



Zbornik radova XIII konferencije sa međunarodnim učešćem – TESI 2022

**tesi**  
**NA RASKRŠĆU**



Univerzitet u Beogradu  
Saobraćajni fakultet

MODUL ZA SAOBRAĆAJNO INŽENJERSTVO

*Zbornik radova*

*XIII konferencije sa međunarodnim učešćem o*

# **TE**hnikama **S**aobraćajnog **i**nženjerstva

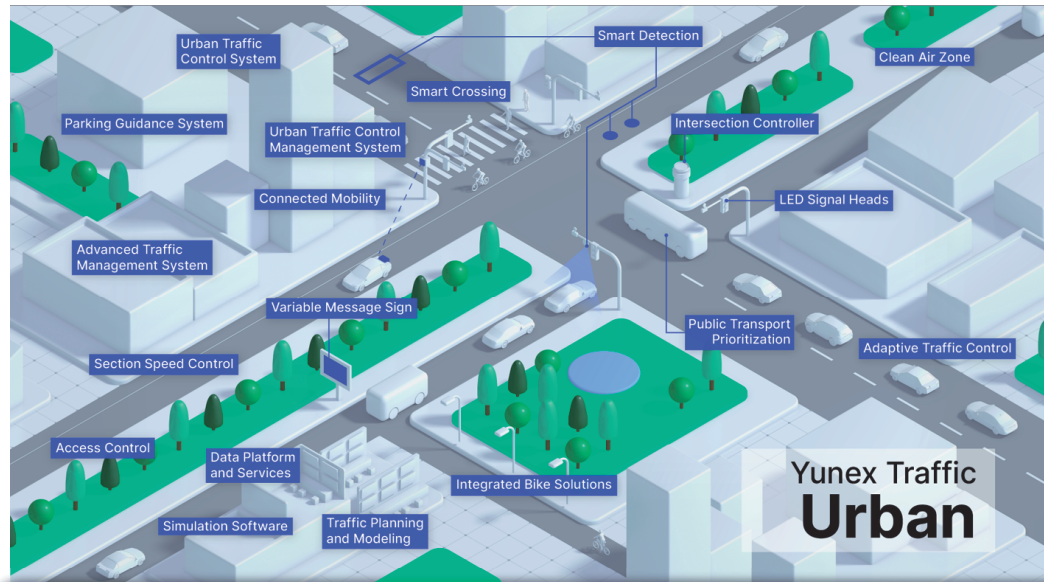
**13–14. oktobar 2022.**  
**Hotel Fontana, Vrnjačka Banja,**  
**Srbija**

ISBN 978-86-7395-458-5

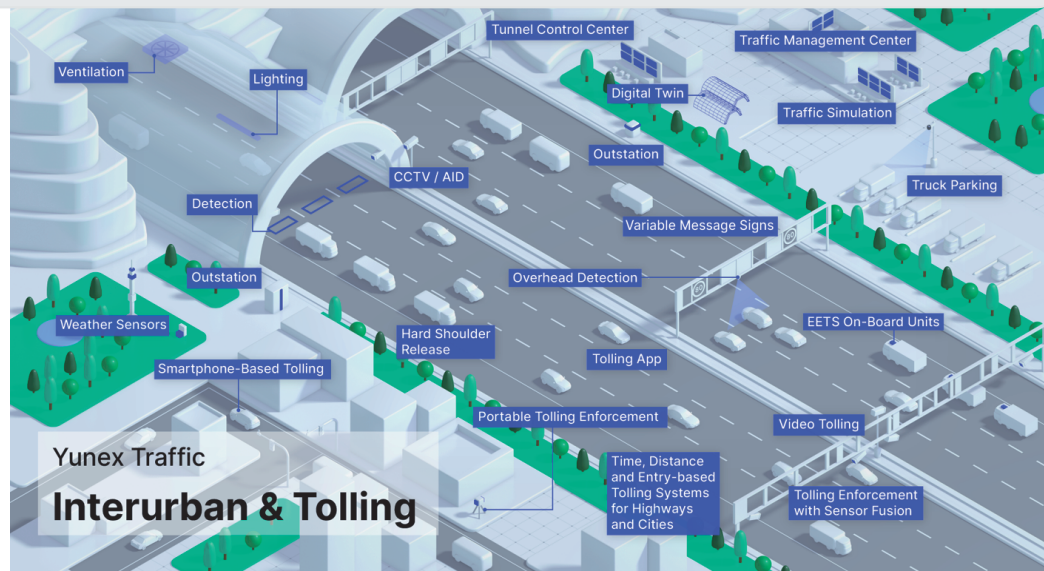


9 788673 954585

## Yunex Traffic: We launch cities into the future



*Founded and matured under the competence umbrella of Siemens, equipped with market-leading expertise and many years of project experience with infrastructure projects, we are now an independent, market-leading, and agile mobility innovator. Our products for efficient mobility ecosystems use digitalization to transform our cities into places where people can live, work, and move more freely.*



**KONFERENCIJA SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM**



**XIII konferencija o TEhnikama Saobraćajnog Inženjerstva**

# **ZBORNİK RADOVA**

**ORGANIZATOR:**

**UNIVERZITET U BEOGRADU  
SAOBRAĆAJNI FAKULTET**

*Modul za saobraćajno inženjerstvo*

**UZ PODRŠKU:**

**Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja**

**GENERALNI SPONZOR:**

**YUNEX TRAFFIC**

**VRNJAČKA BANJA, 13 - 14. OKTOBAR 2022.**

## ZBORNİK RADOVA XIII KONFERENCIJA O TEHNIKAMA SAOBRAĆAJNOG INŽENJERSTVA

EDITOR:	dr Nikola Čelar
ZA IZDAVAČA:	dekan, dr Nebojša Bojović
GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK:	dr Marijana Petrović
IZDAVAČ:	Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, telefon: 3976 - 017 fax: 3096 - 704 <a href="http://www.sf.bg.ac.rs">http://www.sf.bg.ac.rs</a>
PRIPREMA:	Dragana Petrović Vladimir Đorić
ŠTAMPA:	Birograf Comp d.o.o Beograd, Atanasija Pulje 22, 11080 Zemun, telefon: 30750–55; fax: 2194–752, e-adresa: office@birograf.rs; <a href="http://www.birograf.rs">http://www.birograf.rs</a>
TIRAŽ:	200

ISBN 978-86-7395-458-5

<https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954585/TEsi.2022.DR>

GODINA IZDAVANJA: **2022.**

CIP - Каталогизacija y публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

656.1(082)

625.7(082)

### **KONFERENCIJA o tehnikama saobraćajnog inženjerstva (13 ; 2022 ; Vrnjačka Banja)**

Konferencija sa međunarodnim učešćem TESI : zbornik radova / XIII konferencija o tehnikama saobraćajnog inženjerstva, Vrnjačka Banja, 13-14. oktobar 2022. ; organizator Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Modul za saobraćajno inženjerstvo ; [editor Nikola Čelar]. - Beograd : Univerzitet, Saobraćajni fakultet, 2022 (Zemun : Birograf Comp). - 384 str. : ilustr. ; 25 cm

Tekst ćir. i lat. - Tiraž 200. - Napomene uz radove. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7395-458-5

a) Друмски саобраћај -- Зборници б) Путеви -- Зборници

COBISS.SR-ID 75804681

## **PRESEDAVAJUĆI SAVETOVANJA**

Prof. dr Nikola Čelar, dis

## **REDAKCIONI I PROGRAMSKI ODBOR**

Prof. dr Nikola Čelar, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija, Predsednik  
 Prof. dr Vladan Tubić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Prof. dr Vladimir Đorić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Prof. dr Ivan Ivanović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Doc. dr Dragana Petrović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Doc. dr Jelena Kajalić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Prof. dr Draženko Glavić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Doc. dr Marijo Vidas, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Doc. dr Marina Milenković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Doc. dr Ana Trpković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Prof. dr Jelena Simićević, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Doc. dr Sanja Fric, Građevinski fakultet Beograd, Srbija  
 Prof. dr Valentina Mirović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad  
 Prof. dr Marko Subotić, Saobraćajni fakultet Doboj, Bosna i Hercegovina  
 Doc. dr Luka Novačko, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb  
 Doc. dr Daniela Koltovska Necoska, Tehnički fakultet Bitola, Makedonija  
 Prof. dr Radoje Vujadinović, Mašinski fakultet Podgorica, Crna Gora  
 Prof. dr Jasmina Bunevska Talevska, Tehnički fakultet Bitola, Severna Makedonija

## **ORGANIZACIONI ODBOR**

Prof. dr Vladimir Đorić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija, Predsednik  
 Prof. dr Ivan Ivanović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Stamenka Stanković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Nemanja Stepanović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Doc. dr Vladimir Čuljković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija  
 Sreten Jevremović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija



