, zarazne kvarljive biološke materije, ili za koje se razumno može pretpostaviti da su zarazne za čoveka ili za životinje, a koje ispunjavaju uslove u pogledu zaraznih materija kategorije B (UN 3373), moraju se označiti kao “Biological substance, category B” (Biološke materije, kategorija B).

- U svim vrstama poštanskih pošiljaka koje se prenose avionski (avio pošiljke i površinske pošiljke otpremljene avionom - S.A.L.) zabranjeno je slanje artikala koji sadrže litijumske baterije (igračke, telefoni, mobilni telefoni, laptop računari, notebook računari, tableti i drugi uređaji i aparati) i svih vrsta baterija zasebno (van artikla). Iz ove zabrane se izuzimaju poštanske pošiljke koje se prenose površinski (površinske pošiljke koje se prenose drumskim putem), osim u slučaju da drugačije nije navedeno propisima za svaku od država ponaosob.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA KONKURENTNOSTI POŠTANSKIH OPERATORA

Najširi spektar usluga u unutrašnjem poštanskom saobraćaju od poštanskih operatora pružaju UPS i DHL, koje su i vodeće svetske kompanije u ovoj oblasti prenosa. Ove kompanije imaju sertifikovane vozače i opremljena vozila za prenos opasnih materija što je jedan od preduslova ukoliko se koristi sopstvena flota. Kod Pošte Srbije to nije slučaj. Pošta Srbije nema opremljena vozila i vozače za prenos opasnih materija koje su iznad ograničene količine („limited quantity“). Dakle, Pošta Srbije, sopstvenim voznim parkom može vršiti prenos opasnih materija koje su u delokrugu „limited quantity“, odnosno ograničene količine, po propisima međunarodnih organizacija.

Privatni poštanski operatori DHL, FedEx i UPS već godinama unazad se bave prenosom opasnih materija i jedni su od vodećih učesnika u ovoj oblasti na međunarodnoj sceni. U ovom radu je pretežno prikazan prenos litijumskih baterija, što i zauzima posebno mesto u prenosu opasnih materija, zbog činjenice da pošiljaoci često nisu upoznati sa opasnošću prenosa litijumskih baterija. Privatni poštanski operatori imaju detaljne propise na svojim sajtovima kako bi olakšali svojim klijentima kako da postupaju u pogledu pakovanja, označavanja, obeležavanja litijumskih baterija. Privatni poštanski operatori svoje politike i prakse sa međunarodne scene „preslikavaju“, odnosno primenjuju u unutrašnjem poštanskom saobraćaju država u kojima imaju svoja predstavništva i gde vrše prenos opasnih materija. Druga najčeša usluga, iz ove oblasti prenosa, koja se javlja je prenos suvog leda.

Pošta Srbije može da ima bitnu ulogu u prenosu opasnih materija kako u unutrašnjem tako i u međunarodnom poštanskom saobraćaju. U unutrašnjem poštanskom saobraćaju Pošta Srbije ima prednost u odnosu na privatne operatore zbog razvijene mreže gde se vrši isporuka pošiljaka, robusnog transportnog sistema i mogućnosti projektovanja prilagođenih rešenja. Međutim, privatni poštanski operatori imaju prednost u odnosu na javne operatore na međunarodnoj sceni, zbog činjenice da na njih ne utiču propisi Svetskog poštanskog saveza. Dakle privatni poštanski operatori sami, u skladu sa svojim mogućnostima skladišta, transportnog sistema, mogu da proširuju dijapazon usluga prenosa opasnih materija.

Problem upoređivanja konkurentnosti poštanskih operatora u oblasti prenosa opasnih materija nastaje u međunarodnom prenosu, gde privatni poštanski operatori imaju ogromnu prednost u odnosu na Poštu Srbije, jer ne moraju da se pridržavaju propisa UPU. Ovo istraživanje govori i o nedovoljnom informisanju tržišta potrošača o uslugama prenosa opasnih materija preko poštanskih operatora. Privatni poštanski operatori kao što su DHL, FedEx i UPS ulažu u marketing kako bi pridobili poverenje što većeg dela korisnika. Sa druge strane, Pošta Srbije ne ulaže dodatne napore kako bi putem marketnig kanala reklamirala set usluga koji može da pruži u ovoj oblasti. Samim tim, dolazi do nezainteresovanosti u obuku kadra u postupke prenosa opasnih materija u pogledu pakovanja, obeležavanja, označavanja,

skladištenja i transporta. Pošta Srbije bi trebalo da pokuša da uđe na tržište prenosa opasnih materija i iskoristi svoju mrežu i poverenje klijenata kako bi u budućnosti ostala konkurentna i privatnim poštanskim operatorima koji su daleko ispred u ovoj oblasti prenosa pošiljaka.

5. DISKUSIJA

Jak aspekt istraživanja je budućnost prenosa opasnih materija kojih je sve više u transportu, kako međunarodnom, tako i domaćem. Pojavljuje se sve više kompanija čije su potrebe za transportom opasnih materija u međunarodnom transportu velike, i tu glavnu ulogu igraju privatni poštanski operatori, koji koriste sopstvenu flotu (avione i kamione) u pružanju ovih usluga. Samo u poslednjih par godina se otvorilo i tek treba da se otvori veliki broj kompanija čije su potrebe za ovakvim vidom prenosa neophodne.

Unapređenje u oblosti prenosa opasnih materija u poštanskom saobraćaju se može sprovesti na razne načine. Izmene u zakonu koje predviđaju proširenje spektra usluga prenosa kojima može da se bavi poštanski operator u ovoj oblasti kao i izmene u internim aktima preduzeća (u ovom slučaju Pošta Srbije). Kako bi se proširio spekar usluga prenosa u međunarodnom saobraćaju Svetski poštanski savez mora takođe da deluje proširenjem usluga prenosa na sve članice Saveza. Proširenje bi doprinelo „zdravijoj“ konkurentnosti Pošte Srbije u odnosu na privatne operatore. Ulaganje u obuku kadrova, pre svega vozača i opremanje vozila odgovarajućim sredstvima (listicama opasnosti, aparatima, sigurnosnim kaiševima, peskom, itd.) može da unapredi razvoj ove usluge kod poštanskih operatora, posebno kod Pošte Srbije. Treći aspekt unapređenja bi obuhvatio ulaganje u marketinške kampanje i reklamne poruke, kako bi se podigla svest kod klijenata o mogućnostima prenosa opasnih materija.

Ovaj naučni rad predstavlja samo deo istraživanja na temu pružanja usluga iz oblasti prenosa opasnih materija u poštanskom saobraćaju. Potrebno je da se uloži još napora u istraživanje ove oblasti u pogledu pakovanja, skladištenja, obeležavanja, označavanja i transporta opasnih materija, kao i rizika vezane sa ovom aktivnošću, kako bi se izbegle havarije koje mogu nastati prilikom prenosa. Standardizacija svih ovih segmenata prenosa je veoma važna.

6. ZAKLJUČAK

Pošti Srbije nije fokus na prenosu opasnih materija. Pošta Srbije se poslednjih godina usresređuje na davanje finansijskih usluga i na unapređenju ove oblasti poslovanja kako bi ostala konkurentna bankama, kao i na davanju univerzalne poštanske usluge, na kojoj Pošta Srbije ima monopol. Prenos opansih materija u Srbiji je češće predmet privatnih operatora koji su pomenuti u ovom radu zbog njihove prakse i naprednosti u davanju logističkih usluga u odnosu na Poštu Srbije.

Pošta Srbije pokušava da ostane konkurentna u procesima prenosa opasnih materija u odnosu na privatne operatore. U Srbiji se pre svega misli na DHL koji vrši prenos opasnih materija. Velika flota vozila namenjih za prenos opasnih materija, stručni kadar i međunarodno iskustvo čini DHL glavnim učesnikom u prenosu opasnih materija u unutrašnjem poštanskom saobraćaju, ali i u međunarodnom poštanskom saobraćaju. Kao jedno profitabilno preduzeće, koje godinama unazad posluje sa prihodom, Pošta Srbije ima sredstava da unapredi oblast

pružanja usluge prenosa opasnih materija. Pošta Srbije mora da teži da pruži visokokvalitetnu i pouzdanu uslugu prenosa opasnih materija uz visok stepen zadovoljstva korisnika.

Da bi postala jedan od značajnih učesnika u ovoj oblasti, Pošta Srbije mora da ima dobro obučeni kadar u prenosu opasnih materija i da proširi bazu korisnika koji zahtevaju usluge prenosa opasnih materija. Pošta Srbije polako razvija i oblast logističkih usluga, gde pružaju mogućnosti skladištenja opasnih materija, ambalažiranje i etiketiranje (obeležavanje) pošiljaka. Sve ove usluge su predmet dodatnih troškova. Pošta Srbije treba da ide korak napred i pokuša da razvije *Pickup and delivery* uslugu, koju privatni operatori pružaju svojim korisnicima, kako bi ravnopravno učestvovala u prenosu opasnih materija. Ovo su samo neke od budućih tendencija razvoja prenosa opasnih materija u poštanskom saobraćaju.

7. LITERATURA

DHL Srbija. Vodič za slanje opasnih materija. Preuzeto 10. jula 2017, sa http://www.dhl.rs/sr/express/shipping/shipping_advice/dangerous_goods

Službeni glasnik RS. Zakon o poštanskim uslugama. br.18/5 i 30/10, 2014.

FedEx Corporation. Dangerous goods. Preuzeto 14. jula 2017, sa http://www.fedex.com/ca_english-/services/addservopt/dangerousgoods

Universal Postal Union. (2015) Universal Postal Convention. 17-18.

Universal Postal Union, International Mailing of Dangerous Goods by Air. Preuzeto 29. jula 2017, sa http://www.upu.int/en/activities/postal-security/dangerous-goods

United Parcel Service of America. UPS Guide for Shipping International Dangerous Goods. Preuzeto 14. jula 2017, sa https://www.ups.com/content/ca/en/resources/ship/idg/index

Varjačić, A. (2015). Prenos opasnih materija u poštanskom saobraćaju. Master rad. Beograd: Saobraćajni fakultet.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

MOGUĆNOSTI PRIMENE IQOS SISTEMA I MOBILNIH APLIKACIJA U POŠTI SRBIJE*

THE POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE IQOS SYSTEM AND MOBILE APPLICATIONS IN THE POST OF SERBIA

Jasmina Musić[a], Aleksandar Čupić[a], Mladenka Blagojević[a], Đorđe Popović[b]

[a]*University of Belgrade - The Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd, Serbia, musicjasmina.lela@gmail.com, a.cupic@sf.bg.ac.rs, m.blagojevic@sf.bg.ac.rs*

[b]*Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, djpopovic@riteugljevik.com*

***Apstrakt**: Kompanije koje svoje poslovanje temelje na pružanju usluga često se suočavaju sa problemima dugih redova. Čekanje u redovima izaziva nervozu kod korisnika i kod zaposlenih, a to utiče na produktivnost i kvalitet pružanja usluga. Kada govorimo o poštanskim operatorima, klijenti očekuju brzu i kvalitetnu uslugu, tako da operator u svakom trenutku mora da zadovolji zahteve korisnika. U radu je opisana primena IQOS (Information and Queue Organization System) sistema u Pošti Srbije u cilju smanjenja gužvi, povećanja broja opsluženih klijenata, kao i smanjenja prosečnog zadržavanja korisnika. Upoređivan je nov sistem za opsluživanje korisnika sa starim i izdvojene su prednosti i mane novog sistema. Vršeno je istraživanje o tome koji broj korisnika poštanskih usluga podržava primenu ovih sistema, kao i kakve rezultate izaziva primena mobilnih aplikacija u Pošti Srbije. Na osnovu rezultata prikazanih u radu može se zaključiti da se primenom IQOS sistema može uticati na povećanje broja korisnika i njihovo zadovoljstvo, kao i efikasniju iskorišćenost resursa koja dovodi do smanjenja vremena opsluge, što predstavlja jedan od najznačajnih doprinosa rada.*

***Ključne riječi:** poštanski operator, redovi čekanja, IQOS, mobilne aplikacije*

***Abstract**: Companies whose entrepreneurship is based on providing services often face with problem of long queues. Queuing can cause nervousness of customer and employees and affects the productivity and quality of service. When we speak of postal operators, customers expect fast and efficient service and operator must meet customer requirements. This paper describes the use of IQOS (Queue Information and Organization System) at the Post of Serbia in order to reduce row, increase the number of served clients, as well as reducing the average customer retention. In paper authors made comparison of the new and old system for serving customers and pointed out the advantages and disadvantages of the new system. Also, was conducted a survey on how many users of postal services supporting the implementation of these systems. The results obtained by potential use of mobile applications in the Post of Serbia are also recognized in paper. Based on the results presented in the paper it can be concluded that using of the IQOS system can increase the number of users, customer satisfaction and more efficient utilization of resources, which leads to a reduction in service time which is one of the most significant contributions of the paper.*

***Key words:** postal operator, queues, IQOS, mobile applications*

1. UVOD

Sistemi masovnog opsluživanja, pa samim tim i sistemi redova čekanja, su najpogodniji modeli za proučavanje karakteristika saobraćajnih sistema, kao što je navedeno u radu

* ***Pregledni rad***

(Begović i Šarić, 1991). Analiza redova čekanja (poznata i kao teorija redova ili teorija masovnog opsluživanja) pojavila se u prvoj deceniji dvadesetog veka zahvaljujući danskom matematičaru A. K. Erlangu. Pod teorijom redova čekanja podrazumeva se skup statističkih zakonitosti i teorema koje obrađuju probleme vezane za čekanje korisnika u redu sa ciljem realizacije neke usluge. Redovi čekanja su analizirani i obrađivani u mnogobrojnim naučnim radovima, a samo neki od njih su: Klebečko (2012) bavi se redovima čekanja i njihovom primenom; Japundžić (2011) se bavi simulacijom redova čekanja; knjiga autora Kleinrock (1975); knjiga autora Arnold (1990); rad autora Gross i Harris (1998); knjiga autora Taha (2003) i mnogi drugi radovi i udžbenici.

IQOS (Information and Queue Organization System) je sistem za elektronsku kontrolu redova čekanja i pružanje informacija korisnicima i radnicima u šalter salama. Priroda sistema potiče iz prirode sistema masovnog opsluživanja (sistema redova čekanja). IQOS predstavlja tehničko rešenje za duge redove u čekaonicama i omogućava klijentima i službenicima radnu atmosferu bez gužve, stresa, kao i visoko tehnološki organizovan način obavljanja posla sa ravnomernom raspodelom posla među radnicima. Sistem omogućuje smanjenje gužve i stresa u čekaonicama uz pružanje informacija korisnicima, a razvijeni su i dodatni softverski moduli i usluge (SMS obaveštenja). Elementarni delovi IQOS sistema su korisnički pult/terminal (namenjen izdavanju rednih brojeva klijentima, kao i pružanju informacija klijentima uz mogućnost štampanja delova obaveštajnog materijala), ekran osetljiv na dodir, šalterski terminal, upravljačka konzola, centralni displej, centralni računar (http://www.mihailovicsoft.rs, 14.07.2017.).

Sistem za administriranje redova nalazi svoju primenu u svim ustanovama i institucijama koje imaju šalter sale ili čekaonice u kojima manji ili veći broj klijenata čeka na neku uslugu (domovi zdravlja, policijske uprave, banke, pošte, opštinske i gradske institucije). Sistem je u potpunosti modularan tako da on jednako dobro funkcioniše bez obzira da li u prostoriji postoji tri ili trideset i više šaltera.

U radu koji sledi izvršeno je istraživanje o tome koji broj klijenata poštanskih usluga podržava primenu IQOS sistema kao sistema za unapređenje redova čekanja, kao i koliko klijenata podržava primenu ovih sistema u kombinaciji sa mobilnim aplikacijama. Primenom IQOS sistema povećava se kvalitet usluge u smislu da klijenti ne moraju čekati na opslugu u redovima, već mogu doći u vreme njihove opsluge koje je definisano na prethodno izvučenom tiketu. Dodatno, primenom mobilnih aplikacija moguće je rezervisati virtuelni broj u jedinici poštanske mreže, kao i dobiti procenjeno vreme čekanja na opslugu bez prethodnog izvlačenja tiketa. Ukoliko se u blizini klijenta nalazi neka druga jedinica poštanske mreže, moguće je uporediti vreme čekanja u jednoj i drugoj i na osnovu toga doneti odluku u koju je bolje otići.

U istraživanju je izvršeno nekoliko simulacija u kojima su upoređena vremena čekanja u redovima sa i bez primene mobilnih aplikacija. Cilj je da se primenom mobilnih aplikacija smanji vreme čekanja. Simulacije su izvršene u softverskom paketu MATLAB.

2. POSTAVKA PROBLEMA ISTRAŽIVANJA

Redovi čekanja za koje se IQOS sistem koristi se formiraju na dva načina:

- formira se zajednički red čekanja,
- formiraju se nezavisni redovi gde korisnici biraju prvi slobodan šalter, a ukoliko takav ne postoji, onda se bira kraći red (Radenković i dr., 2004).

U istraživanju koje sledi posmatran je javni poštanski operator Republike Srbije, tj. JP Pošta Srbije. U slučaju ispitivanja broja korisnika opsluženih u nekom od prethodno pomenutih redova čekanja i iskorišćenosti šaltera u radu je korišćen programski jezik GPSS. Vršeno je simuliranje jednog i drugog navedenog slučaja formiranja redova čekanja, pri čemu je generisanje korisnika definisano ekponencijalnom raspodelom iz razloga što se ne može predvideti nailazak korisnika. Srednje vreme nailaska korisnika je 150s, srednje vreme opsluge je 200s i ono je, takođe, definisano ekponencijalnom raspodelom iz razloga što vreme opsluge nije konstantno. Simulirano je radno vreme od 8h. Rezultati simulacije su prikazani u tabeli 1:

Tabela 1. Rezultati simulacije

Vrsta reda	Zajednički red	Nezavisni redovi
Broj opsluženih korisnika	210	194
Iskorišćenost šaltera	93%	86%

Na osnovu rezultata simulacije zaključujemo da je i broj opsluženih korisnika, kao i procenat iskorišćenosti šaltera, veći u slučaju zajedničkih redova.

Analizirajući jedinice poštanske mreže za pružanje usluga korisnicima zaključeno je da jedinice koje su locirane u većim gradovima shvataju značajnost i prednost zajedničkih redova čekanja. Međutim, one jedinice koje su locirane u manjim gradovima još uvek nisu uvidele taj značaj. Ukoliko poštanski operator želi da poveća broj opsluženih korisnika i smanji vreme trajanja opsluge, što za posledicu ima zadovoljnije korisnike, svakako treba da obrati pažnju na način formiranja redova. U nastavku slede opisi istraživanja koja se odnose na pomenutu problematiku.

2.1. Prihvatanje primene IQOS sistema

U radu je predstavljeno istraživanje o tome koliko korisnika podržava primenu IQOS uređaja. Istraživanje je sprovedeno u dva grada, u Beogradu i Prijepolju. Ovo istraživanje nije sprovedeno online već su ispitani aktivni korisnici poštanskih usluga. Sprovedena je anketa u kojoj je ispitano 50 aktivnih korisnika. Starosna struktura učesnika u anketi je različita (od 20 do 65 godina). Mlađa starosna struktura je bila više zastupljena u Beogradu nego u Prijepolju. Rezultati sprovedenog istraživanja su pokazali da postoje različita interesovanja korisnika za uvođenje novog sistema u zavisnosti od područja gde bi sistem bio implementiran. Uvođenje novog sistemu u Beogradu bi podržalo 54% ukupnog broja ispitanika, dok bi u Prijepolju uvođenje sistema podržalo 38% ispitanika. I pored činjenice da ispitivanje nije izvršeno u većem broju gradova dobijeni su očekivani rezultati u pogledu sklonosti korisnika ka promenama u manjim u odnosu na veće gradove. Stoga bi u narednom periodu strategija Pošte Srbije kao organizacije trebalo da bude usmerena ka promovisanju novih vrsta usluga korisnicima u manjim sredinama, kako bi se podigla svest o korišćenju novih tehnologija. Za početak bi trebalo izvršiti reorganizaciju korišćenja šaltera i uvesti sistem zajedničkog reda, a to bi bila dobra platforma za uvođenje IQOS uređaja.