## GRUPA A

### REGULISANJE I UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM

<b>DEFINISANJE OGRANIČENJA BRZINE U ZAVISNOSTI OD KARAKTERISTIKA OKRUŽENJA PUTA</b>	15
<i>Anica Kocić Stojanović, Stamenka Stanković, Nikola Čelar, Jelena Kajalić</i>	
<b>DEFINISANJE SIGNALNIH PLANOVA U SKLADU SA POTREBAMA BICIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA</b>	21
<i>Vuk Bogdanović, Nemanja Garunović, Valentina Mirović</i>	
<b>UTICAJ TREPĆUĆEG ZELENOG SIGNALNOG POJMA NA EFEKTIVNO ZELENO VREME</b>	27
<i>Anica Kocić Stojanović, Stamenka Stanković, Nikola Čelar, Jelena Kajalić</i>	
<b>ISTRAŽIVANJE VREMENSKIH INTERVALA SLIJEĐENJA NA SIGNALISANIM RASKRŠNICAMA ULIČNOG FRONTA</b>	34
<i>Siniša Marić, Goran Bošnjak, Nikolina Keser, Marko Subotić</i>	
<b>UTICAJ UVOĐENJA PRIORITETA JAVNOG PREVOZA NA USLOVE U SAOBRAĆAJNOM TOKU</b>	47
<i>Marijana Mošić, Nataša Vidović, Ivana Joksimović</i>	
<b>PRIMENA INTEGRACIJE PTV EPICS, PTV BALANCE I SAUS SOFTVERA U ADAPTIBILNOM UPRAVLJANJU SAOBRAĆAJEM NA KORIDORU</b>	56
<i>Margareta Ilić, Stefan Mladenović</i>	
<b>PAMETAN PEŠAČKI PRELAZ – POVRATAK ČOVEKA U FOKUS UPRAVLJANJA</b>	64
<i>Miroslav Osoba, Boško Leković</i>	
<b>NAPREDAN PLAN SELECTION SISTEM ZASNOVAN NA PRIMENI ALGORITAMA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE</b>	71
<i>Miroslav Osoba, Boško Leković, Prof. Aleksandar Stevanović</i>	
<b>PRIMENA „FUZZY LOGIKE“ U PROCESU ODLUČIVANJA VEZANO ZA PREPORUČENU BRZINU KRETANJA VOZILA</b>	79
<i>Dragoslav Kukić, Đorđe Stanisavljević, Dragana Nojković, Miloš Tučić</i>	
<b>VIDEO NADZOR ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE REGISTARSKIH TABLICA I DETEKCIJU SAOBRAĆAJNIH PREKRŠAJA U SISTEMU UPRAVLJANJA BRZINAMA KOORDINISANIM RADOM SVETLOSNIH SIGNALA</b>	85
<i>Miroslav Derikonjić, Đorđe Fazekaš</i>	

## GRUPA B

### SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE

<b>PRERASPODELA PROSTORA ULICE U FUNKCIJI MIKROMOBILNOSTI</b> <i>Ana Trpković, Branimir Stanić, Sreten Jevremović</i>	97
<b>PROJEKTOVANJE PROLAZA PUTEVA KROZ NASELJE</b> <i>Stefan Tasić</i>	104
<b>UNAPREĐENJE BICIKLISTIČKE INFRASTRUKTURE – STUDIJA SLUČAJA GRADA SMEDEREVA</b> <i>Nikola Stojanovski, Ana Trpković, Sreten Jevremović</i>	115
<b>ХУМАНИ ИНЖЕЊЕРИНГ У НАСЕЉИМА И ГРАДОВИМА - АСПЕКТ ПРИСТУПАЧНОСТИ</b> <i>Анђела Лазаревић, Јелица Комарица</i>	124
<b>PROJEKTOVANJE DELJENIH PROSTORA – PRIMER DELA MREŽE U PANČEVU</b> <i>Miroslav Milošev, Sreten Jevremović</i>	132
<b>UTICAJ GEOMETRIJSKIH ELEMENATA PRELAZA BICIKLISTIČKE STAZE PREKO KOLOVOZA NA BRZINU KRETANJA BICIKLISTA</b> <i>Nemanja Garunović, Vuk Bogdanović, Vladana Tešić, Nenad Saulić</i>	138
<b>ANALIZA I SIMULACIJA PEŠAČKIH KRETANJA ZA VREME SPECIJALNOG DOGAĐAJA SA PREDLOGOM MERA-PRIMER SPORTSKI CENTAR RADNIČKI</b> <i>Stefan Knežević</i>	144
<b>PRAKTIČNA PRIMENA MOBILNIH BROJAČA SAOBRAĆAJA U CILJU PLANIRANJA SAOBRAĆAJNE MREŽE</b> <i>Aleksandar Petrić, Goran Đokić, Milana Krnjajac</i>	152
<b>ANALIZA I KVALITET MJERENJA SAOBRAĆAJNE SIGNALIZACIJE I OPREME U FUNKCIJI BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA</b> <i>Osman Lindov, Adnan Omerhodžić</i>	158



## GRUPA C

## SAOBRAĆAJNI TOK I EFIKASNOST PUTNE MREŽE

<b>ISTRAŽIVANJE ODSUPANJA EKSPLOATACIONIH BRZINA SAOBRAĆAJNOG TOKA OD OGRANIČENIH VREDNOSTI NA DVOTRAČNIM PUTEVIMA</b> <i>Marko Subotić, Ana Bonić, Edis Softić</i>	169
<b>ЕКОНОМСКА ЕВАЛУАЦИЈА УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ У АНАЛИЗИ ТРОШКОВА И КОРИСТИ ПУТНИХ ОБЈЕКТА</b> <i>Милица Стојићевећ, Анђела Јоксимовић</i>	177
<b>УПОРЕДНА АНАЛИЗА КАПАЦИТЕТА И НИВОА УСЛУГЕ КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА ПРЕМА ПРИРУЧНИКУ „HIGHWAY CAPACITY MANUAL” (НСМ) ИЗ 2010. И 2016. Г.</b> <i>Ивана Обрадовић, Владан Тубић</i>	187
<b>УТИЦАЈ СПЕЦИФИЧНОГ КОМЕРЦИЈАЛНОГ ПРИСТУПА НА УСЛОВЕ У SAOBRAĆAJНОМ ТОКУ</b> <i>Ognjen Čuljković, Siniša Stojanović</i>	193
<b>УТИЦАЈ ЗОНЕ РАДОВА НА БРЗИНЕ У SAOBRAĆAJНОМ ТОКУ</b> <i>Predrag Marković, Lazar Stanisavljević</i>	202
<b>САВРЕМЕНИ ПОСТУПАК АНАЛИЗЕ НИВОА УСЛУГЕ И КАПАЦИТЕТА АУТОБУСКИХ СТАЈАЛИШТА, МЕТРО ПЛАТФОРМИ И РЕШАЌКИХ КОМУНИКАЦИЈА</b> <i>Tamara Božić, Ivana Kuljanin</i>	209
<b>АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА SAOBRAĆAJНИХ ТОКОВА НА ПОСТОЈЕЋИМ И ПРОЈЕКТОВАНИМ АУТОПУТСКИМ ГРАНИЧНИМ ПРЕЛАЗИМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ</b> <i>Јован Дробњак, Никола Ивковић</i>	214
<b>ИНФРАСТРУКТУРА ОТПОРНА НА КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ</b> <i>Marijana Mošić, Draženko Glavić</i>	220
<b>НИБРИДНИ ТАРИФНИ МОДЕЛ ПУТАРИНЕ - АНАЛИЗА ПРИХВАТЉИВОСТИ</b> <i>Marina Milenković, Miloš Petković, Draženko Glavić</i>	226
<b>НАПЛАТА ЗАГУШЕЊА У ЦЕНТРАЛНИМ ГРАДСКИМ ЗОНАМА – ЕКОНОМСКИ, ЕКОЛОШКИ И ДРУШТВЕНИ УТИЦАЈ</b> <i>Јелица Комарица, Марина Миленковић, Драженко Главић</i>	232

**GRUPA D**  
**PLANIRANJE SAOBRAĆAJA**

<b>RODNE RAZLIKE U KARAKTERISTIKAMA TRANSPORTNIH ZAHTEVA U SRBIJI</b>	243
<i>Dragana Petrović, Svetlana Vukanović, Ivan Ivanović</i>	
<b>IZAZOVI DNEVNE MOBILNOSTI U GRADOVIMA – RODNA PODJELA</b>	249
<i>Ana Vujičić, Valentina Mirović, Jelena Mitrović Simić, Sonja Razić</i>	
<b>CONTRIBUTION TO THE INSTITUTIONALIZATION OF URBAN MOBILITY PROCESSES IN THE EXAMPLE OF NORTH MACEDONIAN MUNICIPALITIES</b>	256
<i>Jasmina Bunevska Talevska, Marija Malenkovska Todorova</i>	
<b>METODE ZA OCENU ALTERNATIVA U STRATEŠKOM PLANIRANJU BICIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA</b>	265
<i>Sanja Branković, Ivan Ivanović</i>	
<b>PRIMARNA SAOBRAĆAJNA INFRASTRUKTURA U FUNKCIJI ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI</b>	272
<i>Snežana Dimitrijević, Goran Zimonjić</i>	
<b>УРБАНИСТИЧКА АНАЛИЗА ПЛАНСКЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ (У ИЗРАДИ И ВАЖЕЋЕ) У ОДНОСУ НА ДЕЛОВЕ ПЛАНИРАНЕ ТРАСЕ МЕТРО ЛИНИЈА У БЕОГРАДУ – ДРУГА ФАЗА ПРВЕ ЛИНИЈЕ И ДРУГА МЕТРО ЛИНИЈА</b>	282
<i>Предраг Крстић, Милица Милутиновић, Никола Стојановски, Даница Мунижаба, Игор Теофиловић, Марија Косовић, Смиљка Живанчев</i>	
<b>STUDIJA UTICAJA NOVIH STAMBENIH OBJEKATA NA SAOBRAĆAJ</b>	291
<i>Bojan Orović, Vladimir Đorić</i>	
<b>UVOĐENJE BRT – STUDIJA SLUČAJA ZA GRAD SKOPLJE</b>	299
<i>Olivera Petrovska, Jovan Hristoski, Daniel Pavleski, Andon Petrovski, Darko Spasenovski</i>	
<b>АНАЛИЗЕ КАПАЦИТЕТА У ПОСТУПЦИМА ПЛАНИРАЊА ПУТЕВА</b>	309
<i>Милица Тубић, Јован Дробњак</i>	
<b>CREATING A MACROSCOPIC MODEL WITH PTV VISION VISUM, EXAMPLE OF PELAGONIJA REGION</b>	316
<i>Marija Stojanoska, Vaska Atanasova</i>	
<b>UTVRĐIVANJE FUNKCIJE ZAVISNOSTI VREMENA PUTOVANJA OD ODNOSA PROTOKA I KAPACITETA NA ULIČNOJ MREŽI NOVOG SADA</b>	322
<i>Nikola Pandžić, Vuk Bogdanović, Valentina Mirović, Nemanja Garunović</i>	

**GRUPA E**  
**PARKIRANJE**

<b>PARKIRANJE KA ODRŽIVOJ URBANOJ MOBILNOSTI</b>	333
<i>Nada Milosavljević, Jelena Simićević</i>	
<b>PROBLEMATIKA PARKIRANJA U KONTEKSTU OSTVARENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI U GRADOVIMA</b>	341
<i>Ranka Gajić, Svetlana Batarilo, Milena Kordić</i>	
<b>GENEZA PROBLEMA PARKIRANJA U NOVOM SADU</b>	347
<i>Zoran Papić, Milja Simeunović, Nenad Saulić</i>	
<b>UNAPREĐENJE METODOLOGIJE ZA ISTRAŽIVANJE KARAKTERISTIKA PARKIRANJA</b>	353
<i>Vladimir Čuljković, Nataša Vidović</i>	
<b>KONTROLA I SANKCIONISANJE PREKRŠAJA U PARKIRANJU – PODRŠKA UPRAVLJANJU PARKIRANJEM</b>	362
<i>Vladimir Čuljković</i>	
<b>SISTEM KONTROLE I SANKCIONISANJA PREKRŠAJA U PARKIRANJU PUTEM SCAN CAR</b>	372
<i>Marjana Radosavljević, Dušan Radosavljević</i>	
<b>UTICAJ PROMENE STRATEGIJE SNABDEVANJA GRADSKOG CENTRA NA POTRAŽNJU ZA PARKIRANJE</b>	378
<i>Vladimir Momčilović</i>	



**GRUPA A**

---

**REGULISANJE I UPRAVLJANJE  
SAOBRAĆAJEM**

---



## GRUPA A

### REGULISANJE I UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM

#### DEFINISANJE OGRANIČENJA BRZINE U ZAVISNOSTI OD KARAKTERISTIKA OKRUŽENJA PUTA

*Anica Kocić Stojanović, Stamenka Stanković, Nikola Čelar, Jelena Kajalić*

#### DEFINISANJE SIGNALNIH PLANOVA U SKLADU SA POTREBAMA BIKIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA

*Vuk Bogdanović, Nemanja Garunović, Valentina Mirović*

#### UTICAJ TREPĆUĆEG ZELENOG SIGNALNOG POJMA NA EFEKTIVNO ZELENO VREME

*Anica Kocić Stojanović, Stamenka Stanković, Nikola Čelar, Jelena Kajalić*

#### ISTRAŽIVANJE VREMENSKIH INTERVALA SLIJEĐENJA NA SIGNALISANIM RASKRŠNICAMA ULIČNOG FRONTA

*Siniša Marić, Goran Bošnjak, Nikolina Keser, Marko Subotić*

#### UTICAJ UVOĐENJA PRIORITETA JAVNOG PREVOZA NA USLOVE U SAOBRAĆAJNOM TOKU

*Marijana Mošić, Nataša Vidović, Ivana Joksimović*

#### PRIMENA INTEGRACIJE PTV EPICS, PTV BALANCE I SAUS SOFTVERA U ADAPTIBILNOM UPRAVLJANJU SAOBRAĆAJEM NA KORIDORU

*Margareta Ilić, Stefan Mladenović*

#### PAMETAN PEŠAČKI PRELAZ – POVRATAK ČOVEKA U FOKUS UPRAVLJANJA

*Miroslav Osoba, Boško Leković*

#### NAPREDAN PLAN SELECTION SISTEM ZASNOVAN NA PRIMENI ALGORITAMA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

*Miroslav Osoba, Boško Leković, Prof. Aleksandar Stevanović*

#### PRIMENA „FUZZY LOGIKE“ U PROCESU ODLUČIVANJA VEZANO ZA PREPORUČENU BRZINU KRETANJA VOZILA

*Dragoslav Kukić, Đorđe Stanisavljević, Dragana Nojković, Miloš Tučić*

#### VIDEO NADZOR ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE REGISTARSKIH TABLICA I DETEKCIJU SAOBRAĆAJNIH PREKRŠAJA U SISTEMU UPRAVLJANJA BRZINAMA KOORDINISANIM RADOM SVETLOSNIH SIGNALA

*Miroslav Derikonjić, Đorđe Fazekaš*





## DEFINISANJE OGRANIČENJA BRZINE U ZAVISNOSTI OD KARAKTERISTIKA OKRUŽENJA PUTA

Anica Kocić Stojanović, Tehnička škola, Smederevo, kocic.anica@tehnickasd.edu.rs

Stamenka Stanković, Saobraćajni fakultet, Beograd, s.stankovic@sf.bg.ac.rs

Nikola Čelar, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.celar@sf.bg.ac.rs

Jelena Kajalić, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.kajalic@sf.bg.ac.rs

*Rezime: Ograničenje brzine predstavlja maksimalnu bezbednu brzinu kojom se vozači mogu kretati u prevladavajućim uslovima na predmetnoj deonici puta. Međutim, postavljanje ograničenja brzine, ne znači uvek i poštovanje istog. Istraživanja su pokazala da vozači poštuju ograničenje brzine ukoliko to ograničenje smatraju logičnim. Vozači prilagođavaju svoju brzinu na osnovu uslova i okruženja puta, te se u procesu definisanja ograničenja brzine moraju uzeti u obzir karakteristike puta i njegovog okruženja. U ovom radu je analizirana brzina u različitim tipovima okruženja puta sa ciljem kvantifikacije uticaja aktivnosti u okruženju na brzinu kretanja vozača. Takođe, primenjena je metodologija definisanja ograničenja na osnovu karakteristika puta i njegovog okruženja.*

*Ključne reči: ograničenje brzine, dvotračni put, naseljeno mesto, okruženje puta*

### 1. Uvod

Iako definisano ograničenje brzine ukazuje na maksimalnu bezbednu brzinu kretanja na deonici, utvrđeno je da 40 do 50%, čak i do 80% vozača vozi preko ograničenja brzine [1]. Istraživanja pokazuju da vozači prekoračuju brzinu kada postavljeno ograničenje smatraju nekredibilnim [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Problem nepoštovanja postavljenih ograničenja je posebno izražen na deonicama koje predstavljaju prolaskе puteva kroz naseljena mesta. Na ovim deonicama se putna scena u manjoj ili većoj meri menja gradskom uličnom scenom, te ove deonice nemaju karakteristike samo jednog tipa okruženja. Vozačima je jasno kako da se ponašaju na čisto vangradskim ili čisto gradskim deonicama. Međutim, kada su karakteristike okruženja nejasne, vozači imaju različite percepcije okruženja što doprinosi različitim brzinama kretanja, te i velikim disperzijama brzina. Takvi uslovi u saobraćajnom toku su potpuno nepoželjni, obzirom na uticaj disperzije brzina [9, 10, 11, 12, 13] i razlike u brzinama [14, 15] na broj i posledice saobraćajnih nezgoda.