Primenom IQOS uređaja korisnici dobijaju informaciju o proceni vremena koje je potrebno za njihovu opslugu. Stoga bi korisnici, znajući kada će biti opsluženi, imali mogućnost da napuste jedinicu poštanske mreže i da dođu u vreme koje je predviđeno za njihovu opslugu. Na ovaj način bi se smanjile gužve u Pošti, a zadržao broj opsluženih korisnika. Kao benefit ovog vida usluge treba očekivati povećan broj novih korisnika

zahvaljujući manjim gužvama. Time bi broj korisnika koji čekaju na opslugu bio gotovo uniforman tokom celog dana.

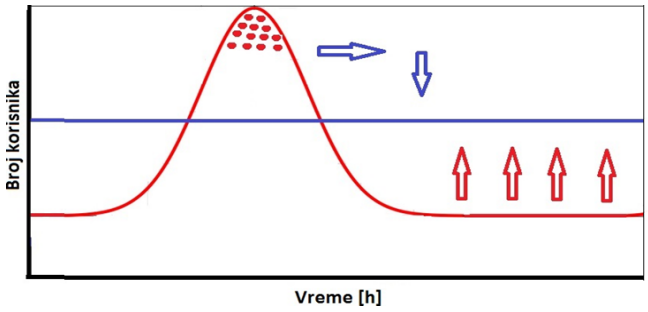
Da bi se potvrdila značajnost predloženog sistema sprovedeno je online istraživanje o tome koliko bi korisnika odustalo od opsluge u Pošti ukoliko bi na papiru (tiketu), na kojem dobijaju broj i prosečno vreme čekanja na opslugu, pisalo da će čekati 15-20 min. Rezultati istraživanja pokazuju da bi 44% korisnika odustalo, a 56% bi ostalo u redu. Na ovaj način bi se korisnici osetili „slobodnijim“ jer ne bi morali čekati u redu ukoliko imaju neke druge obaveze i, naravno, bili bi zadovoljniji primenom novog sistema. To bi moglo da utiče na povećanje broja korisnika zbog navedenog slobodnijeg pristupa čekanja na opslugu.

2.2. Primena mobilnih aplikacija u Pošti

Veliki broj uslužnih kompanija koje posluju sa velikim brojem korisnika suočava se sa problemima dugih redova. Sve to stvara veliku netrpeljivost i nervozu kod korisnika, ali i kod zaposlenih, što rezultuje smanjenju produktivnosti. Sa istim problemom se suočavaju poštanski operatori. Sve je veći broj nezadovoljnih korisnika zbog čekanja u redovima.

Cilj ovog istraživanja je da se pokaže da je primenom mobilnih aplikacija moguće smanjiti dužinu redova u jedinicama poštanske mreže. To bi rezultovalo povećanjem broja novih korisnika, kao i rastom njihovog zadovoljstva pruženom uslugom. Ciljna grupa je mlađa populacija jer oni najmanje koriste usluge Pošte. Oni bi, zapravo, bili potencijalno novi korisnici. Aplikacija podrazumeva postojanje IQOS sistema u Pošti kako bi se u svakom trenutku posedovala informacija koliko korisnika čeka na opslugu. Dalje bi se ti podaci prenosili na server koji bi bio dostupan svim korisnicima preko mobilne aplikacije. Na taj način bi korisnici imali uvid o dužini reda i prema tome donosili odluke o vremenu dolaska u Poštu. Ukoliko nekom korisniku nije hitno da dođe u periodu velike gužve, on će doći u nekom drugom intervalu što za posledicu ima smanjenje gužvi.

Sistem bi, takođe, zadržao isti broj korisnika, samo što bi se oni opsluživali na način koji bi se mogao predstaviti uniformnom raspodelom (plava boja na slici 1.) tokom celog radnog dana. Ovo je vrlo važno za Poštu zato što bi na ovaj način svi šalteri bili podjednako iskorišćeni tokom radnog vremena. Dosadašnja istraživanja pokazuju da raspodela ljudi koja dolazi u Poštu odgovara Gausovoj raspodeli (crvena boja na slici 1.) što nikako nije dobro za pravilnu iskorišćenost resursa zbog toga što će u slučaju velike gužve svi šalteri biti maksimalno iskorišćeni, ali kasnije se neki od šaltera uopšte neće koristiti. Cilj aplikacije je da korisnike uniformno raspodeli koliko god je to moguće. To znači da bi korisnici koji putem aplikacije znaju da je trenutno gužva u Pošti došli kasnije i na taj način ne bi dozvolili neravnomernu iskorišćenost šaltera.



Slika 1. Gausova i uniformna raspodela broja korisnika u toku radnog vremena

Ovo bi, takođe, bio veoma dobar podatak za Poštu jer bi se na taj način vršio monitoring nad brojem korisnika i donosila odluka da li je potrebno otvoriti novi šalter ili ne. Ova informacija je jako bitna jer u slučaju uniformne raspodela i daljeg postojanja gužvi jedino rešenje bi bilo otvaranje novog šaltera.

Kada je reč o otvaranju novog šaltera vrlo je važno da raspodela korisnika ne odgovara Gausovoj raspodeli po kojoj bi u određenim vremenskim intervalima imali velike gužve, a kasnije ne. To bi značilo da novootvoreni šalter radi samo u intervalima velike gužve, tj. da je samo tada iskorišćen, što za Poštu nikako nije dobro zbog troškova takvog radnog mesta. Zato je važno da raspodela bude uniformna ili bar približno uniformna tokom celog dana. Takođe, na ovaj način se dobija informacija da li treba zatvoriti neki šalter. Ukoliko bi se aplikacijom postigla uniformna raspodela, broj opsluženih korisnika bi bio veći nego u slučaju Gausove raspodele. Ideja aplikacije je da se zahvaljujući informaciji o trenutnom broju korisnika na šalterima taj broj uniformiše što bi kao posledicu imalo efikasniju iskorišćenost šaltera, a samim tim i veći broj opsluženih korisnika.

Još jedna od prednosti primene ove aplikacije je statistika koja govori o tome koliko korisnika se opslužilo na mesečnom nivou, ali i informacija kada je intenzitet nailaska korisnika bio najveći, te da se shodno tome raspodeljuju resursi. Upotreba aplikacije pruža mogućnost povlačenja virtuelnog broja za Poštu prema izboru korisnika, obaveštava korisnika o tome koji je na redu i SMS-om ga obaveštava kada se približi vreme za njegovu opslugu. I to utiče na smanjenje gužvi i postizanje uniformne raspodele. Sprovedeno je online istraživanje koje pokazuje koliki procenat mladih bi koristio mobilne aplikacije i dobijeni su podaci da bi čak 80% ispitanih koristilo aplikaciju. To za posledicu ima mogućnost povećanje broja korisnika sa jedne strane, a sa druge strane smanjenje gužvi i postizanje uniformne raspodele.

3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI PRIMENE IQOS SISTEMA I MOBILNIH APLIKACIJA

IQOS sistem omogućava generisanje broja za svakog novog korisnika i formiranje reda u skladu sa dolaskom/apliciranjem korisnika. Dodatno, korišćenjem mobilnih aplikacija korisnicima je omogućeno povlačenje virtuelnog broja na osnovu koga dobijaju informaciju o vremenu dolaska u Poštu kako bi se izbegla duga čekanja.

U primeru se posmatra sistem od N=20 korisnika, pri čemu u Pošti postoji Ns=3 šaltera. Procenat korisnika koji koriste mobilne aplikacije je menjan u opsegu od 10% do 40% sa korakom 10% od ukupnog broja korisnika. Kako bi uporedili IQOS sistem i isti sistem sa upotrebom aplikacije izračunato je prosečno vreme čekanja na opslugu odvojeno za sledeća dva slučaja: slučaj 1. prosečno vreme čekanja kada 10%, 20%, 30% i 40% od ukupnog broja korisnika koristi aplikaciju, slučaj 2. prosečno vreme čekanja kada ti isti korisnici ne bi koristili aplikaciju.

Za slučaj kada korisnici ne bi koristili aplikaciju ovo vreme se izračunava na sledeći način:

$$Ts = \sum_{i=1}^{Na} To(i) * ceil\left[\frac{Rbk(i)-1}{Ns}\right] * \frac{1}{Na} \quad (1)$$

gde je:

To - vreme opsluge posmatrano kao slučajno izabrana vrednost (random) u opsegu od 3-5 min, različito za svakog korisnika

Rbk - slučajno izabrani (random) redni brojevi korisnika koji bi potencijalno koristili aplikaciju u opsegu od 1 do N

Ns - broj šaltera

Na - ukupan broj korisnika koji bi potencijalno koristili aplikaciju

ceil - ceo deo.

Prosečno vreme čekanja u slučaju kada bi korisnici koristili aplikaciju izračunava se kao:

$$Ts = \sum_{i=1}^{Na} Tap(i) * \frac{1}{Na} \quad (2)$$

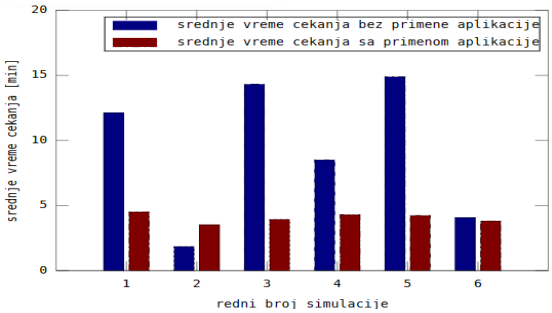
gde je:

Tap(*i*) - slučajno izabrano vreme čekanja korisnika *i* u slučaju kada se koristi aplikacija. Ovo vreme predstavlja slučajno izabran broj u opsegu od 3-5 min, različito za svakog korisnika. Razumno je predpostaviti da korisnici, iako koriste aplikaciju, dolaze nekoliko minuta pre opsluge. IQSS će proceniti vreme koliko je potrebno da N-ti korisnik dođe na red za opslugu, ali mora uzeti neku marginu pri proceni da se ne bi desilo da korisnik dođe do Pošte, a da je njegov broj već izabran.

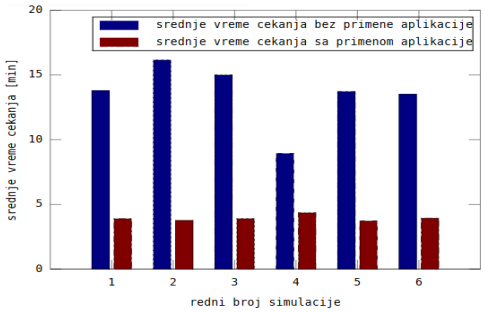
U tabelama i slikama od 2 do 5 predstavljena su srednja vremena čekanja kada 10%, 20%, 30%, 40% korisnika koristi aplikaciju, respektivno. Takođe, u tabelama je dato srednje vreme čekanja korisnika bez primene mobilne aplikacije. Simulacija se izvršena šest puta za svaki scenario čime je omogućeno da se prilikom izračunavanja srednjeg vremena čekanja koriste različiti redni brojevi korisnika, što u velikoj meri odgovara realnoj situaciji. Drugim rečima, za slučaj kada, npr., 10% korisnika koristi aplikaciju, simulacija se izvršava šest puta sa slučajnim rednim brojevima dva korisnika (npr. 2-4, 7-11, 4-15, 8-19, 6-14, 3-7) i za svakog od njih se izračunava srednje vreme čekanja. Tako dobijena vremena se kasnije sabiraju i dele sa brojem izvršenih simulacija.

Tabela 2. Srednje vreme čekanja kada 10% korisnika koristi aplikaciju

Redni broj simulacije	1	2	3	4	5	6
Srednje vreme čekanja bez primene aplikacije [min]	13.12	1.84	14.32	8.15	14.89	4.06
Srednje vreme čekanja sa primenom aplikacije [min]	4.5	3.51	3.92	4.3	4.23	3.8



Slika 2. Srednje vreme čekanja kada 10% korisnika koristi aplikaciju



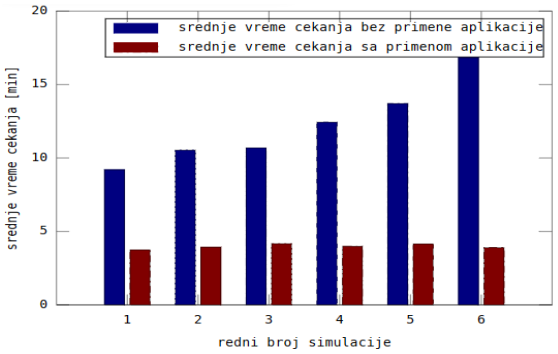
Slika 3. Srednje vreme čekanja kada 20% korisnika koristi aplikaciju

Tabela 3. Srednje vreme čekanja kada 20% korisnika koristi aplikaciju

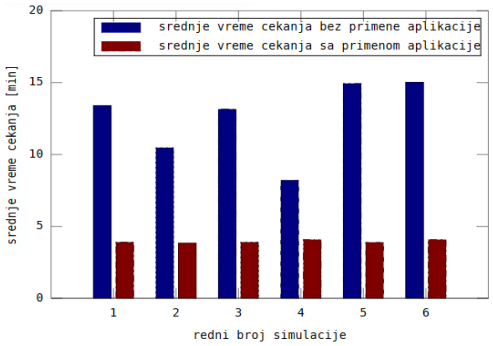
Redni broj simulacije	1	2	3	4	5	6
Srednje vreme čekanja bez primene aplikacije [min]	13.78	16.15	15	8.93	13.37	13.51
Srednje vreme čekanja primenom aplikacije [min]	3.89	3.57	3.9	4.35	3.72	3.62

Tabela 4. Srednje vreme čekanja kada 30% korisnika koristi aplikaciju

Redni broj simulacije	1	2	3	4	5	6
Srednje vreme čekanja bez primene aplikacije [min]	9.2	10.53	10.68	12.43	13.7	16.83
Srednje vreme čekanja primenom aplikacije [min]	3.74	3.92	4.16	3.98	4.14	3.9



Slika *4. Srednje vreme čekanja kada 3*0% korisnika koristi aplikaciju



Slika *5. Srednje vreme čekanja kada 4*0% korisnika koristi aplikaciju

Tabela 5. Srednje vreme čekanja kada 40% korisnika koristi aplikaciju

Redni broj simulacije	1	2	3	4	5	6
Srednje vreme čekanja bez primene aplikacije [min]	13.4	10.46	13.15	8.2	14.93	15.02
Srednje vreme čekanja primenom aplikacije [min]	3.9	3.83	3.9	4.08	3.88	4.08

Srednje vreme čekanja, sa i bez primene mobilne aplikacije, ukupnog broja korisnika N je određeno u sledećem primeru. Svi dobijeni rezultati ukazuju na prednosti korišćenja

mobilne aplikacije što se može videti kroz srednje vreme čekanja koje je u slučaju primene mobilne aplikacije od 0.79% do 33.78% kraće. Broj korisnika koji koriste aplikaciju je menjan od 10%-40% od ukupnog broja sa korakom od 10%. Redni brojevi korisnika koji koriste aplikaciju su slučajno birani od 1 do N.

Srednje vreme čekanja korisnika u slučaju kada ne koriste aplikaciju je izračunato primenom sledeće jednačine:

$$Tsnapl = \sum_{i=1}^{N} To(i) * ceil\left[\frac{Rbk(i)-1}{Ns}\right] * \frac{1}{N} \quad (3)$$

gde je:

To - vreme opsluge posmatrano kao slučajno izabrana vrednost (random) u opsegu od 3-5 min, različito za svakog korisnika

Rbk - redni broj korisnika

N - ukupan broj korisnika.

Srednje vreme čekanja korisnika u slučaju kada koriste aplikaciju je izračunato primenom sledeće jednačine:

$$Tsapl = \sum_{i=1}^{Na} Tap(i) * \frac{1}{Na} + \sum_{i=1}^{N-Na} To(i) * ceil\left[\frac{Rbk(i)-1}{Ns}\right] * \frac{1}{N-Na} \quad (4)$$

Srednja vremena čekanja za slučaj kada 10%, 20%, 30% i 40% koristi aplikaciju su predstavljeni tabelama 6-9, respektivno. Takođe, u tabelama je dato srednje vreme čekanja u slučaju kada korisnici ne bi koristili aplikaciju. Srednja vremena čekanja su izračunata za šest ponavljanja kako bi se obezbedili različiti (slučajno izabrani) redni brojevi korinika koji (ne)koriste aplikaciju. U tabelama je predstavljeno i smanjenje vremena čekanja izraženo u procentima (slika 6) koje je dobijeno sledećom jednačinom:

$$Smanjenje\ čekanja = \frac{Tsnapl-Tsapl}{Tsnapl} * 100\% \quad (5)$$

gde je:

Tsnapl - srednje vreme čekanja bez primene aplikacije

Tsapl - srednje vreme čekanja sa primenom aplikacije.

Tabela 6. Srednje vreme čekanja kada 10% korisnika koristi aplikaciju

Redni broj simulacije	1	2	3	4	5	6
Srednje vreme čekanja primenom aplikacije	10.08	11.18	9.54	10.58	11.37	9.95
Srednje vreme čekanja bez primene aplikacije	10.85	11.27	10.52	11.61	11.59	10.94
Smanjenje čekanja [%]	7.09	0.79	9.31	8.87	1.89	9.04

Tabela 7. Srednje vreme čekanja kada 20% korisnika koristi aplikaciju

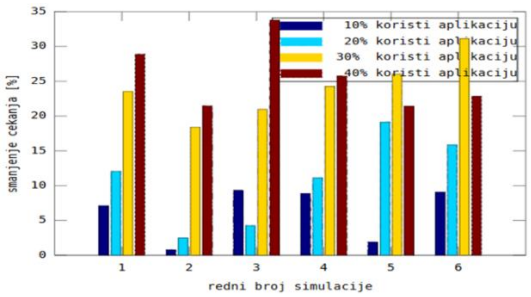
Redni broj simulacije	1	2	3	4	5	6
Srednje vreme čekanja primenom aplikacije	10.79	10.62	11.19	9.82	9.63	10.02
Srednje vreme čekanja bez primene aplikacije	12.27	10.89	11.69	11.05	11.91	11.91
Smanjenje čekanja [%]	12.06	2.48	4.27	11.13	19.14	15.86

Tabela 8. Srednje vreme čekanja kada 30% korisnika koristi aplikaciju

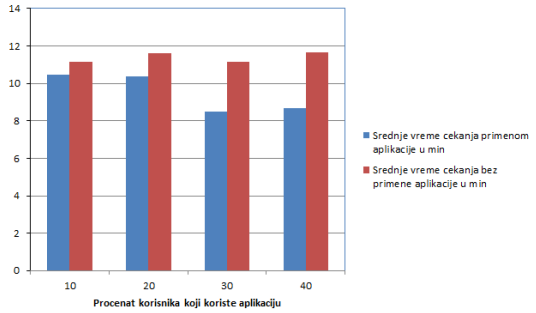
Redni broj simulacije	1	2	3	4	5	6
Srednje vreme čekanja primenom aplikacije	8.42	8.83	8.52	8.77	8.13	8.15
Srednje vreme čekanja bez primene aplikacije	11.01	10.82	10.76	11.58	10.99	11.83
Smanjenje čekanja [%]	23.52	18.39	20.96	24.27	26.03	31.11

Tabela 9. Srednje vreme čekanja kada 40% korisnika koristi aplikaciju

Redni broj simulacije	1	2	3	4	5	6
Srednje vreme čekanja primenom aplikacije	8.52	8.60	7.61	8.76	9.14	9.39
Srednje vreme čekanja bez primene aplikacije	11.98	10.95	11.49	11.80	11.63	12.17
Smanjenje čekanja [%]	28.88	21.46	33.78	25.76	26.03	22.84



Slika 6. Smanjenje srednjeg vreme čekanja kada 10% - 40% korisnika koristi aplikaciju



Slika 7. Srednje vreme čekanja sa i bez primene aplikacije za svaki scenario

Na slici 7 prikazano je srednje vreme čekanja za svih šest simulacija, usrednjeno brojem simulacija. Naime, sabrana su srednja vremena čekanja pojedinačno sa i bez primene aplikacije i podeljena brojem izvršenih simulacija. Takođe, pojedinačno su prikazana srednja vremena čekanja za slučaj kada 10%, 20%, 30% i 40% korisnika koristi aplikaciju. Sa slike se može uočiti da što je veći broj korisnika koji koriste aplikaciju srednje vreme čekanja se smanjuje.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata prikazanih u radu može se zaključiti da se primenom IQOS sistema može uticati na povećanje broja korisnika, zadovoljstvo korisnika, efikasniju iskorišćenost resursa koja dovodi do smanjenja vremena opsluge. Međutim, i u ovom slučaju nije moguće kontrolisati dolazak korisnika u Poštu, tj. vrlo je verovatno da ćemo u nekim delovima dana imati veću gužvu, a u nekim manju. Takav efekat nije dobar i on nepovoljno utiče na iskorišćenost šaltera. Primenom mobilne aplikacije, zahvaljujući kojoj bi korisnici imali uvid u trenutni broj korisnika koji čekaju u redu, se dodatno povećava prednost primene IQOS sistema. Sprovedena anketa pokazuje da bi 80% korisnika mlađe populacije koristilo aplikaciju. U tom slučaju broj opsluženih korisnika je veći za 20% u odnosu na standardni

IQOS sistem. Kroz rad je pokazano da se primenom IQOS sistema i mobilnih aplikacija smanjuje srednje vreme čekanja u redu. Tako, na primer, ukoliko bi 40% korisnika koristilo aplikaciju srednje vreme čekanja bi se smanjilo od 21%-34% u odnosu na srednje vreme čekanja bez primene aplikacije, što potvrđuje opravdanost uvođenja IQOS sistema kao mobilne aplikacije u eksploataciju.