Dakle, postavlja se pitanje kako definisati ograničenje brzine na deonicama koje nemaju karakteristike samo jednog tipa okruženja. U procesu definisanja ograničenja brzine moraju se uzeti u obzir karakteristike puta i njegovog okruženja, jer je kredibilno ograničenje brzine ono koje je u skladu sa geometrijskim i saobraćajnim karakteristikama puta i njegovog okruženja [3].

U ovom radu je primenjena novozelandska metodologija (NZ metodologija) koja definisanje ograničenja brzine bazira na karakteristikama puta, okruženja i učesnika u saobraćaju [16]. NZ metodologija se zasniva na ocenjivanju okruženja i puta na segmentima dužine 100 m (zbog ograničenja broja strana metodologija nije predstavljena u celini). Ocena okruženja obuhvata ocenu sadržaja u okruženju i ocenu pristupnih puteva

na osnovu očekivanog broja automobila, pešaka i biciklista koji će biti generisani svakog dana. Takođe, ocena puta uzima u obzir i funkciju puta, geometriju puta, i način regulisanja raskrsnica, pešačkih i pružnih prelaza na putu, ali i kako nemotorizovani korisnici i parkiranje utiču na dinamički saobraćaj.

## 2. Metodologija istraživanja

Predmetno istraživanje je podrazumevalo snimanje i analizu brzina na tri deonice različitih karakteristika okruženja. Snimanje brzina je sprovedeno primenom metode plutajućeg vozila, koja podrazumeva da se vozilo kreće u saobraćajnom toku oponašajući merodavno vozilo iz tog toka. Brzina je beležena pomoću mobilnog telefona opremljenog aplikacijom za tu svrhu, koja beleži trenutnu lokaciju i brzinu kretanja u svakoj sekundi.

Pored snimanja brzina, tokom vožnje deonicama je izvršeno i snimanje kamerom. Pregledom snimaka pruža se uvid u karakteristike puta i okruženja, što predstavlja osnov za definisanje ograničenja brzine na osnovu opisane metodologije. Geometrijske karakteristike deonica (širine traka, uzdužni nagibi, radijusi) nisu kritične i slične su na svim deonicama, te je njihov uticaj izuzet iz analize.

## 3. Rezultati istraživanja

Karakteristike analiziranih deonica su utvđene za svakih 100 m deonica, a sumarno su date u tabeli 1. Karakteristike puta deonice 1 odgovaraju vangradskoj deonici i u okruženju je mali broj pristupa i nizak nivo aktivnosti. Deonica 3 se može okarakterisati kao klasično naseljeno mesto sa čestim pristupima i visokim nivoima aktivnosti, dok i sam put ima sve karakteristike ulice. Deonice 2 i 4 imaju karakteristike oba tipa okruženja – vangradska deonica puta, sa visokim nivoima aktivnosti u okruženju.

Na osnovu karakteristika puta i sadržaja u okruženju na predmetnim deonicama, utvđene su ocene na segmenatima dužine 100 m. Nakon sumiranja ocena okruženja i ocena puta po segmentima, utvđena je prosečna ocena analizirane deonice (tabela 1) na osnovu koje se dalje utvrđuje ograničenje brzine.

Na osnovu prosečne ocena deonice (tabela 1) utvđeno je ograničenja brzine za svaku deonicu (tabela 2) primenom opisane metodologije. Imajući na umu da je na Novom Zelandu na vangradskim deonicama opšte ograničenje 100 km/h, a u Srbiji je 80 km/h, izvršeno je „skaliranje“ utvđenih ograničenja na vrednosti ograničenja koje bi odgovarale u lokalnim uslovima (tabela 2).

Na svim deonicama je aktuelno ograničenje 50 km/h, obzirom da se deonice tretiraju kao prolasci državnih puteva kroz naseljena mesta (tabela 2).

Pored aktuelnog i utvđenog ograničenja, u tabeli 2 su date prosečna brzina i 85. percentil brzine, kao važan element analize realnih brzina. Naime, 85. percentil brzine se dugi niz godina koristi kao prvi korak u određivanju maksimalne i bezbedne brzine. Utvđeno je da sa povećanjem apsolutne razlike između ograničene brzine i 85. percentila brzine raste broj saobraćajnih nezgoda sa poginulim i teško povređenim licima [17].

Tabela 1: Karakteristike puta i okruženja i prosečna ocena deonica

	Deonica 1	Deonica 2	Deonica 3	Deonica 4
Broj pristupa po km deonice	17	45	75	44
Nivo aktivnosti po km deonice	43	95	153	123
Pešaci	Pešaci se moraju kretati kolovozom ili bankinom < 200 peš/dan	Pešaci se mogu kretati bankinom < 200 peš/dan	Pešačka staza uz kolovoz ≥ 200 peš/dan	Pešaci se mogu kretati bankinom < 200 peš/dan i ≥ 200 peš/dan
Biciklisti	Biciklisti se mešaju sa motorizovanim saobraćajem < 200 bic/dan	-	Biciklisti se mešaju sa motorizovanim saobraćajem < 200 bic/dan	Biciklisti se mešaju sa motorizovanim saobraćajem < 200 bic/dan
Parkiranje	Vozila se mogu parkirati 2m od dinamičkog saobraćaja	< 2 park/100 m, blizu dinamičkog saobraćaja, ali bez ometanja	Česta parkiranja sa kraćim zadržavanjem, blizu dinamičkog saobraćaja, ali bez ometanja	< 2 park/100 m, blizu dinamičkog saobraćaja, ali bez ometanja i česta parkiranja sa kraćim zadržavanjem, blizu dinamičkog saobraćaja, 2 m od dinamičkog saobraćaja
Geometrija puta	Dvosmerni put, prosečna/dovoljna preglednost	Dvosmerni put, prosečna/dovoljna preglednost	Dvosmerni put, prosečna preglednost	Dvosmerni put, dovoljna preglednost
Regulisanje saobraćaja	-	-	Raskrsnica regulisana svetlosnim signalima i pešački prelaz	-
Funkcija puta	Vezni put / Primarna ulica	Vezni put / Primarna ulica	Vezni put / Primarna ulica	Vezni put / Primarna ulica
Prosečna ocena deonice	4,41	7,33	16,46	8,39

Tabela 2: Brzine

Brzina (km/h)	Deonica 1	Deonica 2	Deonica 3	Deonica 4
Ograničenje po NZ metodologiji	80	70	50	70
Skalirano ograničenje	70	60	50	60
Aktuelno ograničenje	50	50	50	50
Prosek	68,3	66,3	48,6	55,8
85. percentil	72,7	70,5	56,6	59,0

Primenom NZ metodologije utvrđena su ograničenja brzine za svaku od deonica i uočava se da se ograničenja razlikuju (tabela 2). Ovi rezultati potvrđuju da se ograničenja brzine mogu razlikovati u zavisnosti od tipa okruženja, tj. karakteristika puta i okruženja.

Najveća ograničena brzina, 70 km/h, je određena za deonicu 1, što je u skladu sa karakteristikama deonice. Naime, put ima karakteristike vangradske deonice i nemotorizovani učesnici i parkiranje imaju mali uticaj na dinamički saobraćaj, dok sadržaji u okruženju puta generišu nizak nivo aktivnosti. Na ovoj deonici se vozači kreću prosečnom brzinom 68,3 km/h, dok je 85. percentil brzine 72,7 km/h, što ukazuje da vozači ovu deonicu ne percepiraju kao gradsku.

Na deonici 3 je NZ metodologijom utvrđeno ograničenje brzine 50 km/h što predstavlja i aktuelno ograničenje. Ova deonica ima sve karakteristike naselja – visok nivo aktivnosti, mešanje nemotorizovanih i motorizovanih učesnika u saobraćaju, česti pešački prelazi, signalisana raskrsnica, trotoari. Vozači, takođe, ovu deonicu percepiraju kao naseljeno mesto, te brzinu prilagođavaju tome. Naime, prosečna brzina je 48,6 km/h, a 85. percentil brzine 56,6 km/h.

Primenom NZ metodologije je utvrđeno da deonicama 2 i 4 odgovara ograničenje brzine 60 km/h. Ove deonice ne pripadaju nijednom standardnom tipu okruženja, već imaju karakteristike i naseljenog mesta i vangradske deonice. Na deonici 2 je prosečna brzina 66,3 km/h, dok je 85. percentil brzine 70,5 km/h, a na deonici 4 su ove brzine 55,8 km/h i 59,0 km/h, respektivno. Dakle, brzine su između onih u naseljenom mestu i na vangradskim deonicama što pokazuje da vozači nisu sigurni o kom tipu okruženja se radi.