Uvođenje sistema zahteva velike troškove i zbog toga se ciljevi daljeg istraživanja odnose na uvođenje sistema u manji broj jedinica poštanske mreže kako bi se došlo do zaključka kako korisnici reaguju na sistem i koliko su zadovoljni sistemom. Kasnije bi se, ukoliko bi zadovoljstvo korisnika raslo, postepeno uvodio sistem na teritoriji cele Srbije.

Korišćenjem IQOS sistema dobijaju se statistički podaci o prosečnom vremenu čekanja. Ovi podaci bi se dalje mogli koristiti za projektovanje programskog modela koji bi u potpunosti simulirao stvarni nailazak korisnika tokog celog radnog dana. Jedan od budućih planova bi svakako bio uvođenje mobilnih aplikacija na takav programski model gde bi u potpunosti dobijali sliku o tome kako bi se njihova primena sa virtuelnog programskog modela preslikala na realnu situaciju.

5. LITERATURA

Allen, A. (1990). Probability, Statistics, and Queueing Theory: With Computer Science Applications, Academic Press, Inc.

Begović, M., & Šarić, S. (1991). Sustavski pristup modeliranju s pomoću podvorbenih modela. *Promet*, vol. 3, br. 6, 311-316.

Gross, D. & Harris, M. (1998). Fundamentals of Queueing Theory, Wiley Series in Probability and Statistics, pp. 439.

http://www.advantech.com

http://www.mihajlovicsoft.rs

Japundžić, M. (2011). Simulacije redova čekanja. *Škola biznisa* broj 3/2011, 165-175.

Klebečko, E. (2012). Redovi čekanja i njihove primene, Master rad, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

Kleinrock, L. (1975). Queueing Systems, Volume I, Wiley Interscience

Radenković, B., Stanojević, M., & Marković, A. (2004). Računarska simulacija, Saobraćajni fakultet, Beograd

Taha, H. (2003). Operations Research: An Introduction, Volume 1, Prentice Hall

Vukadinović, S., & Popović, J. (2008) Matematička statistika, III izdanje, Beograd

Zenzerović, Z. (2005).Teorija redova čekanja, Pomorski fakultet u Rijeci

F-TELECOMMUNICATION TRANSPORT AND TRAFFIC

TELEKOMUNIKACIONI SAOBRAĆAJ

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

E-BUSINESS AND DIGITAL PROCESSES – BLOCKCHAIN IN INSURANCE*

Kari Perälä[a], Jukka Sirkiä[b,c], Liisa Kemppainen[b], Jukka Hallikas[b]
[a] *City of Imatra, Virastokatu 2, FI-55100 Imatra, kari.perala@imatra.fi*
[b] *Lappeenranta University of Technology, School of Business and Management, P.O. Box 20, Lappeenranta, FI-53851, Finland, liisa.kemppainen@student.lut.fi, jukka.hallikas@lut.fi*
[c] *Saimaa University of Applied Sciences, Business Administration, Skinnarilankatu 36, Lappeenranta, FI-53850, Finland, jukka.sirkia@saimia.fi*

***Abstract**: Digitalization is a global megatrend which affects all business fields and enables significant changes in different business processes. This article studies the opportunities provided by blockchain technology to modernize vehicle insurance processes. Smart contracts are particularly emphasized when it comes to the development of the insurance business. On the basis of the data sources referred to in the theoretical background of this article, the blockchain technology and the distributed ledger approach related to accounting offer an innovative way for decentralized and communal management of business process data in networks of different organizations. The insurance business consists of networks of different parties (customers, agents, insurance companies, reinsurers, repair shops, etc.). This produces additional costs, for example, through manual labor and overlaps between data management and case handling. From the accounting point of view, organizations perform work that does not produce any value and incur unnecessary costs. These costs reduce the profitability of companies. Customers cover additional costs through insurance premiums. When it comes to customer service, overlapping data saving and handling processes also cause delays and potential errors. The source material presented the risk of potential insurance fraud hidden inside the insurance business as a key observation. The empirical pilot project related to this study in the Schengen border between Finland and Russia offers new information and practical solutions for handling the documents required when crossing the border.*

***Key words:** Blockchain, distributed ledger technology, process disruption, insurtech, agility*

1. INTRODUCTION

The ongoing process of digitalization has been said to be as significant a change as industrialization was in the past (Frey and Osborne, 2013). According to Brynjolfsson and McAfee, (2014), "everything that can be digitized will be digitized and everything that can be automated will be automated." Digitalization sets a framework and enables changes to be successful. As a result, we can question existing operating methods and recreate them to be quicker, more flexible and more functional. With regard to business processes: payments, accounting, invoicing, orders and different distribution channels for products and services are facing major changes and significant development. On the basis of the data sources referred to in the theoretical background to this article, blockchain technology and the approach of the distributed ledger (Xu et al., 2016) related to accounting offer an innovative way for the decentralized and communal management of business process data in networks of different organizations. There is an analogy between blockchains and supply chain management (Korpela and Hallikas, 2017). The blockchain can hold any legal document, in its worldwide

* ***Review paper***

ledger. It enables smart contracts, decentralized autonomous organizations, decentralized government services, and transactions among things (Tapscott and Tapscott, 2016). In immaterial data processes (such as the insurance business), instead of a material stream, a data stream resulting from customer needs is transferred and is converted, during handling, into decisions that fulfill these needs – for example, into smart contracts in reference to the blockchain technology. According to Zsabo's definition from the 1990s, "a smart contract is computerized transaction protocol that executes the terms of a contract. The general objectives of smart contract design are to satisfy common contractual conditions (such as payment terms, liens, confidentiality and even enforcement), Related economic goals include lowering fraud loss, arbitration and enforcement costs, and other transaction costs." Blockchain technology has made smart contracts possible for single and multi-tranche transactions or document exchanges (Tapscott and Tapscott, 2016).

The insurance business is comparable to the financial business. In the insurance process, customers pay insurance premiums beforehand, the amount of which depends on the insured objects and their values. Insurance companies can distribute the risks of their customers and, therefore, use the insured objects to trade in securities, such as deposits and loans which are used in the financial sector. If a customer risk is realized in the insurance business, the insurance company will refinance the reactivation of the object or the consequences of the accident. The insurance business consists of networks of different parties (customers, agents, insurance companies, reinsurers, repair shops, etc.). This produces additional costs, for example, because of overlaps between data management and case handling. These reduce the profitability of companies. Customers always cover additional costs through their insurance premiums. When it comes to customer service, overlapping data saving and handling processes also cause delays. The source material presented the risk of potential insurance fraud hidden inside the insurance business as a key observation. How can insurance companies, some of which operate in geopolitically different countries, ensure that, for example, compensation for the breakdown of a single car is not claimed from other insurance companies, as well. The source material points out that the technology utilized by the insurance business (Insurtech) seems to follow the deployment of innovative technologies in the financial sector (FinTech) with a slight delay (Erman, 2017).

Blockchain technology is regarded as a breakthrough able to make processes safer and more democratic, transparent and efficient (European Parliament, 2016; EU, 2017). It enables various applications in several different fields (e.g. financial services, logistics, supply chain, delivery of social products, energy, IPR management, etc.). The EU, (2017) sees that the blockchain technology is only taking its initial steps, and it involves a set of challenges that need to be resolved, such as questions related to legal regulations, interoperability and scaling.

Using blockchains, data can be transferred quickly and at low cost, as no third parties are required (e.g. banks to transmit transactions between a buyer and a seller). This reduces the overall data handling costs. Similarly, innovative accounting firms will have a whole new playing field. According to the authors of this article, blockchain technology is based on a theory which, through innovation, simplicity and a high level of information security, represents an excellent vision of data architecture in a data processing environment – an idea which creates discontinuities in the operating architectures in the public sector and in business operations. A good operating architecture produces added value to customers and also to organizations.

2. METHODS

This article aims to answer the following research question: What added value can the blockchain technology produce in e-business? The goal of this study is to understand the blockchain technology. According to Reynolds, (2006), this paradigm is a radically new phenomenon and its conceptualization proposes a new research method or strategy and offers new solutions. This study aims to identify the complex and unclear blockchain phenomenon (Bryman and Bell, 2015). The design thinking method will be used as a working method in the experimental project of the blockchain solution. Design thinking integrates human, business, and technological factors in problem forming, -solving, and -design: Furthermore, essential element in a design thinking is end-user focus with multidisciplinary collaboration and iterative improvement to produce innovative products, systems, and services (Plattner et al, 2011). By applying the design thinking method, the aim is to achieve interim results during the piloting stage and to produce a customer-driven solution in the following steps (Liedtka, 2015; Kalugina and Safronova, 2017).

Step 1. Presenting blockchain operations to companies and setting goals

The aim is to engage Russian insurance companies and to build a reliable e-business network. During the piloting stage, the aim is to build a motor insurance database consisting of roughly 100,000 vehicles, to test it, and experiment with it using blockchain technology.

Step 2. Developing empathy

In the planning stage of the design thinking method, the aim is to achieve an empathic understanding of the problem to be solved in order to reach a deeper personal understanding of the questions related to the theme. The following methodical tasks are fulfilled during this step: an emotional interest to solve the problem and divergences to find a solution for targeted activities.

Step 3. Journey maps for users and agile prototyping

The project agilely builds the first application to be tested by customers. During this step, customer feedback is collected to identify any defects for the next development step.

Step 4. Presenting the project to customers. Evaluating feedback and the project.

During this step, the project's evaluation criteria are defined and analyzed. Finally, the impact of the solution on the efficiency of business processes is assessed. The goal is to develop frontier traffic and to streamline vehicle insurance processes.

3. THEORETICAL BACKGROUND

3.1. Blockchains, decentralized ledgers and smart contracts

In 2008, report “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” was published under the name Nakamoto, (2008). This idea is known as the blockchain concept. Nakamoto's publication led to the first blockchain solution, i.e. bitcoins. However, Nakamoto's publication does not refer to blockchains, but to chains of blocks. The currently used term blockchain is still attempting to find its place, but the underlying description of an IT idea and the implementation of the bitcoin application are based on Nakamoto's report. In a purely peer-to-peer version, payments can be sent in an electronic network directly from one party to another,

without any financial institutions in between (Nakamoto, 2008). Nakamoto, (2008) defines electronic cash as a chain of digital signatures. Each owner transfers a bit to the next in digital format by signing the distribution of the previous transaction and the public key of the next owner, and by adding them to the end of the bit. The payment recipient can check the signatures in order to verify the chain of ownership.

The current blockchain concept has three different meanings (Nakamoto, 2008).

1. Blockchain as a data structure
2. Blockchain as a technology stack
3. Blockchain as a social phenomenon

According to Deloitte, (2016), the blockchain technology, however, has potential applications, such as smart digital contracts. According to Swan, (2015), smart contracts are automatically initiated computer programs. Common versions of smart contracts include tacit contracts made with a vending machine. The content of the contract can be expressed as desired by the contracting parties. Smart contracts can interact with other contracts or, for example, send cash from one party to another once a specific contract clause has been fulfilled. The public goal of the Ethereum project is to decentralize the Internet. Its users maintain a network in which it is possible to maintain web pages, register contracts, set up polls, manage decentralized autonomic organizations – to do nearly everything that currently requires identification using banking credentials, public notaries, certification services or network service providers (Neittaanmäki and Ogbechie, 2016).

According to McKinsey, (2017), the advantages of blockchain technology in close cooperation between the insurance and financial sectors includes smart contracts and the payment of insurance compensation linked to those contracts. According to Hoffman et al., (1994), the success of an organization (in terms of profitability) comes from the joint effect of the external environmental factors faced by the company and its internal choices. Gerdin and Greve, (2000) also link the organizational structure firmly to the contingency concept. The organizational structure does not depend on factors tied to organizations: the environment, selected strategies or the size of the company. Therefore, there is no single structure that is suitable for all companies.

Blockchains and decentralized ledgers are often considered identical concepts. According to Puntix, (2017), this is not the case, even though these technological concepts have become intertwined in recent years. The technological concept of decentralized ledgers is associated with the decentralization of databases over different platforms, areas and parties. A centralized company-specific database is the opposite of this concept. What makes decentralized technologies attractive is that there is no intermediary in this solution. Similarly, companies that use decentralized ledgers apply this solution to the validation and authentication of business transactions in data exchange networks. In this solution, the final data record is only saved in the database after there is sufficient certainty between the parties involved, i.e. a mutual understanding. Similarly to blockchain technology, in decentralized ledgers, every record transferred to the database is provided with a timestamp and a separate cryptographic signature. All parties to the network can view all records in the database. Similarly, the technology includes a history of all data saved in the database, and this history can be audited and verified.

In reference to the aforementioned, it is easy to see why many consider blockchains and decentralized ledgers to be identical concepts. According to Puntix, (2017), blockchains only comprise a single distributed ledger solution, and it is represented by bitcoin and Ethereum solutions. Similarly, the blockchain concept refers to a solution in which blocks are chained, with each chain containing transaction records. Moreover, cryptographic signatures with hash technology allow these blocks to be chained and distributed to anyone and at any time, without needing to download any specific application. What makes blockchains particularly attractive is that they deal with more than simple data structures. A blockchain is made up of a blockchain, while distributed ledgers do not require this.

3.2. Academic discussion of the blockchain concept

According to Huhtinen, (2014), only a few academic studies have been conducted on bitcoins. These mainly approach the blockchain technology from a technological perspective, not from the perspective of economics. According to Madsen, (2013), the volume of bitcoin trading is low compared to trading in financial instruments. Madsen says that bitcoins have good applications, but so far they have not demonstrated to researchers of economics how the world revolves around them. Therefore, Madsen sees that bitcoins, together with their cryptographic approaches, are a technological innovation, not an economic one. In his study on the financial economy, Huhtinen (2014) also raises concern over trust in bitcoins. Therefore, Huhtinen says, in reference to Madsen, that bitcoins do not pose any threat to current financial instruments. In summary of the aforementioned, Madsen, (2013) firmly believes that bitcoins are more related to technology than to economics.

According to Coggine, (2017), the increasing need for blockchain experts has raised the blockchain technology to the focal point of certain leading universities in the United States. Stanford University offers courses in, for example, cryptographic currencies, blockchains, smart contracts and related applications. Berkley University and MIT also offer similar themes. Neittaanmäki and Ogbechie, (2016) studied whether blockchain technology could become a potentially disruptive technology. The technology may have advantages other than financial: they could be political, humanitarian or social. In their study, Neittaanmäki and Ogbechie, (2016) refer to Swan, (2016), according to whom blockchains may introduce micropayments and transfers between smart contracts alongside basic payments. These do not yet exist in current web environments.

Erman, (2017) examines FinTech from the point of view of open innovation and the impact of this technology on services offered in the financial sector. When it comes to the innovative blockchain technology, Erman's interview material revealed interesting development paths in the banking sector. For example, banks seem to focus on improving their cost efficiency rather than on radically improving their service range.

3.3. Blockchain solutions and the insurance business

The development of insurance business processes goes hand in hand with this research article. Therefore, the theoretical background focuses finally on blockchains in the insurance sector. According to McKincey, (2016), there are projects experimenting with the blockchain solution in the insurance business. These have developed proof-of-concept (POC) cases based on decentralized ledgers. Their aim has been to replace specific parts of traditional insurance processes to shorten the process cycle and to reduce the risks associated with insurance

processes. Initial cases revealed opportunities for business growth and for improved efficiency in business processes.

According to Hargrove, (2008), every function at the different process stages that does not produce added value reduces gross profit by eight cents per dollar. According to McKincey's report (2016), insurance companies are ready to test blockchain technology, even though its true benefits are still in the future. These benefits will come from cooperation over the entire network. According to Mavadiya, (2016), the insurance business seems, on the basis of general observations, to utilize new technology in reshaping its business processes with a slight delay. However, there is real demand for improving the management of large customers and specifically risky objects. These involve high volumes of data exchanged between agents, insurance companies, reinsurers and customers. Blockchains, or the principles of distributed ledgers, can offer a solution in that blockchains are similar to general ledgers. Transactions become unchangeable once a transaction has been registered and it no longer can be removed. In addition to having several copies, the integrity of the general ledger can easily be verified. Blockchains are shared by all parties involved. In other words, they are held by all, and not by any single party. As blockchains are shared, they are located in many locations at the same time and, therefore, everyone has their own copy. This increases flexibility. Engines that add timestamps to blockchains in computer records indicate the time when each data element was created, allowing the parties to see that they have not been changed after their creation. In general, insurance operators are often frustrated because different parties routinely maintain overlapping processes. This increases not only costs, but also delays in processing chains.

4. RESULTS

Blockchain technology has a strong group of supporters, particularly, in bitcoin networks. In addition, as part of digital business smart contracts and distributed ledgers offer valuable support for the development of a motor insurance database (Deloitte, 2016). The motor insurance business consists of networks of different parties (customers, agents, insurance companies, reinsurers, repair shops, etc.). This produces additional costs, for example, through manual labor and overlaps between data management and case handling. From the accounting point of view, processes carried out in different organizations have parts that do not produce any added value, causing additional costs. These costs reduce the profitability and ultimately end up being paid for by customers. When it comes to customer service, overlapping manual data handling and transmitting processes also cause delays and possibly errors. The source material also highlighted the potential risk of insurance fraud in the insurance business. In this development, the aim is also to decrease the number of insurance fraud.

An empirical aim is to engage Russian insurance companies and to build a reliable e-business network. During the piloting stage, the aim is to build a motor insurance database consisting of roughly 100,000 vehicles, to test it, and experiment with it using blockchain technology. In the world of blockchains, these automatic transaction chains are referred to as smart contracts. After a successful pilot project, the business model can be duplicated for other similar insurance solutions. The literary sources and the design thinking process helped us to identify opportunities for blockchain technology to build new and reliable vehicle insurance operations (Nakamoto, 2008; Neittaanmäki and Ogbechie, 2016). The validity of this research can be assessed on the basis of critical deduction approved by the scientific community and background assumptions (Järvensivu and Törnroos, 2010).

5. CONCLUSION

In conclusion, it can be said that the blockchain technology is not yet widespread in the world. The whole idea comes from the virtual currency of bitcoin. What added value can the blockchain technology produce in e-business? The findings of previous research do not give an explicit model for research on blockchain. By means of empirical research and by implementing the design thinking method, we have been able to identify the characteristics of the studied blockchain technology. Minimizing insurance fraud is an identified goal in the application of the blockchain technology. Analyzing the literary material, we have acquired new information for the research community. After the successful pilot project, the business model can be duplicated for other similar insurance solutions. In addition, when applying blockchain technology and its algorithms extensively to other parts of society, the research process requires further multidisciplinary research, in particular, from the viewpoints of legislation and taxation.

Blockchain technology can generate new growth, for example through the development of insurance products (through Internet of Things). The strength of blockchain technology has been seen in smart contracts. Smart contracts are part of blockchain technology because they guarantee strict confidence of all parties. Blockchain technology is innovated as it develops. There is still only little market for blockchain applications. Blockchains resemble decentralized accounting ledgers. Transactions and records cannot be changed or deleted as soon as they are written. Because of multiple copies integrity is easy to prove. This allows the participants to verify transactions inexpensively. Blockchains are common to all actors. No one alone controls the blocks. Blockchain technology can be integrated into multiple areas.