Na osnovu svih rezultata se uočava da vozači uglavnom prekoračuju aktuelno ograničenje brzine 50 km/h. S druge strane, pokazano je da primena NZ metodologije definiše ograničenja brzine koja su u skladu sa 85. percentilom brzine, što znači da bi ova ograničenja poštovala oko 85% vozača. Od ovog pravila odstupa brzina na deonici 2, na kojoj je nešto niži nivo aktivnosti u okruženju puta što vozačima pruža osećaj da se mogu kretati višim brzinama. Dakle, definisanju adekvatnog ograničenja brzine mora prethoditi analiza puta, okruženja i sadržaja u okruženju puta, ali i analiza brzina u toku obzirom da one reprezentuju percepcije vozača o okruženju.

#### **4. Zaključak**

Vozači prekoračuju postavljeno ograničenje brzine kada isto nije u skladu sa njihovim percepcijama puta i okruženja. Ovakva neslaganja dovode do narušavanja kredibiliteta ograničenja, jer ih vozači smatraju nelogičnim. Dakle, vrlo je važno da ograničenje brzine bude u skladu sa karakteristikama puta i njegovog okruženja te da se i process definisanja ograničenja brzine zasniva na tome.

Primenjena NZ metodologija, prilikom definisanja ograničene brzine, uzima u obzir funkciju puta u putnoj mreži, geometriju puta, način regulisanja saobraćaja na raskrsnicama, pešačkim i pružnim prelazim na putu, ali i kako nemotorizovani korisnici i parkiranje utiču na dinamički saobraćaj. Iako je broj pristupa okarakterisan kao uticajni faktor na brzine [18, 19], ipak nije dovoljno samo prosto sabrati pristupe obzirom na različite nivoe aktivnosti koje generišu različiti tipovi sadržaja na tim pristupima. NZ metodologija uzima u obzir sadržaje u okruženju puta i na pristupnim putevima, procenjujući, pri tom, očekivani broj automobila, pešaka i biciklista koji će biti generisani svakog dana.

Rezultati primene NZ metodologije su pokazali da bi deonice različitih karakteristika trebalo da imaju različita ograničenja brzine, što u postojećem stanju nije slučaj. Takođe,

ograničenja definisana u ovom radu su u skladu sa 85. percentilom brzine, što ukazuje da bi takva ograničenja bila u skladu i sa percepcijama vozača.

Ova metodologija je posebno značajna prilikom definisanja ograničenja brzine na prolascima puteva kroz naseljena mesta. Naime, rezultati su pokazali da su manje brzine na prolasku puta kroz naselje sa većim nivoom aktivnosti (deonice 2 i 4) i najmanje brzine ukoliko i okruženje puta u potpunosti liči gradsku uličnu scenu (deonica 3). Time je potvrđeno da se vozači prilagođavaju okruženju i da je neophodna gradacija naselja u zavisnosti od njihovih karakteristika. To je moguće postići NZ metodologijom koja detaljno uzima u obzir karakteristike puta i njegovog okruženja, ali i svih učesnika u saobraćaju.

Sa druge strane, na pojedinim deonicama se može dogoditi da karakteristike puta omogućavaju kretanje većim brzinama i nema značajnih aktivnosti u okruženju puta, ali da podaci o saobraćajnim nezgodama ukazuju na nepovoljne rezultate. U tim situacijama, nije dovoljno samo postaviti nižu vrednost ograničenja brzine, već je vrlo važno prilagoditi karakteristike puta i okruženja postavljenom ograničenju, kako bi ono bilo logično vozačima i time se očuvao kredibilitet ograničenja.

## Literatura

- [1] OECD/ECMT. (2006). Speed Management. OECD/ECMT Joint Transport Research Committee, Paris.
- [2] van Schagen, I. N. L. G., Wegman, F. C. M., Roszbach, R. (2004). Safe and credible speed limits: A strategical exploration. R2004-12. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research
- [3] Goldenbeld, C., van Schagen, I. (2007). The credibility of speed limits on 80 km/h rural roads: The effects of road and person(ality) characteristics. Accident Analysis & Prevention, 39(6), 1121–1130.
- [4] van Nes, N., Houtenbos, M., Van Schagen, I. (2008). Improving speed behaviour: the potential of in-car speed assistance and speed limit credibility. IET Intelligent Transport Systems, 2(4), 323-330
- [5] Milenković, M., Tubić, V., Glavić, D., Vidas, M. (2018). Analiza podobnosti postavljenih ograničenja brzine na prolascima državnih puteva kroz Beograd. 12. Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“, Tara, Republika Srbija. Elektronski zbornik radova
- [6] Petković, M. (2017). Analiza realnih i podobnost ograničenih brzina na potezu DP IB reda od Kraljeva do granice Srbije i Crne Gore, 6. Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“ Banja Luka, Republika Srpska
- [7] Tubić, V., Glavić, D., Stepanović, N., Milenković, M., Vidas, M. (2018). Analiza realnih i prekoračenih brzina na državnim putevima - Opština Kraljevo. 13. Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“, Kopaonik, Republika Srbija. Zbornik radova, 207 - 215
- [8] Tubić, V., Stepanović, N., Petković, M. (2021). A new concept of the operating speed and speed limit credibility analysis. Proceedings of the 3rd International Conference “Transport for Today’s Society“, Bitola, North Macedonia

- [9] Solomon, D. (1964). Crashes on main rural highways related to speed, driver and vehicle. In: Bureau of Public Roads. U.S. Department of Commerce. United States Government Printing Office, Washington, D.C. Taylor, M.C., Lynam, D.A
- [10] Cirillo, J.A. (1968). Interstate system crash research; study II, interim report II. Public Roads. 35(3), 71–76
- [11] RTI. (1970). Speed and accidents. Vols. I & II. Research Triangle Institute, RTI, North Carolina
- [12] Kloeden, C.N., McLean, A.J., Moore, V.M., Ponte, G. (1997). Travelling speed and the rate of crash involvement. Volume 1: findings. Report No. CR 172. Federal Office of Road Safety FORS, Canberra
- [13] Kloeden, C.N., Ponte, G., McLean, A.J. (2001). Travelling speed and the rate of crash involvement on rural roads. Report No. CR 204. Australian Transport Safety Bureau ATSB, Civic Square, ACT
- [14] Garber, N.J., Gadiraju, R. (1989). Factors affecting speed variance and its influence on accidents. 1989-01-01 1213. Transportation Research Record, Washington D.C
- [15] Taylor, M.C., Lynam, D.A., Baruya, A. (2000). The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents. TRL Report, No. 421. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire
- [16] Land Transport Safety Authority of New Zealand. (2003). Land Transport Rule: Setting of Speed Limits, Wellington, New Zealand
- [17] Hashim, I. (2006). Exploring the relationship between safety and the consistency of geometry and speed on rural single carriageway. In: Proc. of 38th UTSG annual meeting. Dublin, Ireland: Trinity College Dublin
- [18] National Research Council. (2010). Highway Capacity Manual 2010. Transportation Research Board. Washington, D.C., USA
- [19] Vidas, M. (2017). Uticaj kontrole pristupa na kapacitet i nivo usluge dvotračnih puteva: doktorska disertacija. Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Republika Srbija

## Summary

### **SPEED LIMIT DEFINING DEPENDING ON ROAD ENVIRONMENT CHARACTERISTICS**

*Abstract: The speed limit is a maximum safe speed in the prevailing conditions on a road section. However, drivers often drive over the speed limit. Researches show that drivers are speeding if they think the speed limit is not logical. Namely, drivers adjust their speed depending on the road conditions and environmental characteristics. So, the speed limit definition should be based on the characteristic of the road and its environment. This paper presents a speed analysis in different environment types to quantify the effect of road environment activities on speeds. After the analysis a methodology of the speed limit definition is applied. The methodology is based on the characteristics of the road and its environment, and results show that typical speed limits are not suitable for every type of environment.*

*Keywords: speed limit, two-lane road, residential area, road environment*

## DEFINISANJE SIGNALNIH PLANOVA U SKLADU SA POTREBAMA BIKIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA

*Vuk Bogdanović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, vuk@uns.ac.rs*

*Nemanja Garunović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, garunovic@uns.ac.rs*

*Valentina Mirović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, plast@uns.ac.rs*

*Rezime: Zadnjih godina u Srbiji, kao i u mnogim gradovima regiona, primetno je povećanje upotrebe bicikla za realizaciju potrebe mobilnosti. U nekim gradovima kao što je Novi Sad, učešće bicikla u vidovnoj raspodeli veća od 10%. Zbog nasleđene urbane strukture, odnosno nedostatka biciklističke infrastrukture, biciklistički saobraćaj se na većem delu ulične mreže odvija u uslovima mešovitog saobraćajnog toka. Signalni planovi na semaforisanim raskrsnicama se po pravilu definišu u skladu sa potrebama i karakteristikama motornog saobraćaja, što se odnosi i na elemente signalnih planova koji su presudni za bezbednost svih učesnika u saobraćaju. U okviru ovog rada analizirane su saobraćajne situacije u kojima bezbednost biciklista na semaforisanim raskrsnicama objektivno može biti ugrožena ukoliko se elementi signalnog plana definišu isključivo u skladu sa karakteristikama motornog saobraćaja. U skladu sa rezultatima analize dati su predlozi za definisanje elemenata signalnog plana, kao i druge mere, koje mogu uticati na poboljšanje bezbednosti biciklističkog saobraćaj na semaforisanim raskrsnicama.*

*Ključne reči: biciklistički saobraćaj, motorni saobraćaj, semaforisane raskrsnice, signalni plan, bezbednost*

### 1. Uvod

Upravljanje saobraćajem u urbanim sredinama praktično je nemoguće sprovesti bez primene svetlosne signalizacije za regulisane saobraćaja na raskrsnicama. Ovo se posebno odnosi na vršne periode u kojima je potrebno usaglasiti pravo prolaska kroz središte raskrsnice sa veličinom zahteva za protokom. Naime, svi drugi načini regulisanja saobraćaja na raskrsnicama u uslovima kada zahtevi za protokom prevazilaze kapacitet ne mogu uspostaviti funkcionalne i održive uslove odvijanja saobraćaja na raskrsnicama. Pravilno projektovani elementi signalnog plana, pored funkcionalnosti moraju pre svega da obezbede bezbedne uslove odvijanja saobraćaja za učesnike u saobraćaju na raskrsnicama, odnosno za vozila i pešake.

U skladu sa uobičajenom praksom, koja je zasnovana na činjenici da većina građana u našem regionu potrebe mobilnosti pored pešačenja zadovoljava korišćenjem automobila ili javnog prevoza, planovi tempiranja na semaforisanim raskrsnicama projektuju se prema veličini i karakteristikama motornih vozila i pešaka [1]. Prvi korak u procesu projektovanja rada svetlosnih signala podrazumeva definisanje konfliktnih tokova i proračun zaštitnih vremena za vozila i pešake [2]. Programiranjem rada svetlosnih signala u skladu sa projektovanim matricama konfliktnih tokova i zaštitnih vremena, obezbeđuje se bezbedan saobraćaj pešaka i vozila na raskrsnicama. Iz tog razloga, pravilno projektovanje matrica zaštitnih vremena za učesnike u saobraćaju, jednako je važno na svim raskrsnicama i pri primeni bilo kog sistema upravljanja radom svetlosne signalizacije. Matrice zaštitnih vremena su implementirane u programe rada svetlosnih signala na izolovanim raskrsnicama, linijskim i mrežnim sistemima koordinacije, detektorskog rada, odnosno prilikom delimične ili potpune primene adaptibilnog sistema upravljanja radom svetlosnih signala.

U zadnjim dekadama prošlog veka započeo je globalni proces planiranja i sprovođenje mera za povećanje korišćenja bicikala, kao održivog i pre svega zdravog načina prevoza, koji u urbanim sredinama na efikasan način omogućava zadovoljavanje potreba mobilnosti [3]. U većini zemalja i gradova poboljšana je biciklistička infrastruktura, a tržište je ponudilo vrlo široku lepezu bicikala prilagođenih različitim potrebama i fizičkim sposobnostima korisnika. Sve to doprinelo je ekspanziji upotrebe bicikala u urbanim sredinama, praktično u čitavom svetu, pa i u gradovima Srbije.

Bez obzira na ekspanzivan razvoj biciklističke infrastrukture izgradnjom biciklističkih staza, ili odvajanjem signalizacijom dela kolovoza ili trotoara za biciklističke trake, u većini gradova Srbije i regiona biciklistički saobraćaj se i dalje, uglavnom odvija u uslovima mešovitog saobraćajnog toka. Povećano učešće bicikala u mešovitom saobraćajnom toku na prilazima semaforisanih raskrsnica zahteva analizu elemenata signalnog plana na kako bi se onemogućio konflikt između bicikala i vozila, kao i bicikala i pešaka prilikom promene faza. Analiza potencijalno mogućih konflikata bicikala i vozila i bicikala i pešaka, i definisanje elemenata signalnih planova na način da se oni onemoguće, neophodna je da bi se zadržao potreban nivo bezbednosti, a projektant zaštitio od odgovornosti u slučaju saobraćajne nezgode.

## 2. Analiza potencijalno mogućih konfliktnih situacija

Prema pravilima struke, zaštitna vremena za vozila računaju se prema sledećim relacijama:

$$T_{z(vozX,vozY)} = \frac{l_X}{30 (km/h)} - \frac{l_Y}{50 (km/h)} + 1 \quad (1)$$

Zaštitna vremena za pešake na početku pešačke faze računaju se prema sledećoj relaciji:

$$T_{z(voz,peš)} = \frac{l_{voz}}{30 (km/h)} + 1 \quad (2)$$

Zaštitna vremena za pešake na kraju pešačke faze računaju se prema sledećoj relaciji:

$$T_{z(peš,voz)} = \frac{l_{peš}}{4 (km/h)} + 1 \quad (3)$$

Ukoliko se bicikl kreće u mešovitom saobraćajnom toku, odnosno ukoliko na ulivnom grlu koristi i deli kolovoz sa motornim vozilima, za bicikl važe ista pravila prolaska kroz središte raskrsnice kao i za druga vozila.

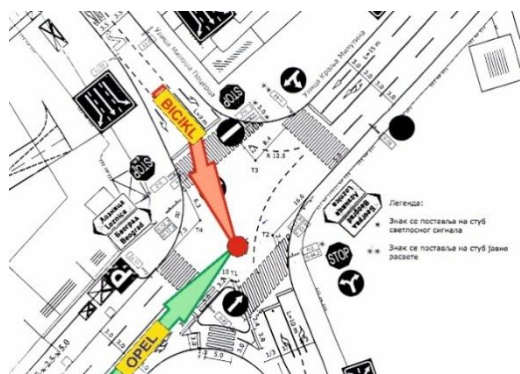
Zbog činjenice da prosečan biciklista na prosečnom biciklu veoma teško može realizovati ubrzanje i brzinu kao prosečno motorno vozilo, isključuje se mogućnost potencijalnog konflikta bicikla (Y) na početku faze sa vozilima koja zbog promene svetlosnog signala gube pravo prolaska kroz središte raskrsnice (X). Naime, u gradskim uslovima vožnje, bicikl (Y) u mešovitom saobraćajnom toku, objektivno ne može ostvariti maksimalnu projektnu brzinu za vozila od 50 km/h, koja se koristi u proračunu zaštitnih vremena na početku faze, čak i u situaciji kada u letećem startu ulazi u središte raskrsnice. Zbog istih razloga, nije moguće da bicikl na kraju faze ostvari konflikt sa pešacima koji gube pravo prelaska kolovoza na pešačkom prelazu.

Međutim, na kraju faze zaštitna vremena se najčešće proračunavaju tako da se za vozila (X) iz faze koja gube prvenstvo prolaza usvaja brzina od 30 km/h. S obzirom na veoma heterogenu strukturu, prosečan biciklista (X) veoma teško može dostići prosečnu brzinu prolaska kroz središte raskrsnice od 30 km/h. U takvim okolnostima ne može se isključiti mogućnost kontakta bicikala sa vozilima (Y) i pešacima koja dobijaju pravo prolaska raskrsnicom u situaciji kada učesnici u središte raskrsnice uđu za vreme trajanja zelenog svetla za njihov smer kretanja.

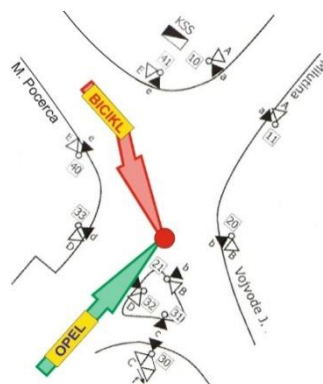


## 2.1. Primer konflikta bicikla i vozila na semaforisanoj raskrsnici u mešovitom saobraćajnom toku

Saobraćajna nezgoda u kojoj je došlo do kontakta vozila i bicikla u situaciji kada su oba učesnika u središte raskrsnice ušla za vreme trajanja zelenog svetla za njihov smer kretanja, dogodila se u Šapcu na raskrsnici ulica Miloša Pocerca sa ulicom Kralja Milutina. Na slikama 1 i 2 prikazani su geometrija raskrsnice sa planom horizontalne i vertikalne signalizacije i dispozicijom svetlosnih signala sa označenim smerovima kretanja učesnika nezgode.