There are limitations to this study. However, these limitations can provide a basis for future research. This study consists of ongoing Blockchain pilot project between Finland and Russia. We believe that this study extends knowledge about blockchain technology and distributed ledgers. First, we need more empirically tested data about the networks of different parties. Second, it would be interesting to conduct a survey of insurance business. During the pilot project it becomes clear if Russian business customers want to attach insurance information to a cloud service database in Russia. European Parliament and EU are also interested in the research results and benefits of blockchain technology. Multidisciplinary research on smart contracts can produce new innovations for future needs.

6. REFERENCES

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. W. W. Norton & Company, New York.

Coggine, A. (2017). Which Universities Are Offering Blockchain Courses? Referenced 26.7.7.2017. Retrieved https://cointelegraph.com/news/which-universities-are-offering-blockchain-courses

Deloitte. (2016). Blockchain applications in Insurance. Referenced 27.7.2017. Retrieved from: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/Innovation/deloitte-uk-blockchain-app-in-insurance.pdf

Erman, C. (2017). Financial technologies effect on financial services from an open innovation perspective. Referenced 3.8.2017. Retrieved from: http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201701251311

Ethereum homepage. (2017). Referenced 11.8.2017. Retrieved from: https://www.ethereum.org/

Ethereum. (2016). Ethereum Smart contract. Referenced 21.4.2016. Retrieved from: https://www.ethereum.org/greeter

EU. (2016). EU call for proposals for developing blockchains and decentralised data architectures, EU, 5.2.2016. Referenced 11.8.2017. Retrieved from: https://ec.europa.eu/digital-singlemarket/en/news/eu-call-proposals-developing-blockchains-and-decentralised-dataarchitectures /

EU. (2017). Belgium-Brussels: European blockchain observatory and forum — setting up and running a European expertise hub on blockchain and distributed ledger technologies — SMART 2017/1130.21.7.2017. Referenced 11.8.2017. Retrieved from: https://etendering.ted.europa.eu/cft/cft-display.html?cftId=2636

European Parliament. (2016). European Parliament resolution of 26 May 2016 on virtual currencies, European Parliament. Referenced 11.8.2017. Retrieved from: http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&language=EN&reference=P8-TA-2016-0228

Hargrove, P. (2008). Straight-through processing: A best practice comes of age in the insurance industry. Referenced 1.8.2017. Retrieved from: http://www.jiops.com/04/2008/straight-through-

Hoffman, J. J., Carter, N. M., & Cullen, J. B. (1994). The Effect of Lag-Structure Identification When Testing for Fit. Organization Studies, 15:829-848.

Huhtinen, T-P. (2014). Bitcoin as a monetary system: Examining attention and attendance. Finance Master's thesis in Aalto University School of Business. Referenced 1.8.2017. Retrieved from: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/13667/hse_ethesis_13626.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Järvensivu, T., & Törnroos, J. (2010). Case study research with moderate constructionism: Conceptualization and practical illustration. *Industrial Marketing Management*, 39 (1), 100-108.

Bryman, A., & Bell, E. (2015). Business research methods. Oxford University Press, USA.

Frey, C.,& Osborne, M. (2013). The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation*? Oxford University Programme on the Impacts of Future Technology.*

Gerdin, J., & Greve, J. (2000). Fit as an explanation of misfit or Different forms of contingency fit in strategy-MAS- research – a critical review. Department of Business Administration (ESA) Örebro University.

Kalugina, E.,& Safronova, N. (2017). Forming Competences of Socially Responsible Management as a significant driver for professional development. *International May Conference on Strategic Management* – IMKSM17, May 19 – 21, 2017, 1-11. Bor, Serbia

Korpela, K., Hallikas, J., & Dahlberg, T. (2017). Digital Supply Chain Transformation toward Blockchain Integration. In Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences.

Liedtka, J., & Ogilvie, T. (2015). Designing for Growth: a design thinking tool kit for managers (Думай как дизайнер) Mann, Ivanov & Feber, Moscow, Russian Federation

Madsen, E. (2013). Why Isn't Bitcoin Interesting To Leading Economists? Referenced 2.8.2017. Retrieved from: https://www.forbes.com/sites/quora/2013/11/18/why-isnt-bitcoin-interesting-to-leading-economists/#3cafa97010d2

Mavadiya, M. (2016). Blockchain and Insurance: Partners in Crime? Referenced 3.8.2017. Retrieved from: http://www.bobsguide.com/guide/news/2016/Aug/12/blockchain-and-insurance-partners-in-crime/

McKinsey&Company. (2016). Blockchain in insurance—opportunity or threat? Referenced 1.8.2017. Retrieved from: http://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/blockchain-in-insurance-opportunity-or-threat

McKinsey&Company. (2017). Blockchain Technology in the Insurance Sector (Quarterly meeting of the Federal Advisry Committee on Insurance (FACI) Jan 5, 2017). Referenced 26.7.2017. Retrieved from:

https://www.treasury.gov/initiatives/fio/Documents/McKinsey_FACI_Blockchain_in_Insurance.pdf

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Referenced 1.8.2017. Retrieved from: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

Neittaanmäki, P., & Ogbechie, A. (2016). Blockchain – The Ultimate Disruption in the Financial System. University of Jyväskylä, *Publications of the Faculty of Information Technology*, 33/2016

Plattner, H., Meinel, C., Leifer, L. (2011). Design Thinking, Understand – Improve – Apply. Heidelberg, Springer.

Puntinx, J.P. (2017). Distributed Ledger Technology Vs Blockchain Technology. Referenced 1.8.2017. Retrieved from: https://themerkle.com/distributed-ledger-technology-vs-blockchain-technology/

Reynolds, P.D. (2006). Primer in Theory Construction.

Swan, M. (2015). Blockchain: Blueprint for a New Economy, O'Reilly Media, CA, USA

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). Blockchain Revolution: How the technology behind Bitcoin is changing money, business, and the world. Penguin.

Xu, X., Pautassso, C., Zhu, L., Gramoli, V., Ponomarev, A., Tran, A.B. & Chen, S. (2016). The Blockchain as a Software Connector. Proceedings of the 13th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA), April 2016

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

KRIPTOGRAFSKI ASPEKTI ZAŠTITE PODATAKA U RAČUNARSKIM MREŽAMA*

CRYPTOGRAPHIC ASPECTS OF DATA PROTECTION IN COMPUTER NETWORKS

Željko Stjepanović[a], Marko Krsmanović[b],

[a] *Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj 74 000, Bosna i Hercegovina, stjepanoviczeljko@yahoo.com*

[b] *Fond PIO Bijeljina, Bijeljina, Bosna I Hercegovina, krsmanovic@gmail.coml*

***Apstrakt**: Ulaskom u bespapirni svijet poslovanja, uvažavajući svjetski slogan „papir je mrtav“, značaj zaštite podataka i informacija u računarskim mrežama postaje neizbježan imperativ savremenog poslovanja. Aktuelnost teme ima poseban značaj u procesu edukacije zainteresovanih korisnika čiji je osnovni cilj podizanje bezbjednosti podataka. Razultati ovog rada treba da upoznaju učesnike u razmjeni podataka sa realnim opasnostima koje su prisutne u savremenom poslovanju, kao i mjerama zaštite koje treba preduzeti kako bi se obezbijedio siguran transfer podataka od pošiljaoca do primaoca. U okviru ovog istraživanja obrađene su veoma aktuelne teme kao što su kriptografski sistemi zaštite podataka u elektronskom poslovanju, uloga i značaj kriptografskih algoritama, kriptoanaliza i druge teme vezane za ovu oblast. Značaj zaštite podataka progresivno raste sa razvojem elektronskog poslovanja u internet okruženju.*

Ključne riječi: zaštita podataka, kriptografija, kriptoanaliza, elektronsko poslovanje

***Abstract**: Entering the paperless world of business and taking into account the world's slogan 'Paper is dead', the importance of data protection and information in comuter networks becomes inevitable necessity of modern business. Actuality of the research topic is of special importance in the education of stakeholders whose main goal is to raise the security of data. Results of this study should inform the data exchange participants with real dangers that are present in modern business as well as with protection measures to be taken to ensure the secure transfer of data from sender to recipient. In the framework of this study current topics such as cryptographic systems of data protection in e-business, role and importance of cryptographic algorithms, cryptanalysis and other topics related to this field have been discussed. The importance of data protection increases progressively with the development of e-business in internet environment.*

***Keywords:** data protection, cryptography, cryptanalysis, e-business*

1. UVOD

Kriptografija je nauka o prikrivanju informacionih sadržaja i onemogućavanju njihovog razumijevanja s ciljem sprečavanja njihove izmjene i upotrebe od strane neovlaštenih subjekata. Naziv potiče od grčkih riječi kriptos (*skriven*) i grafein (*pisati*). Moderna kriptografija počiva na teoriji brojeva, što znači da se svako slovo zakodira nekim brojem (*npr. ASCII3 kod*), a zatim se tako dobijeni broj nekom matematičkom funkcijom pretvara u neki drugi broj koji predstavlja šifrovani tekst. Nekom drugom (*inverznom*) funkcijom, ponovo se

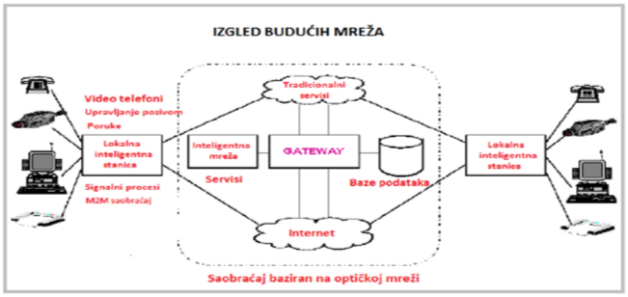
* ***Pregledni rad***

dobija polazni broj, odnosno polazni tekst. Savremena kriptografija se ne temelji na tajnosti algoritma, nego na tajnosti ključa. Kod moderne kriptografije, algoritmi za šifrovanje i dešifrovanje su opšte poznati, ali se tajnost postiže korišćenjem ključa. U slučaju otkrivanja ključa, ne treba mijenjati čitav sistem, dovoljno je samo odabrati novi ključ.

U okviru ovog rada prezentovani su osnovni kriptografski aspekti zaštite podataka i informacija u okviru računarskih mreža i njihov uticaj na stanje i perspektive daljeg razvoja informacionih sistema. Zato je zaštita informacija neophodna komponenta savremenog poslovanja koja na željeni nivo redukuje opasnosti vezane za laku dostupnost i brzu razmjenljivost ogromne količine podataka i informacija. Značajan dio elektronskih komunikacija u svakodnevnom životu, bilo da se radi o razmjeni elektronske pošte, korišćenju usluga elektronskog bankarstva ili pak o zaštiti tajnih informacija značajnih za bezbjednost zemlje, neophodno je zaštititi od neovlašćenog pristupa. Glavni fokus je na informacionoj sposobnosti koja će se koristiti za obezbjeđenje računarskih mreža (Like i Gregory, 2007). U ovom radu korišćene su različite naučne metode pomoću kojih je moguće identifikovati i objasniti uticaj kriptografije na zaštitu i bezbjednost podataka. Sve korišćene metode prilagođene su cilju, predmetu, kao i očekivanim rezultatima provedenog istraživanja. S obzirom na značaj zaštite podataka u savremenom poslovanju istraživanje će se bazirati na metodama kritičkog mišljenja, komparativne analize i deskriptivnoj metodi. Cilj ovog istraživanja je da definiše prije svega osnovne aspekte kriptografskih sistema zaštite i njihov uticaj na zaštitu i bezbjednost podataka u savremenom poslovanju.

2. KRIPTOGRAFSKI SISTEMI ZAŠTITE PODATAKA U ELEKTRONSKOM POSLOVANJU

Osnovni zadatak kriptografije kao nauke je da obezbijedi vjerodostojnost, tajnost, provjeru porijakla informacije i identiteta korisnika, te dokazivanje odgovornosti korisnika za određenu radnju koja ujedno predstavlja i najvažniji aspekt pri uspostavljanju sistema zaštite elektronskog poslovanja. Osnovne prednosti standardizacije zaštite informaciono-komunikacionih tehnologija su: smanjenje kompleksnosti upravljanja sistemom zaštite, veća mogućnost izbora i izrada standardne dokumentacije, obezbjeđenje interoperabilnosti različitih sistema zaštite i nezamjenljiv alat u procesu sertifikacije i akreditacije sistema zaštite (Ewel, 2009). Idealni bezbjednosni protokoli moraju da zadovolje zahtjeve sa aspekta bezbjednosti, efikasnosti, otpornosti i ergonomičnosti (Milosavljević i Adamović, 2017). Poseban značaj za razvoj elektronskog poslovanja savremenog preduzeća pripada implementaciji kvalitetne i visoko funkcionalne računarske mreže, koja predstavlja jedan od osnovnih preduslova efikasnog poslovanja preduzeća u eri informacione revolucije. Na slici 1 prikazana je komunikacija u okviru računarskih mreža naredne generacije.



Slika 1. Komunikacija u okviru računarskih mreža naredne generacije

Ubrzani razvoj informacionih tehnologija zahtijeva kontinuirano praćenje novih proizvoda s ciljem implementacije novih informacionih rješenja koja imaju posebno značajan uticaj na povećnje efikasnosti poslovanja svakog privrednog subjekta. Rješenje nalazimo u korišćenju kriptografije i kriptografskih algoritama, odnosno njihovih metoda i protokola čiji je pregled i način funkcionisanja tema ovog rada. Poseban izazov predstavljaju zakonski propisi vezani za ovu oblast koje je neophodno u potpunosti poštovati. Zanimljiv pogled na ovaj izazov predstavio je Mulligan analizirajući ovaj problem (Mulligan i Bamberger, 2013). Neki eksperimenti su pokazali da bi kontrola primjene zakonskih propisa značajno uticala na zaštitu privatnosti uz eliminaciju efekata koji mogu biti predmet manipulacije (Acguisti i dr., 2013). Dostignuti nivo privatnosti raste sa brojem mogućih vrijednosti, dok više mogućih vrijednosti značajno utiče na rekonstrukciju podataka (Xing i dr., 2013).

Vjerodostojnost (engl. *Data integrity*) obezbjeđuje da ne dođe do neovlaštene promjene informacije, kao što su ubacivanje informacije, brisanje informacije i zamjena informacije. Da bi se osigurala vjerodostojnost, mora postojati način provjere da li je informacija promijenjena od strane neovlaštene osobe.

Tajnost (engl. *Confidentiality*) podrazumijeva da je sadržaj informacije dostupan samo onima koji su za to ovlašćeni. S tim u vezi, sve veći broj ljudi brine o negativnim posljedicama koje se odnose na temeljna ljudska prava, kao i određene društvene vrijednosti (Gutwirth i dr., 2011). Analiza mobilnih aplikacija je pokazala da korišćenje aplikacija koje se plaćaju ne obezbjeđuju zaštitu privatnosti, jer većina ovih aplikacija prenosi potencijalno osjetljive podatke u tekstualnom formatu (Ackerman, 2013).

Provjera identiteta (engl. *Autentification*) može da se realizuje kako na nivou korisnika, tako i na nivou informacije. Autentifikacija je postupak utvrđivanja identiteta korisnika, a izvodi se prije nego što se korisniku dopusti pristup resursima.

Provjera identiteta putem znanja (engl. *proof by possession*) predstavlja pristup gdje autentifikacija sadrži potvrdu nečega što zna samo autorizovani korisnik (npr. autentifikacija lozinkom odnosno passwordom). Ovaj pristup sadrži dva tipa autentifikacije: direktnu metodu (engl. *direct demonstration method*) i metodu izazov-odgovor (engl. *challenge–response method*). Kod direktne metode korisnik potvrđuje svoj identitet dajući određenu lozinku koju sistem upoređuje s ranije pothranjenom. Kod druge metode korisnik tačno odgovara na pitanje (engl. *challenge*) koje postavlja sistem.

Provjera identiteta putem posjedovanja (engl. *proof by possession*) dokazuje identitet korisnika predstavljanjem predmeta koji može posjedovati samo autorizovani korisnik. Primjer takvog predmeta je plastična kartica s magnetnom trakom na kojoj su upisani bitni podaci u elektronskom obliku. Provjera identiteta određenom osobinom (engl. *proof by property*) dokazuje identitet provjerom nekih fizičkih osobina korisnika koje nije lako krivotvoriti. Mjerna osobina mora biti jedinstvena za svakog korisnika, a može biti otisak prsta, glas, potpis i slično. Krađa identiteta nastavlja se upotrebom prikupljenih podataka za izvršenje krivičnih djela koja su u najvećem broju slučajeva vezana za sticanje protivpravne imovinske koristi licima koja zloupotrebljavaju ukradeni identitet. (Milošević i Urošević, 2009).

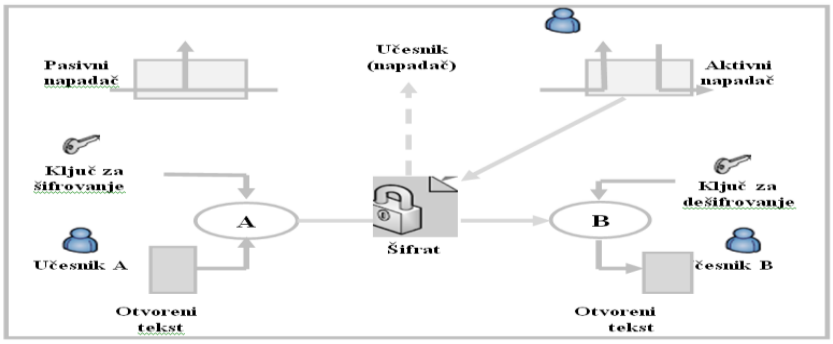
Nemogućnost izbjegavanja odgovornosti (engl. non-repudiation) predstavlja vrlo važnu osobinu sigurnosnog sistema u savremenom poslovanju. S tim u vezi, neophodno je obezbijediti potpunu identifikaciju obavljanja odeređene transakcije bez mogućnosti poricanja. Ova osobina sigurnosnog sistema poseban značaj ima u uslovima obavljanja

poslovnih transakcija elektronskim putem. Na bezbjednost informaciono - komunikacionih tehnologija utiču brojni faktori, od kojih su najznačajniji funkcionalni zahtjevi poslovnih sistema, organizaciona struktura, tehnološki razvoj, politika zaštite, kompleksnost sistema, te promjenljivost i privatnost (Richardson, 2008).

3. POJAM I VRSTE KRIPTOGRAFSKIH ALGORITAMA

Osnovne operacije koje se koriste u kriptografiji su kriptovanje ili šifrovanje podataka (engl. *encryption, enciphering*) i dekriptovanje ili dešifrovanje podataka (engl. *decryption, deciphering*). S tim u vezi, osnovni elementi kriptografske metode za zaštitu podataka su: šifrovanje – transformacija čitljivog teksta u nečitljiv oblik, dešifrovanje – postupak vraćanja šifrovanog teksta u čitljiv oblik, ključ – početna vrijednost algoritma pomoću koga se vrši šifrovanje, plaintext – informacija koju želimo da sakrijemo i ciphertext – kriptovan (nečitljiv) tekst. Kriptografski algoritam je matematička funkcija koja se koristi za šifrovanje i dešifrovanje podataka. Strukturu kriptosistema čini kriptografski algoritam, kao i svi ostali otvoreni tekstovi, šifre i ključevi, dok alati kojima se kriptografija pri tome služi nazivamo kriptografskim mehanizmima.

Osnovu kriptografskih sistema čine kriptološki ključevi pomoću kojih se izvršavaju funkcije šifrovanja i dešifrovanja. U praksi su poznata dva osnovna tipa kriptografskih sistema i to: simetrični sistem kriptovanja i asimetrični ili sistemi sa javnim ključem. Osnovna osobina simetričnih kriptosistema ili kriptosistema sa tajnim ključem (engl. *Symetric-Key ili Secret-key Criptosystems*) je da se za kriptovanje i dekriptovanje poruka koristi isti ključ (William, 2005). Asimetrični algoritmi koriste dva različita ključa i to jedan za šifrovanje, a drugi za dešifrovanje. Kod asimetričnog algoritma prvi ključ je javni, svima poznat ključ, i koristi se za šifrovanje, dok se tajni ključ koristi samo za dešifrovanje. Problem distribucije ključeva rješava se upotrebom asimetričnih algoritama. Pored toga, kriptosistem zasnovan na funkcionisanju neuronskih mreža obezbjeđuje veoma visok nivo bezbjednosti (Shyam, 2014). U praksi, simetrični algoritmi se koriste za kriptovanje i dekriptovanje podataka, dok se asimetrični algoritmi koriste samo za kriptovanje simetričnih ključeva. Isto tako, nije praktično koristiti asimetrične algoritme za potpise velikih poruka. U zavisnosti od funkcionisanja poslovnog sistema treba pažljivo razmotriti korišćenje blok šifre u kriptosistemu (Ahmed i Haddad, 2011). Na sljedećoj slici prikazan je model funkcionisanja kriptografskog sistema.



Slika 2. Model kriptografskog sistema

Mogućnost krivog predstavljanja je primjer neuspjeha protokola razmjene ključeva. Do rješenja ovog problema dolazi se razvojem protokola razmjene ključeva, odnosno niza postupaka koji se realizuju hronološkim redoslijedom, a koji za cilj imaju sigurnu i uspješnu

distribuciju ključeva. Nakon uspostavljanja sigurne komunikacije putem nesigurnog kanala s asimetričnim algoritmom, obično se kao poruka šalje ključ simetričnog algoritma koji se dalje koristi za enkripciju i dekripciju podataka. Na taj način se koriste dobre strane oba algoritma, asimetrični algoritam se upotrebljava za razmjenu ključeva, dok se simetričnim algoritmom štite sami podaci. Vrednovanje kriptoloških algoritama vrši se na osnovu kriterija za procjenu koji su prikazani u sljedećoj tabeli:

Tabela 1. Kriteriji procjene vrijednosti kriptoloških algoritama (Grubor i Milosavljević, 2010)

Vrijednost (poeni)	Prihvatljivost metoda za mehanizam zaštite
5	Veoma prihvatljiv
4	Prihvatljiv
3	Prosječan
2	Relativno loš
1	Vrlo loš
0	Bez opredjeljenja

Vrijednosti simetričnih i asimetrčnih kriptoloških algoritama za pojedinačne mehanizme zaštite u odnosu na relevantne kriterije date su u tabeli 2:

Tabela 2. Vrednovanje kriptoloških algoritama (Grubor i Milosavljević, 2010)

Kriterijum	Asimetrični algoritmi	Simetrični algoritmi
Identifikacija	5	3
Autentifikacija	5	5
Podaci	3	3
Kašnjenje	4	2
Troškovi	1	5
Kvalitet prenosa	0	0
Opterećenje kanala	1	5
UKUPNO:	19	23

Uzimajući u obzir navedeno, postoje tri osnovne vrste kriptografskih algoritama koji služe za šifrovanje sadržaja i zaštitu integriteta poruka i to: algoritmi sa tajnim ključem (engl. *secret key algorithms*), algoritmi sa javnim ključem (engl. *public key algorithms*) i algoritmi zasnovani na heširanju (engl. *hashing algorithms*). Kod algoritama sa tajnim ključem, oba učesnika u komunikaciji koriste isti, tajni ključ, koji je poznat samo njima. Najpoznatiji algoritmi sa tajnim ključem su DES (engl. *Data Encryption Standard*) i IDEA (engl. *International Data Encryption Algorithm*). DES algoritam je tipičan predstavnik savremenih simetričnih kriptografskih blok algoritama (National Institute of Standards and Technology, 2014). Za razliku od algoritama sa tajnim ključevima, kod algoritama koji vrše šifrovanje uz upotrebu javnog ključa, učesnici u komunikaciji služe se vlastitim javnim ključem, odnosno ključem koji je dostupan svim zainteresovanim korisnicima i vlastitim tajnim ključem, odnosno ključem kojeg poznaje jedino njegov vlasnik. U ovom slučaju pošiljalac šifruje poruku pomoću javnog ključa primaoca, dok primalac poruke dešifruje poruku pomoću ličnog tajnog ključa. Javni ključ služi samo za šifrovanje, ali se pomoću njega ne može dešifrovati poruka, jer bi u tom slučaju poruke mogao dešifrovati bilo koji zainteresovani korisnik.

Najpoznatiji algoritam sa javnim ključem koji se koristi u savremenom poslovanju je RSA algoritam. Algoritam RSA vrši šifrovanje na osnovu rezultata teorije brojeva. Ovaj algoritam mijenja izvorni zapis polazne poruke na osnovu rezultata teorije brojeva i na taj način kreira šifrovani zapis polazne poruke. Ovaj algoritam koristi javni ključ za šifrovanje poruke, a tajni ključ za njeno dešifrovanje. Algoritam RSA troši daleko više procesnog vremena za šifrovanje u odnosu na DES i IDEA algoritme. Šifrovanje i dešifrovanje poruka

temelji se na kombinaciji javnog i tajnog ključa, Temeljnu osobinu RSA algoritma čini kombinovanje javnog i vlastitog tajnog ključa. S obzirom da je izrazito spor u radu, RSA algoritam se koristi prvenstveno za međusobnu razmjenu tajnih ključeva između učesnika u komunkaciji. Ovaj način rada koristi se uglavnom za šifrovanu razmjenu ključeva koji se zatim koriste u okviru drugih algoritama, dok se šifrovanje velikih poruka izvodi pomoću bržih algoritama koji koriste tajne ključeve razmijenjene RSA sistemom šifrovanja. U okviru AES kriptosistema moguća je bezbjedna distribuciju tajnih ključeva neophodnih za postupak simetričnog šifrovanja (Yudhvir i Yogesh, 2008). U tabeli 2 prezentovana je arhitektura sistema zaštite, kao i kriptotehnologije na mrežnom, transportnom i aplikativnom nivou.

Tabela 3. Primjena kriptotehnologije u protokolima bezbjednosti u mrežnom okruženju

Nivo mod.	Arhitektura sistema zaštite	Kriptotehnologije
Mrežni nivo	Zaštita na mrežnom nivou obezbjeđuje se između mrežnih čvorova pri čemu se vrši zaštita integriteta, tajnosti i autentifikacije IP paketa. Zaštita integriteta i autentifikacija IP paketa najčešće se realizuje primjenom kriptografskih kompresionih funkcija sa upotrebom tajnog ključa, dok se zaštita tajnosti ostvaruje primjenom simetričnih algoritama. Najpoznatiji protokol zaštite na mrežnom nivou jeste IPSec protokol.	IPSec protokol: 1. *Šifrovanje*: 3 DES, IDEA, Blowfish, Tripl IDEA, RC5 2. *Integritet podataka:* MAC baziran na MD5 3. *Distribucija ključeva*: RSA 4. *Sertifikat:* X.509 5. *Digitalni potpis*: RSA 6. *Heš funkcija*: MD5,SHA
Transportni nivo	Zaštita na transportnom nivou predstavlja zaštitu tajnosti podataka primjenom simetričnih kriptografskih algoritama i uzajamne provjere identiteta subjekta komunikacije. Najpoznatiji korišćeni protokoli su: SOCKS, SSH, SSL, TLS I WTLS.	SSL protokol: 1. *Šifrovanje*: RC4 sa 40 I 128 bitnim ključem, RC2 sa 128 bitnim ključem, DES sa 64 bitnim ključem, tripl-DES sa 192 bitnim ključem. 2. *Integritet podtaka*: MAC baziran na MD5 3. *Distribucija ključeva*: RSA 4. *Sertifikat:* X.509 5. *Digitalni potpis:* RSA 6. *Heš funkcija*: MD5
Aplikativni nivo	Zaštita podataka na aplikativnom nivou zasniva se na primjeni tehnologije digitalnog potpisa na bazi asimetričnih kriptografskih algoritama i zaštite tajnosti podataka primjenom simetričnih kriptografskih algoritama. Najpoznatiji protokoli zaštite na aplikativnom nivou koji se primjenjuju u mrežama Internet tipa su: S/MIME, Kerberos, SET, PGP I drugi.	S/MIME protkol: 1. *Šifrovanje*: RC2 sa 40-bitnim ključem u režimu CBC, DES I Tripl-DES u režimu CBC 2. *Distribucija ključa*: RSA 3. *Sertifikat:* X.509 4. *Digitalni potpis*: RSA 5. *Heš funkcija*: MD2, MD5 SET protokol: 1. *Šifrovanje*: novčane transakcije, DES sa 56-bitnim, naručivanje, DES sa 40-bitnim ključem u režimu CDMF 2. *Asimetrično šifrovanje*: RSA 3. *Distribucija ključeva*: RSA 4. *Sertifikat*: X.509 v3 5. *Digitalni potpis*: RSA 6. *Heš finkcija*: SHA-1

Algoritmi koji se zasnivaju na primjeni haširanja, nazivaju se i sažimaocima poruka jer za datu poruku generišu njen "sažetak" (engl. *message digest*). Integritet podataka osigurava se upotrebom haš funkcija. Prvenstveno se koristi HMAC (engl. *Hashed Message Authentication Code*) procedrura, koja osigurava bolju zaštitu od potencijalnih napada. Funkcijama haširanja ili "hash-funkcijama" se nazivaju one funkcije koje preslikavaju vrijednosti sa nekog velikog prostora na neki bitno manji prostor. U ovom slučaju, algoritam šifrovanja koji se zasniva na haširanju, preslikava sadržaj cijele poruke na prostor znatno kraćih bitskih nizova. Rezultat takvog preslikavanja može se slikovito nazvati sažetkom date poruke, međutim, iz tog sažetka nije moguće izračunati sadržaj same poruke. Hash funkcije ne preslikavaju sadržaj jednoznačno u oba smjera, već samo u jednom smjeru, ali zato takav sažetak omogućava da se otkrije da li je sadržaj izvorne poruke mijenjan, te da se na osnovu date informacije ospori autentičnost izmijenjene poruke. Sažetak poruke treba da otkrije da li je došlo do izmjene izvorne poruke, jer izmijenjena poruka vjerovatno ne daje isti rezultat haširanja. Kako je već rečeno, funkcija haširanja treba biti definisana tako da dvije različite poruke "gotovo sigurno" ne daju iste sažetke. U tom slučaju izmjena izvorne poruke može da garantuje izmjenu njenog sažetka, što omogućava otkrivanje izvršene izmjene.

4. KRIPTOANALIZA

Za razliku od kriptografije, kriptoanaliza je naučna disciplina koja se bavi proučavanjem postupaka za otkrivanje skrivenih poruka bez poznavanja ključa, dok je kriptologija naučna grana koja obuhvata kriptografiju i kriptoanalizu. Kriptografija se najčešće svodi na provaljivanje tajnog ključa. Prijetnje koje su usmjerene na ugrožavanje sigurnosti toka informacija u računarskim sistemima i mrežama generalno se mogu klasifikovati na četiri osnovne kategorije: presecanje, presretanje, izmjena i fabrikovanje (Pleskonjić i dr., 2007). Prilikom procjene prijetnji i napada na sigurnost sopstvenog računarskog sistema, potrebno je procijeniti napadača na osnovu sljedećih parametara: stepen povjerljivosti i vrijeme aktuelnosti zaštićenih informacija, javnost vlastitog algoritma, preispitivanje vlastitih rješenja, praćenje statističkih informacija iz javno dostupnih izvora, identifikacija napadača, motivi napadača, procesorska snaga napadača i pretpostavke o dekriptorskim mogućnostima napadača. Napad na malu podgrupu se zasniva na pretpostavci da će učesnik u komunikaciji napraviti propust prilikom validacije javnog ključa sagovornika i da neće izvršiti svaki korak u algoritmu validacije javnog ključa (Junfeng and af.,2015).

Da bih se uspješno suprostavili nepoznatim napadima neophodno je intenzivirati proces istraživanja u ovoj oblasti. Pri procjeni napadača, neophodno je znati da svaki ozbiljan napadač svoje sposobnosti čuva u strogoj tajnosti, a da se povećanjem procesorske moći računara i primjenom najnovijih naučnih dostignuća iz oblasti kriptoanalize, mogućnosti dekriptovanja konstantno povećavaju. Postoje šest tipova kriptoanalitičkih napada u zavisnosti od informacija koje napadač posjeduje o kriptografskom sistemu:

- Napad “samo šifrat” (engl. *ciphertext-only attack*). Kriptoanalitičar zna šifrate nekoliko poruka šifrovanih istim algoritmom za šifrovanje. Njegov zadatak je da rekonstruiše otvoreni tekst što većeg broja poruka ili da otkrije ključ korišćen za šifrovanje poruka kako bi dešifrovao druge poruke šifrovane istim ključem. Pored toga, kriptoanalitičaru su dostupne samo šifrovane poruke istim algoritmom, s ciljem otkrivanja što više izvornih nešifrovanih poruka. Ako se ovaj napad koristi tako da se provjerava svaki ključ na šifrovanom tekstu, ova vrsta napada definiše se kao gruba sila (engl. *brute force*).

- Napad “poznat otvoreni tekst” (engl. *known-plaintext attack*). Kriptoanalitičar ima pristup šifratima nekoliko poruka, kao i otvorenim tekstovima datih poruka. Njegov zadatak je da izračuna ključ korišćen za šifrovanje poruka, ili algoritam, kako bi dešifrovao svaku novu poruku šifrovanu istim ključem.

- Napad “odabran otvoreni tekst” (engl. *chosen-plaintext attack*). Cilj ove vrste napada je da otkrije ključ pomoću koga je šifrovanje obavljeno, ali ovaj put kriptoanalitičar ima pristup kriptovanom tekstu i njegovom pripadajućem jasnom tekstu. Kriptoanalitičar ne samo da ima pristup šifratu i pripadajućem otvorenom tekstu nekoliko poruka, već i bira otvoreni tekst koji će biti šifrovan. Ovakav napad je mnogo moćniji od napada “poznat otvoreni tekst”, jer kriptoanalitičar može da odabere specifične blokove otvorenog teksta za šifrovanje i tako dođe do više informacija o ključu.

- Napad “prilagodljiv odabrani otvoreni tekst” (engl. *adaptive-chosen-plaintext attack*) predstavlja posebnu vrstu napada “odabran otvoreni tekst” u kome napadač može čak i da modifikuje ono što je odabrao za šifrovanje, a na osnovu rezultata prethodnih šifrovanja.

- Napad “odabran šifrovani tekst” (engl. *chosen-ciphertext-attack*). Kriptoanalitičar može odabrati različite šifrovane nizove, a ima pristup i jasnom dešifrovanom tekstu. Osnovni cilj napadača je da otkrije ključ. Ova vrsta napada najčešća je kod asimetričnih algoritama.

- Napad “odabran ključ” (engl. *chosen-key attack*). Kriptoanalitičar posjeduje izuzetna znanja o međusobnom odnosu više ključeva. U skladu sa iskustvom i pretpostavkama pokušava da identifikuje odabrani ključ.

S obzirom na primjenu kriptoanalitičke tehnike, u literaturi se najčešće pominju tri metode kriptoanalize: linearna kriptoanaliza, diferencijalna kriptoanaliza i napad grubom silom. Jedan od osnovnih postulata kriptografije i kriptoanalize glasi da ne postoji apsolutno siguran praktično primjenljiv algoritam, već je samo pitanje vremena i sredstava koja su napadaču potrebna za probijanje. Cilj kriptoanalitičara je razbijanje sistema tajnosti odnosno autentifikacije (Milosavljević i Adamović, 2013).

Sa stanovišta prijetnji i napada na sigurnost kriptografskog sistema namijenjenog za zaštitu podataka u računarskim mrežama, napade u najširem smislu možemo podijeliti na pasivne i aktivne. Pasivnim napadima se samo prisluškuje poslata poruka i takve napade je veoma teško detektovati. Aktivni napadi uključuju i mijenjanje sadržaja poruke, maskiranje i ometanje. Da li će napadač primjeniti aktivni ili pasivni napad, zavisi od posjedovanja opreme za prisluškivanje i obmanjivanje, vrste kriptoanalitičkog napada za koji posjeduje kriptoanalitička znanja i niza drugih faktora. Mnogi korisnici ne poznaju dovoljno dobro način funkcionisanja računara, i vrlo često nisu spremni i voljni da preduzmu mjere zaštite za koje oni smatraju da su suviše skupe, previše tehnički zahtjevne ili da je potrebno utrošiti previše vremena na njihovu upotrebu (Abrams i Podell, 2005). Smisao kriptografije je da se sačuva tajnost teksta (engl. *plain text*) od mogućih prisluškivanja. Algoritam je siguran, ako je cijena savladavanja algoritma veća od vrijednosti šifrovanih podatka, ako je vrijeme potrebno za savladavanje algoritma duže nego vrijeme potrebno za šifrovanje podataka i ako je količina šifrovanih podataka sa jednim ključem manja od količine potrebne da se savlada algoritam. Uzimajući u obzir navedeno, algoritam je bezuslovno siguran ako ne pruža dovoljno informacija za kriptoanalizu šifrovanog teksta, bez obzira koliko je jasnog teksta šifrovano. Međutim, kriptografski jak algoritam predstavlja protokol koji se ne može savladati sa sadašnjim ili budućim računarskim mogućnostima u realnom vremenu, odnosnu vremenu u kome bi nam otkrivena informacija bila korisna.

5. ZAKLJUČAK

Razvoj sistema zaštite podataka i informacija ima poseban značaj u uslovima elektronskog poslovanja, kao i svakodnevne komunikacije putem globalne internet mreže. S tim u vezi, cilj ovog rada je da prezentuje problem bezbjednosti i zaštite podataka u računarskim mrežama uz intenzivno korišćenje simetričnih i asmitričnih kriptografskih sistema. Rezultati ovog istraživanja treba da upoznaju učesnike sa realnim opasnostima koje su prisutne u savremenom poslovanju, kao i metodama zaštite koje treba preduzeti kako bi se obezbijedilo efikasno poslovanje preduzeća i banaka. U osnovi zaštite podataka nalazi se kriptografija. Kriptografija je veoma složena i dinamična oblast koja teorijske osnove nalazi u matematici, a u praksi se bazira na korišćenju kriptografskih sistema koji se sastoje od kriptografskog algoritma, jednog ili više ključeva, sistema za upravljanje ključevima i otvorene ili šifrovane poruke. Istraživanje je potvrdilo da je kriptografija poseban bezbjedonosni sloj koji se mora mudro koristiti, jer se u suprotnom bezbjednost neće povećati, a moguća je i degradacija performansi poslovnog sistema u cjelini.

Posebnu opasnost vezanu za zaštitu i bezbjednost podataka i informacija može stvoriti i lažan osjećaj sigurnosti. Kada se govori o zaštiti i bezbjedonosnim rizicima mora se imati u vidu da je to neprestana borba između ljudi koji osmišljavaju zaštitu sistema i stvarnih i potencijanih napadača. Ono što je danas aktuelno kao metoda napada u bliskoj budućnosti može biti modifikovano ili potpuno zamijenjeno novim metodama koje mogu biti veoma uspješne kada je u pitanju postojeći sistem zaštite. Stoga kriptografska zaštita podataka ima zadatak da prati nastanak novih metoda koje se koriste i koje bi mogle da se koriste od strane napadača. Profilisanje konkretnog rješenja treba da obezbijedi zahtijevani nivo zaštite s obzirom na važnost informacija, što podrazumijeva potpunu kontrolu svih elemenata kriptografskog sistema. Razvoj domaćih kriptografskih rješenja trenutno je limitiran ekonomskim razvojem, skromnim iskustvima kao i nedovoljnom spremnošću da se ulaže u razvoj ove oblasti. Kvantna i DNK kriptografija će možda u nekoj skorijoj budućnosti predstavljati osnov za zaštitu podataka i informacija. Kvantna kriptografija nastala je kao posljedica otkrića u oblasti kvantnog računarstva zasnovana na principima kvantne fizike odnosno Hajzenbergovom principu neodređenosti. Jedan od tvoraca RSA algoritma, Leonard Ejdiman, došao je na ideju korišćenja DNK na principu računarskog sistema. Njegova pretpostavka je da DNK možemo posmatrati kao računare ogromne snage koji mogu istovremeno da izvršavaju razne operacije, tako da se brzina izvršavanja eksponencijalno povećava u odnosu na brzinu običnih računara.

6. LITERATURA

Abrams, D. Marshal, Podell, Harold, J. (2005). *Information Security*. Los Alamitos, CA USA: An Integrated Collection of Essays, Computer Society Press, pp. 117.

Ackerman, L., (2013). *Mobile Health and Fitness Applications and Information Privacy* - Report to California Consumer Protection Foundation, Tech. rep., Privacy Rights Clearinghouse.

Acquisti, A., Adjerid, I., Brandimarte, L. (2013). Gone in 15 seconds: *The limits of privacy transparency and contro*l, IEEE Security & Privacy 11 (4).

Ahmed, A., Haddad, S. (2011). *An overview of modern cryptography*, World Applied Programming 55-61 ISSN: 2222-2510©2011 WAP journal.