Slika 1: Situacioni plan raskrsnice u Šapcu



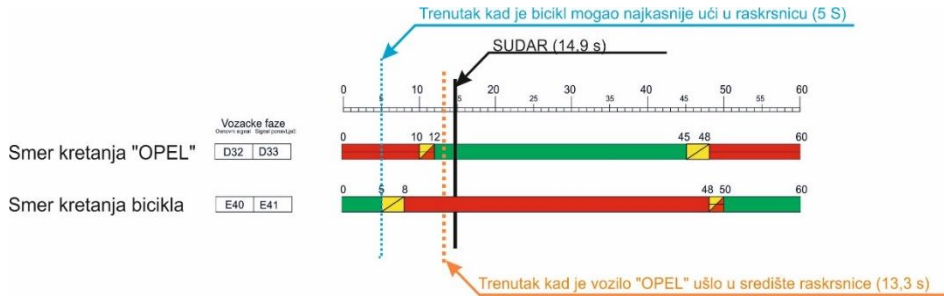
Slika 2: Dispozicija svetlosnih signala

U skladu sa geometrijom raskrsnice i brzinama vozila i pešaka prema relacijama prikazanih u prethodnoj tački izvršen je proračun i formirana matrica zaštitnih vremena, koja je prikazana je u narednoj tabeli [4].

Tabela 1: Matrica zaštitnih vremena, M. Pocerca – Kralja Milutina, Šabac

zaštitno vreme (s)	signalna grupa koja dobija pravo prolaza (Y)										
	A	B	C	D	E	a	b	c	d	e	
SG koja gubi pravo prolaza (X)	A	-	6	-	-	4	2	-	-	6	-
	B	1	-	-	3	-	-	2	-	-	-
	C	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-
	D	-	3	-	-	3	6	-	-	2	-
	E	4	-	3	4	-	-	5	-	-	2
	a	11	-	-	9	-					
	b	-	12	-	-	10					
	c	-	-	5	-	-					
	d	9	-	-	11	-					
	e	-	-	-	-	14					

Analizom je utvrđeno da se sudara dogodio u središtu raskrsnice, te da se u momentu sudara automobil "OPEL" kretao brzinom od 30,0 km/h, a bicikl brzinom od 10,0 km/h. Analizom plana tempiranja, zaključeno je da je moguće, kako to navode svedoci nezgode, da su i automobil "OPEL" i bicikl u središte raskrsnice ušli u trenutku kada je za njihov smer kretanja bilo uključeno zeleno svetlo.

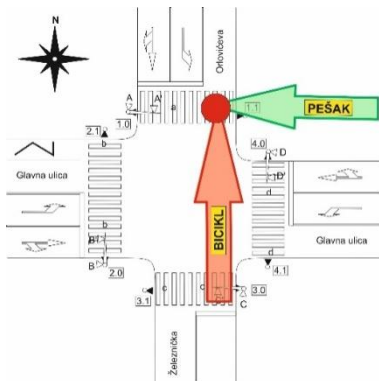


Slika 3: Prikaz karakterističnih vremena u okviru plana tempiranja

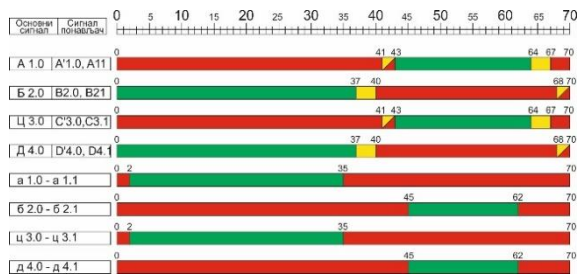
## 2.2. Primer konflikta bicikla i pešaka na semaforisanoj raskrsnici u mešovitom saobraćajnom toku

Saobraćajna nezgoda u kojoj je došlo do kontakta bicikla i pešaka u situaciji kada su oba učesnika u središte raskrsnice ušla za vreme trajanja zelenog svetla za njihov smer kretanja, dogodila se u Rumi na raskrsnici ulica Glavna – Železnička, Orlovićeva.

Geometrija raskrsnice sa planom horizontalne i vertikalne signalizacije sa dispozicijom svetlosnih signala i označenim smerovima kretanja učesnika nezgode, kao i sa planom tempiranja signala prikazani su na narednoj slici[5].



Slika 4: Situacioni plan raskrsnice u Rumi



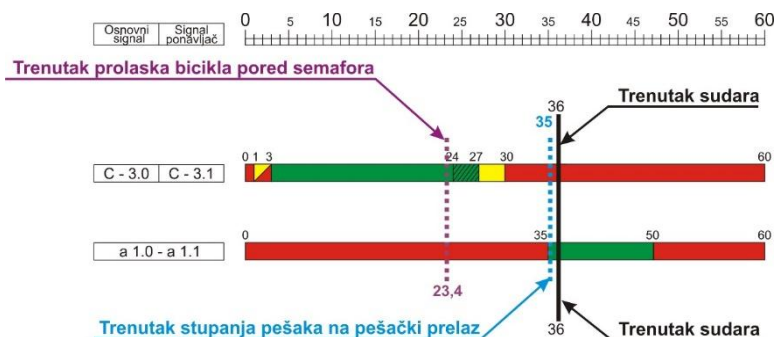
Slika 5: Plan tempiranja signala

U skladu sa geometrijom raskrsnice i brzinama vozila i pešaka prema relacijama prikazanih u prethodnoj tački izvršen je proračun i formirana matrica zaštitnih vremena, koja je prikazana je u narednoj tabeli.

Tabela 2: Matrica zaštitnih vremena Glavna – Železnička, Ruma

zaštitno vreme (s)	signalna grupa koja dobija pravo prolaza (Y)								
	A	B	C	D	a	b	c	d	
signalna grupa koja gubi pravo prolaza (X)	A	-	3	-	3	5	-	5	-
	B	3	-	3	-	-	5	-	5
	C	-	3	-	3	5	-	5	-
	D	3	-	3	-	-	5	-	5
	a	8	-	8	-				
	b	-	8	-	8				
	c	8	-	8	-				
	d	8	-	8	-				

Analizom je utvrđeno da je bicikl, koji se kretao iz Železničke u smeru Orlovićeve ulice, naleteo na pešaka, odmah nakon što je pešak stupio na pešački prelaz na severnom prilazu raskrsnice. odnosno u Orlovićevoj ulici. U momentu naleta na pešaka bicikl se kretao brzinom od 10,0 km/h, a brzina pešaka prilikom prelaska pešačkog prelaza iznosila je 5,0 km/h.



Slika 6: Prikaz karakterističnih vremena u okviru plana tempiranja

Analizom plana tempiranja, zaključeno je da je moguće, kako to navode svedoci i učesnici nezgode, da je bicikl ušao u središte raskrsnice kada je za njegov smer kretanja bilo uključeno zeleno svetlo, a da je pešak stupio na pešački prelaz kada su se na pešačkim semaforima uključila zelena svetla.

### 3. Mere za sprečavanje mogućnosti konflikta bicikala sa vozilima i pešacima

Najjednostavniji način sprečavanja potencijalno opasnih saobraćajnih situacija na semaforisanim raskrsnicama za biciklistički saobraćaj u mešovitom saobraćajnom toku na prilazima, je usklađivanje elemenata signalnog plana sa karakteristikama vožnje biciklom, odnosno sa prosečnim brzinama bicikala. Korekcije signalnih planova zahtevaju projektovanje novih matrica zaštitnih vremena i planova tempiranja. Zbog mogućeg povećanja vremenskih gubitaka, ovu meru je potrebno primeniti samo u situacijama kada nije moguće biciklističke saobraćaj usmeriti uz pešačke prelaze, odnosno kada nije moguće projektovati prelaz biciklističke staze preko kolovoza korišćenjem oznake „prelaz biciklističke staze preko kolovoza i pešački prelaz“ (V-6). Pored toga, potrebno je razmotriti i mogućnost izgradnje posebnih biciklističkih staza na prilazima raskrsnica, kako bi se izvršila segregacija biciklističkog saobraćaja u odnosu na saobraćaj motornih vozila, a u skladu sa prostornim mogućnostima, odnosno uličnim profilima.

### 4. Zaključak

U okviru rada prikazani i analizirani problemi koji se mogu javiti u situacijama kada se saobraćaj bicikala odvija u realnom, mešovitom saobraćajnom toku na prilazima semaforisanih raskrsnica. U takvim saobraćajnim situacijama moguće je da elementi signalnih planova, projektovani prema karakteristikama isključivo motornog i pešačkog saobraćaja, ne mogu obezbediti potpuno bezbedne uslove za saobraćaj bicikala. Naime, zbog brzine bicikala postoje potencijalno moguće konfliktne saobraćajne situacije za bicikle u slučaju kada faze koje koriste bicikle gube pravo prvenstva prolaza kroz raskrsnicu. U takvim saobraćajnim situacijama, kada bicikl u središte raskrsnice ulazi na kraju faze, moguće je da se dogodi sudar sa vozilima ili pešacima koji dobijaju pravo

prolaska kroz raskrnicu. Da bi se otklonile potencijalne konfliktne situacije, potrebno je izvršiti korekcije signalnih planova ili projektovati vođenje biciklističkog saobraćaja uz pešačke prelaze.