Cas J., (2011), *Ubiquitous computing, privacy and data protection*: Options and limitations to reconcile the unprecedented contradictions, in: S. Gutwirth, Y. Poullet, P. D. Hert, R. Leenes (Eds.), Computers, Privacy and Data Protection: an Element of Choice, Springer, pp. 139–169.

Ewel, V. C., (2009). A methodology to the modnes, The information Security: pp. 21-31.
Grubor, G., Milosavljević, M. (2010). *Osnove zaštite informacija*, Beograd: Univerzitet Singidunum, str. 141-172.
Junfeng, F., Benedict, C., Frederik, V. (2015). To Onfinity and Beyond, Combined Attack on ECC using Points of low order, Kathelicke Univesitet Leuven, Leuven Heverlee, Belgium.
Like, Z., Gregory, B. W. (2007). *Anomaly Detection for Application Level Network Attacks Using Payload Keywords*, Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Security and Defense Applications.
Milosavljević, M., Adamović, S. (2013). *Osnovi teorije informacija i kodovanja*, Beograd: Univerzitet Singidunum, str. 193.
Milosavljević, M., Adamović, S. (2017). *Kriptologija II*, Beograd: Univerzitet Singidunum, str. 45.
Milošević, M., Urošević, V., (2009). *Krađa identiteta zloupotrebom informacionih tehnologija*, Beograd: Bezbjednost u postmodernom ambijentu, Zbornik radova knjiga VI, Centar za strateško istraživanje nacionalne bezbjednosti, str. 53-64.
Mulligan D. K., K. A. Bamberger, K. A. (2013). What regulators can do to advance privacy through design, ommun. ACM 56 (11) 20–22. doi:10.1145/2527185. URL .
National Institute of standards and Tecnology, FIPS PUB 46-3, Data Encryption Standard (DES), http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips46-3/fips46-5.pdf.
Pleskonjić, D., Maček, N., Đorđević, B., Carić, M. (2007). *Sigurnost računarskih sistema*, Beograd: str. 2-9.
Richardson, R., (2008). *Cryptography and Network Security Principles and Practices*, London: Book Prentice Hall, ISBN 100131873164, 4th edition, pp. 298.
Shyam, N. K., (2014). *Technique for Security of Multimedia using Neural Network*, Paper id-IJRETM-2014-02-05-020, IJRETM, Vol: 02, Issue: 05, pp.1-7.
Xing, K. Z., Wan, P., Hu, H., Zhu, Y., Wang, X., Chen, Y., Wang, L. (2013). *Huang, Mutual privacy-preserving regression modeling in participatory sensing*, IEEE INFOCOM 2013, IEEE, pp. 3039–3047.
Yudhvir, S., Yogesh C. (2008). *Information Theory test based Performance Evaluation of Cryptographic Techniques*, International Journal of Information Technology and Knowledge Management, Vol 1,No.2, pp. 475-483.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

PREGLED STANJA I PROGNOZA RAZVOJA ŠIROKOPOJASNOG TRŽIŠTA U REPUBLICI SRBIJI*

OVERVIEW AND FORECASTING OF THE BROADBAND MARKET IN SERBIA

Valentina Radojičić[a], Goran Marković[a], Slobodan Mitrović[a], Suzana Miladić-Tešić[b]

[a] *Univerzitet u Beogradu-Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, 11000, Srbija, valentin@sf.bg.ac.rs, g.markovic@sf.bg.ac.rs, cobaja@sf.bg.ac.rs*

[b] *Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet,Vojvode Mišića 52, 74 000 Doboj, B&H, suzana.miladic@stfdoboj.net*

***Apstrakt**:Širokopojasni pristup postao je značajna karika u ekonomskom razvoju društva, razvoju ruralnih i udaljenih oblasti, razvoju industrijskih zona i povezivanju privrednih regiona jedne zemlje. Primena novih širokopojasnih pristupnih tehnologija doprinosi razvoju naprednih servisa, unapređujući kvalitet života jednostavnijom i bržom razmenom informacija. Zahvaljujući ubrzanom razvoju tehnologija za širokopojasni pristup, poslednjih godina primetan je rapidni porast širokopojasnog tržišta. U radu je data analiza trenutnog stanja razvijenosti širokopojasnog tržišta, predstavljeni su indeksi razvoja info-komunikacionih tehnologija/društva, kao i tržišna struktura zastupljenih širokopojasnih tehnologija u Republici Srbiji. S obzirom da je prognoza tražnje neophodan ulazni parametar za planiranje razvoja mreže, cilj ovog rada je da se primenom teorije difuzije dobije pozdana prognoza širokopojasnog tržišta. Sprovedena je evaluacija dobijenih rezultata i date smernice za dalje istraživanje.*

***Ključne riječi:** info-komunikacione tehnologije, prognoziranje, servisi, teorija difuzije.*

***Abstract**: The broadband access has become an important factor in the economic development of society, the development of rural and remote areas, the development of industrial zones and connecting economic regions of a country. Application of new broadband access technologies contributes to the development of advanced services, improving the quality of life by simpler and faster exchange of information. In recent years, concerning the rapid development of broadband technology, there has been a fast increase in broadband market. The aim of this paper is to analyze the current state of development of the broadband market, presents the indices of development of info-communication technologies/society and market structure of broadband technologies in the Republic of Serbia. As a reliable forecast demand represents essential input parameter for network planning, in this paper the diffusion theory is applied to obtain the reliable medium-term forecast of the broadband market. The evaluation of the results is performed and guidance for further research is given.*

***Key words:** info-communication technologies, forecasting, services, diffusion theory.*

1. UVOD

Pristup savremenim info-komunikacionim tehnologijama (IKT) od vitalnog je značaja za uspeh pojedinaca i zajednice u celini. Rasprostranjenost širokopojasnog pristupa i sa tim povezanih digitalnih usluga i sadržaja direktno utiče na smanjenje digitalnog jaza između

* ***Pregledni rad***

građana jedne zemlje. Međunarodna unija za telekomunikacije (ITU, International Telecommunication Union) definiše širokopojasne mreže kao tehnologiju koja omogućava pristup mrežama sa protocima bržim od primarnog ISDN protoka (2 Mb/s), dok Organizacija za ekonomsku kooperaciju i saradnju (OECD) definiše kao tehnologiju koja obezbeđuje brzinu na *downstream*-u višu od 256 kb/s, a na *upstream*-u višu od 128 kb/s. U okviru ove strategije, definicija širokopojasnog pristupa je usaglašena sa definicijom EU Digitalne agende, tj. brzi širokopojasni pristup podrazumeva protok od 30 Mb/s, a ultra brzi 100 Mb/s. Međutim, širokopojasni pristup ne treba posmatrati samo u pogledu pristupnih brzina. Mora se obratiti pažnja pre svega na uslove koji mogu omogućiti inteligentnu povezanost i sinhronizaciju različitih jedinica koje se mogu nezavisno distribuirati putem mreže i kombinovati sa drugim servisima radi stvaranja kompleksnijih aplikacija. Na taj način će se u budućnosti omogućiti upravljanje zgradama, energetskim mrežama, transportnim sistemima, putevima, mostovima, vozilima i radnim mestima, kao i na koji način razvoj širokopojasnog pristupa može poboljšati uslove za rad i život stanovništva (Sl. Glasnik RS, 2014).

Internet tehnologije predstavljaju najefikasniju podršku razvoju informacionog društva kao i nezamenjiv faktor ekonomskog rasta i napretka jedne zemlje. Prema različitim studijama koje su sprovedene u prethodnim godinama u svetu, utvrđeno je da povećanje broja priključaka širokopojasnog pristupa Internetu direktno utiče na povećanje bruto društvenog proizvoda (BDP). Osim toga, činjenica da BDP i zapošljavanje paralelno rastu ukazuje na to da širokopojasni pristup ima značajan uticaj na porast poslovanja i generiše visoko stabilan ekonomski razvoj. Na osnovu različitih analiza, kada se ekonomija i privreda zemlje oslanjaju na razvijeni širokopojasni pristup, generalno se može očekivati povećanje od preko 4.1% do čak 10% BDP (Sl. glasnik, 2014).

Planiranje mreže je suštinska aktivnost menadžment procesa, jer se u ovoj aktivnosti definišu glavni pravci funkcionisanja telekomunikacione mreže u skladu sa odredjenom misijom i vizijom operatora mreže. Adekvatnim planiranjem smanjuje se rizik od nastajanja zagušenja u mreži, odnosno potencijalnih gubitaka prihoda telekomunikacionih operatora. Jedan od osnovnih ulaznih parametara za planiranje resursa mreže je pouzdana prognoza tražnje saobraćajnih zahteva. Prognoziranje tražnje može se sa velikim uspehom ostvariti primenom difuzionih modela (Radojičić i dr., 2013). Proces difuzije se opisuje kao proces koji se odvija u društvu kojim inovatori putem različitih vidova socijalnog komuniciranja šire ideju o postojanju i prihvaćenosti nekog novog servisa/tehnologije. U radu (Turk and Trkman, 2012) pokazano je da se za modeliranje širokopojasnog tržišta može sa uspehom primeniti osnovni Bass-ov model. Osnovne prednosti Bass-ovog modela date su u (Bass, Krishnan and Jain 1994). Neophodne pretpostavke za primenu Bass-ovog modela date su u radu (Mahajan and Peterson 1978). Kasniji modeli uglavnom predstavljaju modifikacije postojećih (Krishnan, Bass and Kumar 2000). U ovom radu data je analiza trenutnog stanja razvijenosti širokopojasnog tržišta u Republici Srbiji. Pored toga, predložen je osnovni *Bass*-ov model za prognoziranje prihvatanja širokopojasnih tehnologija na telekomunikacionom tržištu Republike Srbije. Data je prognoza za naredni petogodišnji period. Evaluacija pozdanosti dobijenih rezultata sprovedena je upotrebom MAE, MAPE (Lewis 1982), i DW testa (Montgomery i dr. 2001).

2. ANALIZA ŠIROKOPOJASNOG TRŽIŠTA U REPUBLICI SRBIJI

Ubrzani razvoj IKT-a, stalni zahtevi za efikasnom i kvalitetnom uslugom, kao i snižavanje cena u domenu Internet usluga doveli su do konstantnog povećanja broja

pretplatnika širokopojasnog pristupa u Republici Srbiji. Preduslovi za upotrebu IKT su razvijena infrastruktura do krajnjeg korisnika i odgovarajući nivo obrazovanja čiji krajnji rezultat treba da bude uvođenje zemlje u informaciono društvo.

Pored toga što broj korisnika, prihodi, investicije i brzine pristupa i dalje konstantno rastu, treba naglasiti da *dial-up* tehnologija zvanično više nije zastupljena na tržištu Srbije od 2015. godine. Broj Internet priključaka na 100 stanovnika u 2015. godini iznosio je 22, dok je penetracija fiksnog širokopojasnog pristupa (ADSL, kablovski, optičke mreže) bila preko 17% (Ratel, 2015).

U okviru analize stanja telekomunikacija u Republici Srbiji treba napomenuti da osim Strategije razvoja elektronskih komunikacija u Republici Srbiji od 2010. do 2020. godine, postoji i Strategija razvoja informacionog društva od 2010. do 2020. godine ("Službeni glasnik RS", broj 51/10) i ove dve strategije zajedno čine Digitalnu agendu za Republiku Srbiju. Strategija razvoja informacionog društva u Republici Srbiji od 2010. do 2020. godine definiše osnovne ciljeve, načela i prioritete razvoja informacionog društva i utvrđuje aktivnosti koje treba preduzeti u tom periodu. U avgustu 2013. godine, Vlada je usvojila Akcioni plan (2013-2014.) za sprovođenje Strategije razvoja informacionog društva u Republici Srbiji do 2020. godine. To je prvi Akcioni plan koji je donet od usvajanja Strategije 2010. godine kojom je utvrđena obaveza Vlade da će za njenu realizaciju donositi dvogodišnje akcione planove, zbog čega nije moguće napraviti objektivnu analizu o stepenu implementacije postojeće Strategije.

Pozitivan trend rasta broja korisnika i kvaliteta usluga širokopojasnog pristupa je od strateškog značaja za razvoj telekomunikacija u jednoj zemlji. U Tabeli 1, prikazan je broj korisnika usluga širokopojasnog pristupa Internetu po tehnologijama u Republici Srbiji, za period od 2011. do 2015. godine.

Tabela 1. Raspodela broja pretplatnika prema načinu pristupa (Ratel, 2015)

	ADSL	**Kablovski modem**	**Bežični pristup**	**Mobilni internet**	**Ostalo (FTTx, Ethernet LAN, dr.)**	**Ukupno**
2011	623.611	285.413	53.754	249.542	5.669	1.217.989
2012	659.878	331.282	62.013	291.588	10.805	1.335.566
2013	693.645	375.328	79.878	288.580	24.784	1.462.215
2014	715.845	410.821	83.643	288.348	15.881	1.514.538
2015	724.162	475.968	87.570	242.913	32.530	1.563.143

Prema RATEL-ovim podacima, najveći porast broja pretplatnika konstantno je zabeležen kod ADSL pristupa, koji je skoro dvostruko veći u odnosu na broj pretplatnika preko kablovskog modema. Međutim, drastičan porast broja pretplatnika širokopojasnog pristupa rezultat je uvođenja 3G/4G tehnologija u mreže mobilnih operatora u Republici Srbiji. Time je krajnjim korisnicima omogućeno da putem svojih mobilnih telefona imaju pristup Internetu uz povećane protoke. U 2015. zabeleženo je smanjenje broja pretplatnika širokopojasnog pristupa Internetu ostvarenog putem modema za pristup preko mobilne mreže za oko 16%, i iznosio je oko 243 hiljade.

Uporedo sa rastom konkurencije, kao i sve većim zahtevima krajnjih korisnika, rast kvaliteta Internet usluga se u značajnoj meri ogleda u stalnom porastu broja Internet priključaka velikih protoka. Ovakve zahteve korisnika svakako mogu da zadovolje nove tehnologije zasnovane na primeni optičke infrastrukture u pristupnom delu mreže (Fiber-To-The-Home, FTTH). Prema raspoloživim podacima RATEL-a za 2015. godinu 82%

pretplatnika žičnog širokopojasnog pristupa koristi Internet pakete sa brzinama jednakim ili većim od 10 Mbit/s, dok svega 18% pretplatnika žičnog širokopojasnog pristupa koristi Internet pakete sa brzinama manjim od 10 Mbit/s.

U cilju merenja i praćenja razvoja informacionog društva kao i utvrđivanja digitalnog jaza (digital divide) među zemljama članicama Ujedinjenih nacija, Međunarodna unija za telekomunikacije (ITU) redovno objavljuje indikatore razvoja informaciono-komunikacionih tehnologija. Indikatori se dobijaju putem anketiranja reprezentativnog uzorka domaćinstava i stanovništva. Za potrebe merenja razvoja informacionog društva, ITU je 2007. godine započela proces formiranja jedinstvenog indeksa, tzv. Indeksa razvoja IKT (ICT Development Index - IDI), koji je zamenio dva prethodno korišćena indeksa, Indeks digitalne mogućnosti (DOI) i IKT indeks mogućnosti (ICT-OI). Upotreba indeksa IDI se ogleda u merenju: razvoja tržišta IKT u zemljama članicama Ujedinjenih nacija, digitalnog jaza između razvijenih zemalja i zemalja u razvoju, razvojnog potencijala tržišta IKT.

Tabela 2. Struktura indikatora tri osnovne grupe IDI indeksa: pristup IKT, upotreba IKT i IKT veštine (Ratel, 2015)

	INDIKATOR	**Referentna vrednost ITU**	**Vrednost za Srbiju za 2015.**
Pristup IKT			
a	Broj pretplatnika fiksne telefonije na 100 stanovnika	60	36.80
b	Broj aktivnih pretplatnika mobilne telefonije na 100 stanovnika	120	129.38
c	Kapacitet međunarodnog internet linka po internet korisniku	962.216	180.570
d	Procenat domaćinstava koji poseduju računar	100	64.40
e	Procenat domaćinstava sa pristupom internetu od kuće	100	63.80
Upotreba IKT			
f	Broj korisnika interneta na 100 stanovnika	100	53.36
g	Broj pretplatnika fiksnog širokopojasnog pristupa internetu na 100 stanovnika	60	22.09
h	Broj aktivnih pretplatnika mobilnog širokopojasnog pristupa internetu na 100 stanovnika	100	71.10
IKT veštine			
i	Stopa pismenosti odraslog stanovništva	100	98.0
j	Procenat osoba upisanih u sekundarni nivo obrazovanja	100	88.7
k	Procenat osoba upisanih u tercijalni nivo obrazovanja	100	47.9

Indeks IDI se sastoji od 11 indikatora koji su grupisani u tri podgrupe: 1. infrastruktura i pristup IKT; 2. upotreba IKT (prvenstveno od strane pojedinaca, ali i domaćinstava i privrednih subjekata) i intenzitet upotrebe, 3. IKT veštine (ljudski kapacitet neophodan za efikasno korišćenje IKT). U praksi se pokazalo da ove tri grupe pokazatelja razvoja IKT nije moguće pratiti jednim indikatorom i pojavila se potreba za jednim kompozitnim indeksom koji će služiti za praćenje napretka svake zemlje u njenom kretanju ka informacionom društvu.

Lista od 11 indikatora sa referentnim (normalizovanim) vrednostima koje je propisala ITU, sa vrednostima podindeksa i sa vrednošću indeksa IDI za Srbiju, se publikuje svake godine u izveštaju RATEL-a. U Tabeli 2 date su vrednosti 11 osnovnih indikatora za domaćinstva i pojedince u Republici Srbiji za 2015. godinu. Na osnovu tih vrednosti izvode se normalizovane vrednosti indikatora kako propisuje Međunarodna unija za

telekomunikacije. Vrednosti podindeksa su dobijene normalizacijom 11 indikatora pomoću referentnih vrednosti.

Konačna vrednost indeksa IDI utvrđena je kao zbir ponderisanih podindeksa. Ponder za podindekse Pristup IKT i Upotreba IKT iznosi po 40%, a za podindeks IKT veštine 20%. Vrednost indeksa IDI za Srbiju u 2015. godini iznosila je 6,76, čime je ostvaren rast u odnosu na prethodni višegodišnji period, kada se vrednost ovog indeksa kretala u iznosima od 5,62 u 2012. godini, 6,03 u 2013. godini i 6,21 u 2014. godini. Na osnovu poređenja prethodno publikovanih podataka od strane Međunarodne unije za telekomunikacije, moguće je dati procenu da će se naša zemlja naći među prvih pedeset zemalja po vrednosti indeksa IDI.

3. PROGNOZIRANJE TRAŽNJE ZA TELEKOMUNIKACIONIM SERVISIMA

Modeli prognoziranja novih servisa prevashodno se koriste kako bi opisali difuziju novog servisa/proizvoda tokom vremena na posmatranom tržištu, odnosno pružili informacije o budućim kretanjima novih korisnika. S tim u vezi, najvažnije informacije koje ovi modeli prognoziranja mogu da pruže:

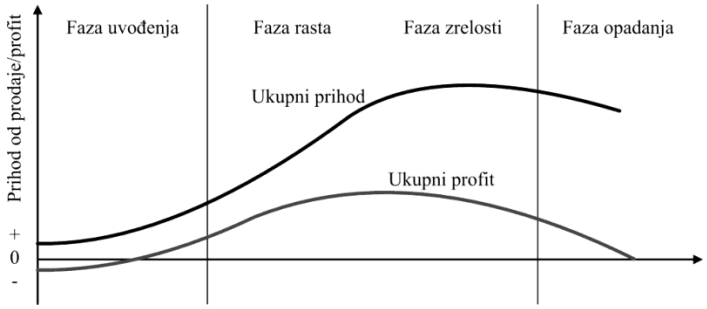
- kumulativna funkcija broja novih korisnika;
- funkcija trenutnog broja korisnika;
- ulazni parametri za dugoročno LTP (*Long Term Planning*) i srednjoročno planiranje MTP (*Medium Term Planning*);
- brzina kojom se dešava prihvatanje novog servisa;
- vreme ulaska/izlaska iz pojedinih faza životnog ciklusa;
- vreme maksimalne trenutne prodaje novog (prihvatanje) servisa/proizvoda;
- vreme dostizanja gustine zasićenja tržišta;
- najbolji trenutak za plasman supstitucije - zamenskog servisa/proizvoda;
- najbolji trenutak za promenu poslovne strategije u cilju dužeg opstanka na tržištu i veće dobiti i dr.

3.1. Životni ciklus servisa/proizvoda

Životni ciklus servisa/proizvoda se skraćuje delimično zbog brzine uvođenja novih servisa/proizvoda, ali takođe i zbog brzog napretka u nauci i tehnologiji. Telekomunikacione kompanije sve više zavise od prihoda koje donose novi servisi/proizvodi, koji se najčešće uvode kao potpuno novi servis/proizvod, kao zamena ili poboljšanje postojećeg servisa/proizvoda.

Istraživanja pokazuju da će 70% servisa/proizvoda, koji se danas nude, zastareti za šest godina. Sa druge strane, kompanije sa najbržim industrijskim rastom, poput visoko-tehnoloških kompanija, zastarevanje svojih servisa/proizvoda mogu očekivati znatno brže, kroz dve ili čak kroz godinu dana. Na telekomunikacionom tržištu smatra se da je period od pet godina dovoljan ciklus za tehnološku revoluciju i ekspanziju potpuno novih servisa/proizvoda.

Životni ciklus servisa/proizvoda čine četiri osnovne faze: faza uvođenja (introduction stage), faza rasta tržišta (growth stage), faza zrelosti (maturity stage) i faza opadanja (decline stage) (Slika 1.).



Slika 1. Životni ciklus servisa/proizvoda, (Radojičić i dr., 2013)

Faza uvođenja opisuje period tokom koga se servis/proizvod predstavlja tržištu kroz promotivne aktivnosti, a počinje i njegova postepena prodaja. U fazi rasta naglo se povećava broj korisnika servisa/proizvoda. U fazi zrelosti prihvaćenost servisa/proizvoda dostiže svoj maksimum. Usled zasićenosti tržišta, pojave novih tehnološki savršenijih i ekonomski prihvatljivijih servisa/proizvoda, dolazi do pada prodaje – faze opadanja.

3.2. Difuzioni modeli

Difuzioni modeli prikazuju kako se proces prihvatanja servisa/proizvoda odvija na tržištu tokom celokupnog životnog ciklusa. Brzina kojom će posmatrani servis/proizvod biti predstavljen i prihvaćen na tržištu je važan parametar zbog procene rizika opravdanosti investiranja u servise/proizvode, planiranja finansijskih sredstava, kao i organizacionih resursa potrebnih za uspešnu eksploataciju posmatranog servisa/proizvoda. Upotreba difuzionih modela je izuzetno korisna kod novih servisa/proizvoda, koji su se tek pojavili na tržištu, gde ne postoje statistički podaci o prodaji i gde priroda ponude novog servisa/proizvoda tržištu ima novu dimenziju. Difuzioni modeli su našli široku primenu u marketingu, pre svega kako bi prikazali dinamiku životnog ciklusa novog servisa/proizvoda za prognoziranje tražnje, kao i pomoć prilikom strateškog izbora pre i posle plasiranja novog servisa/proizvoda na tržište.

Vremenom su difuzioni modeli postali kompleksniji, obzirom na zahteve menadžera za proširenjem njihove korisnosti u funkciji alata kod donošenja odluka. Jedan od dodatnih zahteva koji se nameće difuzionim modelima jeste uvođenje u model eksternih uticaja, kao što su marketing-mix promenljive, jednog od najpoznatijih alata koji se koriste pri reklamiranju servisa/proizvoda. S obzirom da u stvarnosti prodaja zavisi od niza eksternih uticaja, kao što su nivo reklamiranja servisa/proizvoda, pristupačnost cene i promene u ceni, intenzitet distribucije, od važnosti je stvoriti takav model koji će obuhvatati ove promenljive i njima slične. Osnovne pretpostavke kod primene difuzionih modela su:

- proces difuzije je binarni proces (korisnik ili prihvata ili čeka da prihvati novi servis/proizvod);
- primenljivi su na nove kategorije servisa/proizvoda, a ne na nove brendove;
- svaki korisnik pribavlja samo jedan novi servis/proizvod;
- nema ponovljenih kupovina;
- ukupna veličina tržišta (potencijal tržišta) je fiksna veličina, pod pretpostavkom da će svi korisnici tokom vremena prihvatiti novi servis/proizvod;
- proces difuzije se posmatra nezavisno od uticaja supstitucionih servisa/proizvoda i sl.

Osnovne postavke teoriji difuzije inovacije postavio je naučnik *Rogers*, koji prihvatanje inovacija predstavlja kroz životni ciklus, uz pretpostavku da kriva prihvatanja ima normalnu

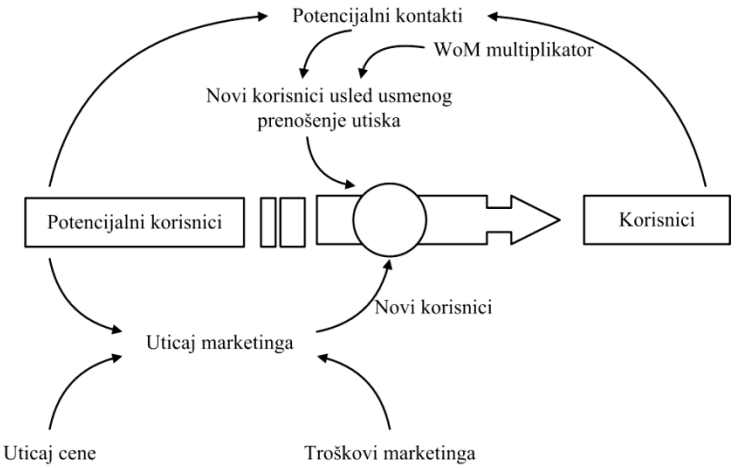
raspodelu zbog efekta učenja usled ličnih interakcija u društvenoj zajednici. Kako broj onih koji prihvataju servis/proizvod raste, tako raste i uticaj na pojedince koji još uvek nisu prihvatili posmatrani servis/proizvod. Rezultat ovog uticaja na prihvatanje servisa/proizvoda može se opisati matematičkom funkcijom koja prati krivu raspodele koja se uspostavlja za niz uzastopnih vremenskih perioda (Radojičić i dr., 2013).

Drugi pionir na ovom polju, *Bass*, opisuje difuzioni proces kao rezultat dva nezavisna uticaja: mas-medija i efekta Word-of-Mouth (WoM) (Bass, 1969). Efekat mas medija se odnosi na korisnike zainteresovane za servise/proizvode koji su inovativni. Ovaj segment tržišta je pod jakim uticajem reklama, koje kod korisnika stvaraju osećaj svesnosti i prisutnosti novog servisa/proizvoda. Sa druge strane, WoM efekat tj. usmeno prenošenje iskustva veći je po pitanju uticaja na brzinu difuzije (Radojičić i dr., 2013). Ovaj model našao je primenu pre svega u prognoziranju prihvatanja novih servisa/proizvoda i tehnologija.

3.3. *Bass*-ov difuzioni model

Bass-ov difuzioni model opisuje proces prihvatanja novog servisa/proizvoda kroz interakciju između postojećih korisnika i potencijalnih korisnika (Bass, 1969). Ove uticaje *Bass*-ov model kvantifikuje kroz vrednosti parametara inovacije i imitacije, koji definišu različite brzine procesa difuzije. *Bass* je izneo tvrdnju da je verovatnoća kupovine nekog novog servisa/proizvoda linearna funkcija broja prethodnih prodaja. Ove linearne koeficijente on je povezao sa karakteristikama inovacije i imitacije. Princip funkcionisanja *Bass*-ovog modela prikazan je na Slici 2.

Najčešće se novi korisnici formiraju nakon kontakta sa postojećim korisnicima, odnosno nakon što postojeći korisnici usmeno prenesu svoja iskustva potencijalnim korisnicima. Međutim, usmeno prenošenje iskustava nije dovoljno kako bi se svest o kvalitetnom servisu/proizvodu brzo proširila u društvu. Zbog toga, *Bass*-ov model poseduje i sposobnost modeliranja konstantnog priliva novih korisnika kao rezultat reklamnih aktivnosti. Faktori koji utiču na brzinu difuzije mogu se u osnovi grupisati na one koji se odnose na karakteristike novog servisa/proizvoda (prednosti u odnosu na postojeće, stepen kompatibilnosti, složenost samog servisa/proizvoda sa aspekta korišćenja, pogodnosti i sl.) i one na koje se može uticati odgovarajućom strategijom marketinga (reklama, promotivne kampanje i sl.).



Slika 2. Princip funkcionisanja Bass-ovog difuzionog modela, (Radojičić i dr., 2013)

Polazna hipoteza *Bass*-ovog modela (Bass, 1969) se odnosi na linearnu zavisnost verovatnoće kupovine servisa/proizvoda *P(t)* od kumulativnog broja korisnika *N(t)*, u trenutku *t*:

$$P(t) = p + (q/m)N(t), \tag{1}$$

pri čemu su parametri *p*, *q* i *m* konstante. Parametar inovacije *p* predstavlja verovatnoću inicijalne kupovine u trenutku $t = 0$, a njegova vrednost se reflektuje na eksterni uticaj (inovatori) u društvenom sistemu. Parametar imitacije *q* predstavlja verovatnoću kasnijeg prihvatanja inovacije u društvu, a parametar *m* predstavlja potencijal tržišta.

Difuzioni proces se, prema *Bass*-ovom modelu, može predstaviti diferencijalnom jednačinom

$$\frac{dN(t)}{dt} = \left(p + \frac{q}{m} N(t) \right) (m - N(t)) \tag{2}$$

Ako se uvede da je deo tržišta koji prihvata servis/proizvod do posmatranog trenutka *t* funkcija raspodele $F(t) = N(t)/m$, model se može analizirati preko relacije (Bass, 1969), (Mahajan et. al., 2000).

$$\frac{dF(t)}{dt} = (p + qF(t))(1 - F(t)) \tag{3}$$

Ako je $N(0)=0$ za $t=t_0=0$, rešenje diferencijalne jednačine (2) predstavlja vremensku zavisnost difuzionog procesa

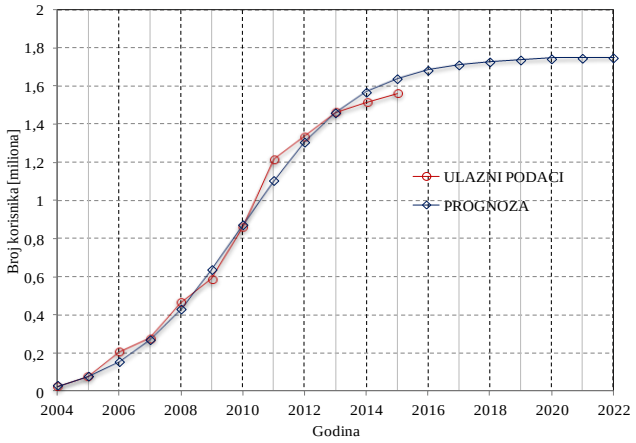
$$N(t) = m \cdot \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \tag{4}$$

Ukupni potencijal tržišta, *m*, čine svi potencijalni korisnici servisa/proizvoda. U proceni ovog parametra mogu učestvovati: ukupna populacija, broj domaćinstava, ekonomski status pojedinaca i društva u celini, demografska struktura, natalitet, prisustvo konkurencije na tržištu, navike korisnika i sl.

4. PROGNOZA ŠIROKOPOJASNOG TRŽIŠTA U REPUBLICI SRBIJI

Na osnovu statističkih podataka RATEL-a (Ratel, 2016) na Slici 3, prikazan je rast broja korisnika širokopojasnog pristupa Internetu po tehnologijama u Republici Srbiji, za period od 2004. do 2015. godine. Pored toga, na istoj slici date su prognozirane vrednosti ukupnog broja korisnika širokopojasnog pristupa internetu za predstojeći petogodišnji period. Prognoziranje je sprovedeno primenom *Bass*-ovog difuzionog modela, jednačina (4).

Difuzioni parametri (*m, p* i *q*) su inicijalno procenjeni primenom linearne regresije (Radojičić i dr., 2013) a potom dodatno fitovani kako bi se dobilo najbolje moguće poklapanje stvarnih i prognoziranih vrednosti.



Slika 3. Prognozirani broj širokopojasnih korisnika (u milionima) do 2022. godine u Republici Srbiji

Preciznost prognoziranog difuzionog modela analizirana je primenom tri testa: MAE-Mean Absolute Error (Hamilton, 1994), MAPE-Mean Absolute Percentage Error (Lewis, 1982) kao i primenom Durbin-Watson testa (Montgomery i dr., 2001). Što su vrednosti MAE ili MAPE manje, postiže se bolje fitovanje krive. Dobijene vrednosti za MAPE test se mogu proceniti koristeći Lewis skalu za procenu tačnosti prognoze, kao što je prikazano u Tabeli 3.

Tabela 3. Skala ocene pouzdanosti prognoze (Lewis, 1982)

MAPE	**Ocena pouzdanosti prognoze**	**MAPE**	**Ocena pouzdanosti prognoze**
Manje od 10%	Visoko pouzdana	21 do 50%	Razumna prognoza
11 do 20%	Dobra prognoza	51% i preko	Netačana prognoza

Za proveru postojanja sistematskih grešaka primenjen je Durbin-Watson (DW) test. Ukoliko se dobijena vrednost za *DW* nalazi u intervalu [1.5, 2.5] (strožije [1.7, 2.5]), nije ustanoljeno postojanje sistematskih grešaka. Uobičajeni slučajevi sistematskih grešaka su pogrešan oblik krive i diskontinuitet (neslaganje) u podacima. Evaluacija prognoziranih vrednosti sprovedena je preko navedenih testova. Dobijeni rezultati prikazani su u Tabeli 4.

Tabela 4. Evaluacija prognoziranih vrednosti kumulativne funkcije prodaje

TEST	**MAE**	**MAPE(%)**	**DW**
	0.036	5.854	1.586

Dobijena vrednost MAPE testa pokazuje da primena *Bass*-ovog modela rezultira "visoko pouzdanom prognozom", što je takođe potvrđeno veoma niskom vrednošću za MAE test. Pored toga, rezultat Durbin-Watson testa je u okviru intervala 1.5-2.5, što pokazuje odsustvo prvog reda autokorelacije, ukazujući da nema sistemskih grešaka unutar prognoziranih podataka. Smernice za dalje istraživanje ukazuju na primenu i nekog od ekonometrijskih modela za prognoziranje zahteva tržišta. Ukrštanjem dobijenih rezultata obezbeđuje se kvalitativni doprinos pouzdanosti dobijene prognoze.

5. ZAKLJUČAK

Širokopojasni pristup Internetu predstavlja najefikasniju podršku razvoju informacionog društva, koje postaje presudan faktor ekonomskog rasta i napretka jedne zemlje. Za potpuno iskorišćenje potencijala koje pružaju širokopojasne tehnologije,

neophodno je svim građanima i poslovnim subjektima obezbediti ekonomski prihvatljiv i jednostavan pristup telekomunikacionoj infrastrukturi. U prethodnom periodu, tržište Interneta u Republici Srbiji kretalo se u pravcu značajne ekspanzije sa aspekta broja i strukture Internet priključaka krajnjih korisnika. Prognozirani ukupan broj pretplatnika Internet usluga, tj. ukupan broj širokopojasnih priključaka u Republici Srbiji u 2022. godini iznosiće preko 1,7 miliona. Dobijeni rezultati pokazuju da će se u narednom petogodišnjem periodu približno dostići gustina zasićenja širokopojasnog tržišta. Ukupan potencijal tržišta, korišćen u ovom radu, obuhvata fiksni i mobilni pristup Internetu. U pogledu fiksnog pristupa Internetu, očekuje se da će se nastaviti trend povećanja broja PC računara u domaćinstvima, koji se trenutno supstituišu mobilnim pristupom. Slično kao kod raspodele domaćinstava koja poseduju računar, i kod zastupljenosti Internet priključaka postoje razlike između teritorijalnih celina. Značajne razlike postoje i između zastupljenosti Internet priključaka u urbanom i ruralnom delu Srbije. Kako će se razvijati potencijal tržišta, svakako će najviše zavisiti od stepena ekonomske razvijenosti posmatranog područja.

6. LITERATURA

Bass, F. M. (1969). A New Product Growth for Model Consumer Durables, Management Science, 15(15), 215-227.

Bass, F. M., Krishnan T. V., and Jain, D. C. (1994). Why the Bass model fits without decision variables, Marketing science, 13(3), 203-223.

Hamilton, J. D. (1994).Time Series Analysis. Vol. 2., Princeton: Princeton university press.

Krishnan, T. V., Bass F. M, and Kumar V. 2000. Impact of a Late Entrant on the Diffusion of a New Product/Service, Journal of Marketing Research, 37(2), 269-278.

Lewis, C. D. (1982). International and Business Forecasting Methods, London: Butter-Worths.

Montgomery, D. C., Peck, E. A. and. Vining, G. G. (2001). Introduction to Linear Regression Analysis, Wiley.

Mahajan, V., Muller, E. and Wind Y. (2000). New-Product Diffusion Models, Springer, 123-140.

Mahajan, V. and Peterson A. R. (1978). Innovation diffusion in a dynamic potential adopter population, Management Science, 24(15), 1589-1597.

Strategija razvoja širokopojasnih mreža i servisa u Republici Srbiji do 2016. god.(2014), Službeni glasnik RS, 81.

Republic of Serbia - Regulatory Agency for Electronic Communications and Postal Services (RATEL). (2016). An Overview of Telecom Market in the Republic of Serbia in 2015.

Radojičić, V., Bakmaz, B. i Veličković, S. (2013). Prognoziranje novih telekomunikacionih servisa. Univerzitet u Beogradu-Saobraćajni fakultet.

Turk, T., and Trkman P. (2012). Bass model estimates for broadband diffusion in European countries, Technological Forecasting and Social Change, 79(1), 85-96.

VI International Symposium
NEW HORIZONS 2017
of transport and communications
17 - 18 November 2017
www.novihorizonti.rs.ba

DALJINSKA KONTROLA I PRAĆENJE MREŽE SOLARNIH AGREGATA*

REMOTE CONTROL AND MONITORING OF SOLAR AGGREGATE NETWORKS

Aleksandar Stjepanović, Miroslav Kostadinović, Goran Kuzmić

Saobraćajni fakultet Doboj, vojvode Mišića 52, Doboj, Bosna i Hercegovina, aco_stjepanovic@yahoo.com, kostadinovicm@gmail.com, goran.kuzmic1973@gmail.com

Apstrakt: *Osnovni ciljevi istraživanja su analiza mogućnosti daljinske kontrole i praćenje rada pokretnih solarnih agregata u svrhu daljinskog energetskog napajanja udaljenih objekata saobraćajne infrastrukture. Ranija istraživanja su provedena odvojeno na samostalnim autonomnim solarnim agregatima koji nisu bili daljinski kontrolisani. Ideja koja je analizirana su mogućnosti daljinske kontrole mreže solarnih agregata putem mobilnog telefona i instalirane aplikacije. Za prikupljanje podataka korištena je metoda studije slučaja i eksperimentalna mjerenja. Rezultati koji su dobijeni pokazuju da se vrlo uspješno mogu koristiti aplikacije na mobilnim telefonima ili računarima putem kojih se mogu pratiti i daljinski kontrolisati solarni agregati koji se nalaze na udaljenim i teško dostupnim lokacijama.*

Ključne riječi: *solarni agregati, mobilne aplikacije, Android operativni sistem*

Abstract*: The main objectives of the research are the analysis of the possibilities of remote control and monitoring of the operation of solar aggregates for the purpose of remote power supply of remote objects traffic infrastructure. Early investigations were carried out separately on autonomous solar aggregates that were not remote controlled. The idea that has been analyzed is the possibility of remote control of a network of solar aggregates via a mobile phone. The data collection method used was the case study method, experimental measurements. The results obtained show that applications can be used on mobile phones to monitor and remotely control solar aggregates located in remote and hard-to-reach locations.*

Key words: *Solar aggregates, mobile applications, Android operating system*

1. UVOD

Za rezervno energetsko napajanje objekata (telekomunikacioni, vojni, objekti civilne zaštite, objekti putne infrastrukture) na udaljenim i teško dostupnim lokacijama često se koriste agregati sa fosilnim pogonskim gorivima. Problemi koji se javljaju sa ovakvim uređajima je stalna potreba za dopunom goriva, ručni start na licu mjesta, održavanje. Svi ovi elementi utiču na troškove eksploatacije ovakvih sistema, te uveliko povećavaju vrijeme odziva u urgentnim situacijama. Kao jedno od rješenja rezervnog energetskog napajanja na udaljenim lokacijama, analizirana je primjena pokretnih solarnih autonomnih fotonaponskih agregata namijenjenih energetskom napajanju uređaja koji čine dio savremene putne infrastrukture, kao što su inteligentni saobraćajni znakovi, senzori za prikupljanje informacija sa terena i drugo. Fotonaponski sistemi imaju mogućnost lakog instaliranja na mjestima na kojima nije dostupna standardna elektroenergetska mreža. Konvertovana energija putem

* ***Stručni rad***

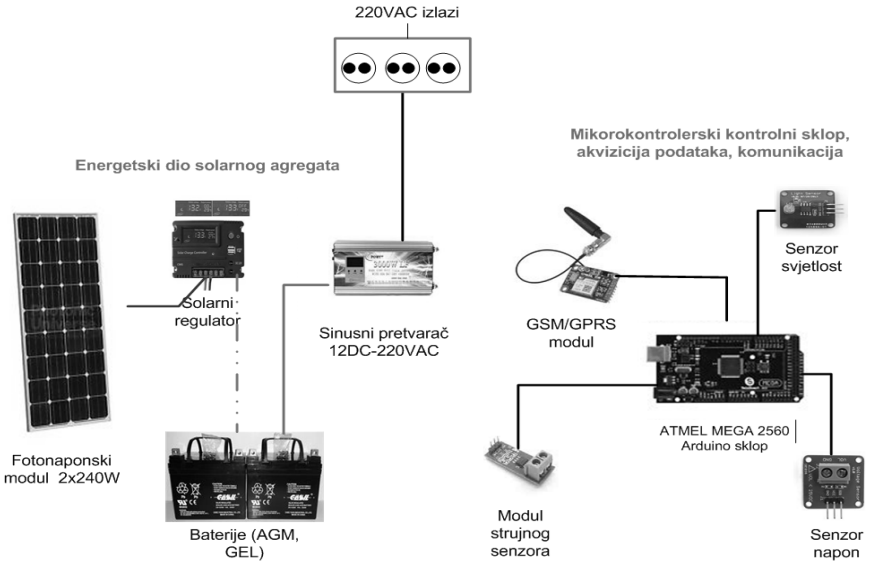
fotonaponskih panela se smješta u baterijske blokove potrebnog kapaciteta kako bi se obezbijedilo neprestano napajanje uređaja i u večernjim časovima ili kada je oblačno vrijeme. Autonomni fotonaponski agregati rade samostalno bez uticaja čovjeka i kada su instalirani ne zahtijevaju stalno održavanje. Vijek eksploatacije fotonaponskih agregata procjenjuje se na 25 godina čime se procjenjeni troškovi održavanja svode na minimum (Stjepanovic i dr., 2014).

Rješenje koje je predloženo i analizirano u radu predstavlja integraciju fotonaponskih autonomnih agregata kao energetskih pretvarača i web odnosno mobilnih aplikacija kao informacionog elementa (Ioannis, 2011). Sličan sistem su u svom radu analizirali autori (S. Divya, S. Sunanda, 2016), čija je namjena prikupljanje podataka iz jednog mikromrežnog agregata zasnovanog na različitim obnovljivim izvorima, sunce, vjetar a uz korištenje aplikacije na mobilnom telefonu. U svom radu (Salahuddin i Farhan, 2014) autori analiziraju pokretne solarne agregate namijenjene urgentnim situacijama (požari, zemljotresi, tornado) bez mogućnosti daljinske kontrole i praćenja njihovog rada. Razlika predloženog u odnosu na pomenuto rješenje (Divya, Sunanda, 2016) je u tome što se za umrežavanje agregata analiziranog u radu koristi mikrokontrolerski sklop na bazi Arduino platforme sa dodatnim GSM/GPRS modulom. Arduino sklop ima funkciju praćenja i nadzora potrebnih parametara putem instaliranih senzora te dodatnu funkciju pokretanja i zaustavljanja rada agregata pomoću relejnih izlaza (Stjepanovic i dr., 2014). Parametri koji se prate su stepen napunjenosti baterija (struja, napon) i intenzitet zračenja na fotonaponskom modulu. Aplikacija za mobilni telefon je urađena za Android operativni sistem, dok je web aplikacija urađena u HTML5.0.

2. METODE

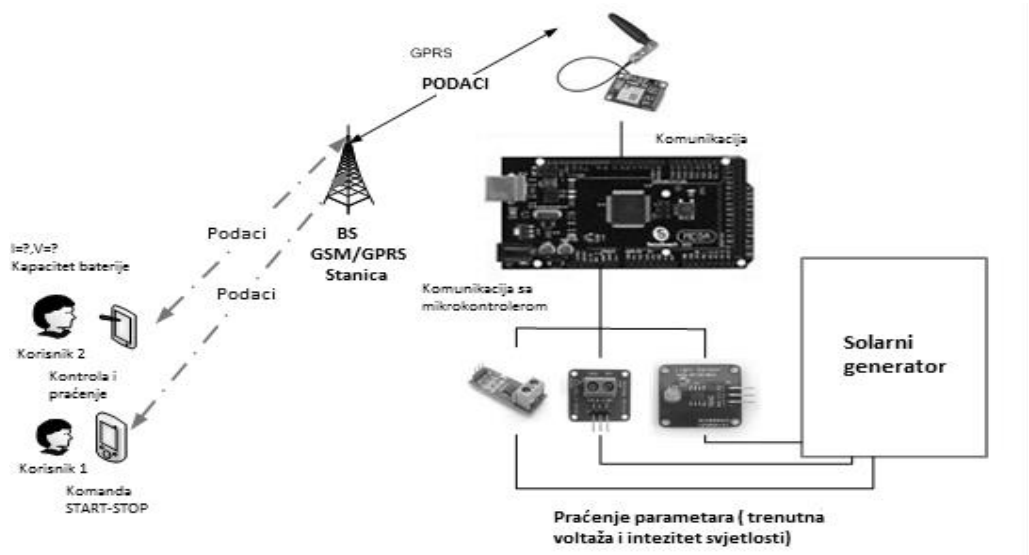
Za energiju sunčevog zračenja kaže se da je obnovljiva jer predstavlja stalni i nepresušni izvor energije. Svjetlost koja svakodnevno dospijeva na površinu Zemlje predstavlja samo mali dio ukupne energije emitovane od strane Sunca. Srednja vrijednost intenziteta sunčevog zračenja izvan atmosfere (poznata još kao solarna konstanta) iznosi 1353 W/m^2. Zbog slabljenja koje izaziva atmosfera maksimalni intenzitet zračenja Sunca na nivou mora iznosi približno 1 kW/m^2. Na današnjem stepenu tehnološkog razvoja fotonaponskih modula sva energija koja dospije na Zemlju se ne može konvertovati u električnu energiju. Stepen efikasnosti fotonaponskih modula iznosi od 15-18%, što je još uvijek relativno malo, ali ipak predstavlja dovoljnu količinu za komercijalno korištenje.

Osnovni element fotonaponskog modula predstavlja solarna ćelija. Većina današnje proizvodnje solarnih ćelija je bazirana na monokristalu silicijuma. U novije vrijeme se sve više koristi silicijum u polikristalnoj formi. Silicijum je osnovni poluprovodnički materijal koji posjeduje dobro izbalansirane elektronske, fizikalne i hemijske karakteristike. Masovna primjena ovog poluprovodnika u mikroelektronskoj industriji dovela je do značajne primjene silicijuma u industriji fotonaponskih ćelija. Solarna ćelija je elektronski element koji na principu fotonaponske konverzije vrši pretvaranje upadne sunčeve svjetlosti u električnu energiju. Po svojoj strukturi solarna ćelija predstavlja pn spoj koji apsorbuje fotone iz sunčevog zračenja i njihovu energiju koristi za stvaranje parova elektron-šupljina (Surya i Sai Babu, 2012). U fazi eksperimentalnog istraživanja projektovan je i realizovan autonomni fotonaponski sistem koji se sastoji od fotonaponskih modula, solarnog regulatora, baterije i po potrebi invertera za pretvaranje istosmjerne u naizmjeničnu struju, odnosno DC/AC pretvarača. Na slici 1. je prikazan autonomni solarni agregat sa kontrolnim, akvizicionim i komunikacionim dijelom (Stjepanovic i dr., 2014):



Slika 1. Autonomni solarni agregat-Izvor: (Stjepanovic i dr., 2014)

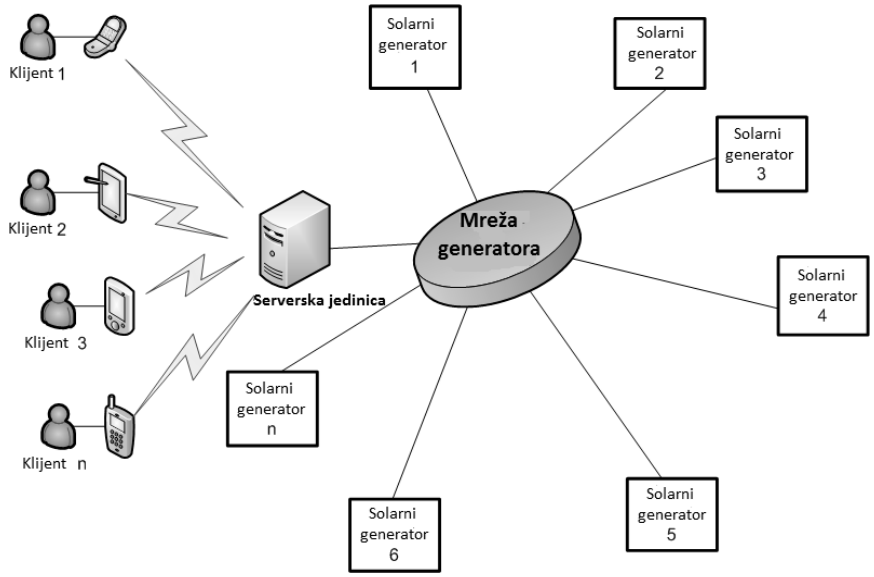
Mikrokontrolerski uređaj na bazi Arduino sklopa MEGA 2560 prati stepen napunjenosti baterije te na osnovu dobijenih podataka vrši upravljanje i kontrolu potrošača. Dobijeni podaci se šalju putem GPRS protokola ka centralnoj serverskoj jedinici. Opearater uvidom u dobijene podatke može kontrolisati potrošače te vršiti daljinsko isključenje ili uključenje pojedinih potrošača odnosno komplet agregata. Na slici 2. prikazan je princip rada kompletnog sistema.



Slika 2. Princip rada sistema-Izvor: (Stjepanovic i dr., 2014)

Vidljivo je sa slike da korisnici imaju mogućnost udaljene kontrole preko svojih korisničkih uređaja (mobilni telefoni, iPad, laptop računari). Mobilna ili web aplikacija pruža mogućnost operateru da prati parametre rada udaljenog fotonaponskog agregata te da po potrebi daljinski vrši njegovo uključenje/isključenje. Mikrokontrolski sklop vrši praćenje rada energetskog dijela (napon, struja, stepen napunjenosti baterije) i smješta te podatke u internu memoriju. Kada korisnik putem Android aplikacije instalirane na svom korisničkom uređaju

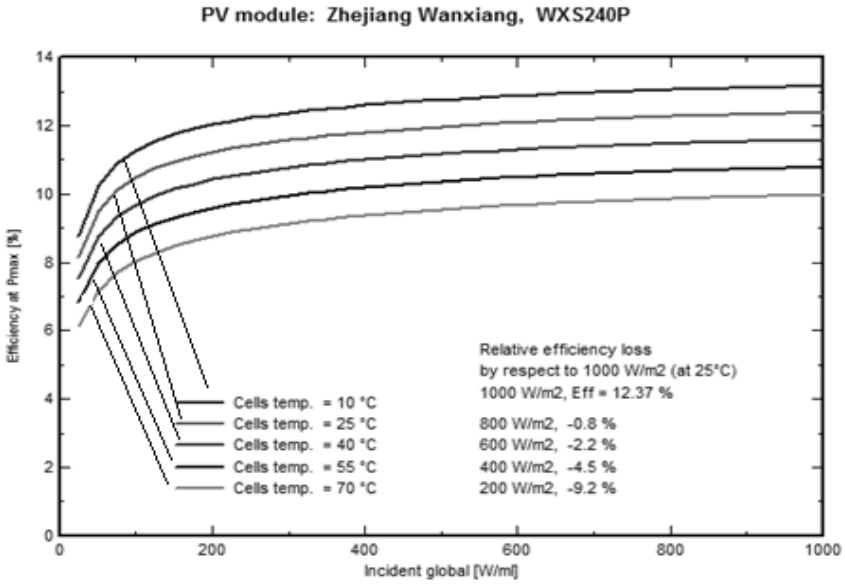
prozove putem GPRS komunikacionog protokola mikrokontrolersku upravljačku jedinicu agregata, dobiće povratnu informaciju o praćenim parametrima. Korisnik ima mogućnost da prekine rad agregata izdavanjem komande STOP a isto tako i da ponovno pokrene rad komandom START. Kao izvršni element za startovanje i zaustavljanje rada agregata iskorišten je izlazni relejni modul. Dalji razvoj sistema obuhvata proširenje sistema na mrežu agregata koji se lokacijski nalaze na različitim geografskim koordinatama. Time je dobijena mreža agregata koji mogu samostalno obavljati zadanu funkciju uz stalni ili povremeni nadzor od strane operatera. Kvalitet ponuđenog rješenja se ogleda u mogućnosti daljinske kontrole bez potrebe za neposrednim prisustvom na licu mjesta gdje su montirani agregati, te opcije u kojoj operater sa mobilnog uređaja upravlja i prati rad mreže agregata. Na slici 3. je prikazana mreža fotonaponskih agregata:



Slika 3. Mreža fotonaponskih agregata

3. REZULTATI

Za testiranje sistema provedena su mjerenja na prototipu uz studiju slučaja gdje je izabran model sa jednim agregatom. Agregat je testiran samostalno, uz simulaciju koja je provedena na softveru Pvsyst (PVsyst V5.56 – is a PC software for the study, sizing and data analysis of complete PV systems http://www.pvsyst.com\en\download -27.07.2017.) namijenjenom analizi i sintezi fotonaponskih sistema (Chandani i Anamika, 2014). Zbog velikih temperaturnih oscilacija tokom godine analiziran je uticaj temperature okoline na efikasnost rada agregata što je prikazano na slici 4. Vidljivo je sa grafika da sa porastom temperature okoline efikasnost naglo opada sa nekih 11% za temperature 0 do 10^0 C na 6% pri temperaturama od 70^0 C. Ovako drastičan pad efikasnosti uzrokovan je kako su i analize pokazale velikim padom napona praznog hoda usljed povećanja temperature modula. Ovo je pogotovo kritično u ljetnim mjesecima kada su temperature okoline mnogo više te dodatno dejstvo sunčevog zračenja izaziva i povećane gubitke u procesu konverzije (Stjepanovic i dr, 2011).



Slika 4. Grafik efikasnosti modula snage 240W u zavisnosti od promjene temperature na modulu

Za dvosmjernu komunikaciju operatera i udaljenih agregata odabrana je bezična GSM mreža, sa uslugom prenosa podataka na bazi GPRS protokola. Bežična GSM mreža je dostupna na cijeloj teritoriji Bosne i Hercegovine. Frekventni opseg koji obuhvata GSM sistem je 900 MHz opseg (890-915 MHz uplink, 935-960 MHz downlink), zatim 1800 MHz (uplink: 1710-1785 MHz, downlink: 1805-1880 MHz). Frekventni opseg širine 25 MHz sa opsega 900 MHz je podijeljen na 124 kanala svaki širine 200 kHz. Izlazna snaga signala za GSM 850/900 MHz je maksimalno 2W, a za GSM 1800/1900 MHz opseg, iznosi 1W maksimalno. Protok podataka je 60-80 kbps (downlink) i 20-40 kbps (uplink) što zadovoljava potrebe za količinom podataka koji se prenose. Zbog tromog procesa punjenja baterija procjenjeni vremenski interval slanja podataka sa agregata na serversku jedinicu može iznositi i do nekoliko minuta.

Problemi koji se mogu javiti u radu sistema je gubitak bežičnog signala GSM mreže kod ispada iz rada bazne stanice ili eventualne smetnje zbog vremenskih nepogoda pri slanju ili prijemu podataka što nije obuhvaćeno dosadašnjim istraživanjima.

4. DISKUSIJA

Prema provedenim istraživanjima, mjerenjima i simulacijama predloženi model mreže fotonaponskih agregata upravljanih i kontrolisanih sa udaljene lokacije, mogu predstavljati odličnu polaznu tačku za razvoj komercijalnog proizvoda, napajanje saobraćajnih znakova na autoputevima, svjetlosne signalizacije. Dostupne tehnologije pružaju mogućnost integrisanja informaciono-komunikacionih tehnologija sa naprednim rješenjima u konverziji sunčeve svjetlosti u električnu energiju.U radu su predstavljeni rezultati analize uticaja temperature na efikasnost rada fotonaponskog generatora zbog velikih godišnjih temepraturnih varijacija. Kod projektovanja agregata potrebno je voditi računa o ovim oscilacijama u efikasnosti konverzije. Daljnja istraživanja bi trebalo bazirati na izradi mreže sa više agregata kako bi se testirao rad web i mobilne aplikacije za praćenje rada agregata u realnim uslovima. Predloženo rješenje u odnosu na rješenja koja se nalaze u literaturi ima nekoliko prednosti koje se ogledaju u korištenju besplatnih programskih rješenja zasnovanih na Android OS i HTML jeziku za

označavanje, te Arduino hardverskoj platformi. Nedostaci predloženog sistema se ogledaju u stepenu sigurnosti prenesenih podataka te ovisnost o kvalitetu signala GSM mreže. Potencijalni problem kod održavanja sistema vezan je za zimski period kada naslage snijega na fotonaponskim panelima mogu uzrokovati drastično smanjenje efikasnosti kompletnog sistema.

5. ZAKLJUČAK

Predloženo rješenje za rezervno energetsko napajanje udaljenih objekata predstavlja jedan od načina za rješenje navedenog problema. Vidljivo je iz prezentovanog rada da se integracijom informaciono-komunikacionih tehnologija i jednog vida obnovljivih izvora energije mogu postići dobri rezultati. Smanjenje troškova održavanja, smanjenje vremena odziva, lakši uvid u stanje na terenu, predstavljaju samo neke od prednosti predloženog modela. Nedostaci se ogledaju u ovisnosti o telekom operateru, potrebi za sigurnim signalom te malim stepenom sigurnosti komunikacionog kanala. U daljnjim istraživanjima potrebno je tačno procijeniti potrebe za energijom te tako i projektovati energetski dio sistema. Istraživanja, takođe treba usmjeriti u iznalaženje različitih načina za komunikaciju udaljenih agregata i operatera u kontrolnom centru.

6. LITERATURA

Divya S., Sunanda S. (2016). *Controlling Microgrid System Using Renewable Energy Based Bidirectional PWM Technique with Wireless System and Administered By SCADA*. International Research Journal of Engineering and Technology, 3(6).

Ioannis-T. Theologitis K. (2011). *Comparison of existing PV models and possible integration under EU grid specifications*. Electric Power Systems Second Level, XR-EE-ES:011.

Salahuddin Q., Farhan Q. (2014). *Green Technology for Disaster Relief and Remote Areas*. 121 st ASEE Annual Conference & Exposition.

Sharina C., Jani A. (2014). *Solar Panel Mathematical Modeling Using Simulink*. International Journal of Engineering Research and Applications, 4, 67-72.

Stjepanović A., Stjepanović S., Softić F., Bundalo Z. (2011). *Temperature characteristic of Photovoltaic module*. 10th Anniversary International Conference on accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information technology, 555-560.

Stjepanovic A., Banjanin M., Softic F., Bundalo Z., Kostadinovic M. (2014). *Implementation of autonomus solar systems for power supply of transport facilities*. TMT 2014 18th International Research/Expert Conference – Trends in the Development of machine and associated technology.

Surya J., Sai Babu Ch. (2012). *Mathematical Modeling and Simulation of Photovoltaic Cell using Matlab/Simulink Environment*. International Journal of Electrical and Computer engineering IJECE, 2(1), 26-34.

VI International Symposium

NEW HORIZONS 2017

of transport and communications

17 - 18 November 2017

www.novihorizonti.rs.ba

General sponsor / Generalni sponzor

Supported by / Sponzori

ISBN 978-99955-36-66-4