## Zahvalnica

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja projekta "Razvoj inovativnih rešenja u funkciji unapređenja saobraćaja i transporta", osnovanog od strane Departmana za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija.

## Literatura

- [1] Vukanović, Smiljan. (2009). Regulisanje saobraćajnih tokova. Beograd: Saobraćajni Fakultet.
- [2] Institute of Transportation Engineers (2009), Traffic Signal Timing Manual, Washington, DC
- [3] White Paper SEC 359, 358, 391 (2011) Brussels: Eupropean Commission,
- [4] Projekat rada svetlosnih signala na raskrsnici Krlja Milutina - Vojvode Janka Stojčevića i Miloša Pocerca u Šapcu (2007), Beograd: Institut saobraćajnog fakulteta
- [5] Plan tehničkog regulisanja na području Rume (2006) Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka,

## Summary

### DEFINING SIGNAL PLANS BY THE NEEDS OF BICYCLE TRAFFIC

*Abstract: In recent years, in Serbia, as well as in many cities of the region, the use of bicycles to realize the need for mobility has been a noticeable increase. In some cities, such as Novi Sad, the share of bikes in the modal split distribution exceeds 10%. Due to the inherited urban structure, i.e. the lack of bicycle infrastructure, bicycle traffic on most of the street network occurs in mixed traffic flow conditions. As a rule, signal plans at signalized intersections are defined in accordance with the characteristics of motor vehicle traffic, which also refers to the elements of signal plans that are crucial for the safety of all road users. Within this work, traffic situations were analyzed in which the safety of cyclists at traffic-lighted intersections can objectively be threatened if the elements of the signal plan are defined exclusively in accordance with the characteristics of motor vehicle traffic. In accordance with the results of the analysis, proposals were made for defining the elements of the signal plan, as well as other measures, which can affect the improvement of the safety of bicycle traffic at signalized intersections.*

*Key words: bicycle traffic, motor traffic, signalized intersections, signaling plan, safety.*

## UTICAJ TREPĆUĆEG ZELENOG SIGNALNOG POJMA NA EFEKTIVNO ZELENO VREME

Anica Kocić Stojanović, Tehnička škola, Smederevo, kocic.anica@tehnickasd.edu.rs

Stamenka Stanković, Saobraćajni fakultet, Beograd, s.stankovic@sf.bg.ac.rs

Nikola Čelar, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.celar@sf.bg.ac.rs

Jelena Kajalić, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.kajalic@sf.bg.ac.rs

*Rezime: Trepćuće zeleno vreme je deo stvarnog zelenog signalnog pojma i uvodi se sa ciljem da upozori vozače da uskoro dolazi do promene signalnog pojma. Međutim, istraživanja su pokazala da primena trepćućeg zelenog signalnog pojma doprinosi zaustavljanju vozača i pre početka žutog signalnog pojma. Ranija zaustavljanja doprinose smanjenu efikasnosti saobraćaja na signalisanoj raskrsnici kroz smanjenje efektivnog zelenog vremena. Cilj ovog istraživanja je da se kvantifikuje uticaj trepćućeg zelenog na efikasnost saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici. Uticaj je kvantifikovan na osnovu smanjenja vrednosti efektivnog zelenog vremena kao jednog od ključnih uticajnih parametara na kapacitet raskrsnice, a samim tim i na efikasnost iste.*

*Ključne reči: trepćuće zeleno, efektivno zeleno, signalisana raskrsnica, efikasnost saobraćaja*

### 1. Uvod

Trepćući zeleni signalni pojam označava dozvoljen prolaz, jer predstavlja deo zelenog signalnog pojma. Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji [1] je propisano da trepćuće zeleno traje 4 s, tako da naizmenični intervali uključeno-isključeno traju po 0,5 s. Trepćući zeleni signalni pojam (TZ) se uvodi sa ciljem da upozori vozače da uskoro dolazi do promene signalnog pojma, tj. da se uskoro završava zeleni signalni pojam.

Obzirom na ranije obaveštenje o promeni signalnog pojma, primena TZ doprinosi promeni teorijske zone odluke, tj. smanjuje se dilemma zona [2, 3]. Takođe, istraživanja su pokazala da primena TZ doprinosi smanjenju broja prolazaka na crveno i broja saobraćajnih nezgoda tipa bočni sudar [4-8]. Ipak, isti autori zaključuju da je povećan broj saobraćajnih nezgoda naletanja vozila od pozadi. S druge strane, utvrđeno je da je veći procenat zaustavljanja u slučaju primene TZ nego bez njega, bez obzira na udaljenost i brzinu kretanja [9]. Naime, primena TZ doprinosi većem broju ranijih zaustavljanja, obzirom da vozači podcenjuju preostalo vreme do kraja žutog signalnog pojma, kao poslednjeg legitimnog trenutka za prolazak raskrsnice [2].

Prethodno istraživanje u lokalnim uslovima, sa akcentom na efikasnost saobraćaja, je potvrdilo da se vozači zaustavljaju ranije kada je primenjen TZ. Naime, kada je primenjen TZ vozači se zaustavljaju u proseku 1,7 s ranije nego kada nije primenjen [10]. S druge strane, ispitivanje samoprijavljenog ponašanja vozača, je pokazalo da čak trećina ispitanika počinje da koči već pri pojavi TZ, dok polovina njih tada ubrzava [11]. Osim što rezultati potvrđuju ranija zaustavljanja kada je TZ primenjeno, ukazuju i na problem neusklađenih odluka vozača koje mogu voditi do nastanka nezgode.

Rezultati o uticaju primene TZ ukazuju na negativan uticaj na bezbednost saobraćaja, ali je neminovan uticaj i na efikasnost saobraćaja na signalisanim raskrsnicama. Očekivano

je da ranija zaustavljanja, u slučaju primene TZ, doprinose smanjenju efektivnog zelenog vremena, jednog od ključnih uticajnih parametara na kapacitet raskrsnice, a samim tim i na efikasnost iste. Efektivno zeleno predstavlja deo stvarnog zelenog vremena prikazanog na semaforu tokom koga vozila prolaze raskrskrsnicu maksimalnim intezitetom.

Može se pretpostaviti da je ponašanje vozača na početku zelenog signalnog pojma identično u slučaju sa i bez TZ na kraju, te efektivno zeleno zavisi isključivo od ponašanja vozača na kraju zelenog pojma, odnosno od iskorišćenja žutog. U skladu sa tim, predmet ovog rada je utvrđivanje uticaja primene TZ na vrednost efektivnog zelenog vremena oslanjajući se na vrednost iskorišćenja žutog. Istraživanje sa i bez TZ je sprovedeno na istoj raskrsnici, što je značajno za postizanje cilja ovog rada, tj. omogućava analizu samo uticaja TZ, dok su svi ostali uticaji isti u oba slučaja.

## 2. Metodologija istraživanja

Istraživanje je sprovedeno na četvorokrakoj raskrsnici Dimitrija Tucovića - Jenkova u Beogradu. Posmatrana su dva prilaza Ul. Dimitrija Tucovića koji imaju po dve saobraćajne trake namene pravo-levo i pravo-desno. Analizirani su samo tokovi pravo iz sve četiri trake, dok su skretanja, koja su zastupljena u malom procentu, isključena iz razmatranja.

Tokovi na raskrsnici se opslužuju u dve faze koje vremenski razdvajaju konfliktno-inkompatibilne tokove na raskrsnici i primenjen je TZ. Za potrebe istraživanja, zahvaljujući Centru za upravljanje saobraćajem, Sekretarijata za saobraćaj Grada Beograda, omogućeno je da se na ovoj raskrsnici isključi TZ. Dakle, istraživanje je sprovedeno na istoj raskrsnici i sa i bez TZ, u dva uzastopna merodavna radna dana (po 24h snimaka). Kamera je bila postavljena na oko 160 m od raskrsnice, snimajući pritom nailazeća vozila sa oba prilaza duž Ul. Dimitrija Tucovića i istovremeno rad svetlosnih signala na raskrsnici (slika 1).



*Slika 1. Raskrsnica na kojoj je sprovedeno istraživanje i položaj kamere prilikom snimanja*

S obzirom na cilj istraživanja, neophodno je da saobraćajni zahtev postoji tokom trajanja čitavog zelenog signalnog pojma, pa i nakon njegovog završetka. Ipak, iz analize su izuzete situacije kada je na raskrsnici vladalo stanje zasićenja ili prezasićenja, jer u tom slučaju nastaje ometanje pri pražnjenju redova. Takođe, ovo istraživanje se prvenstveno zasniva na ponašanju vozača putničkih automobila, te su iz analize izuzeta teretna vozila, autobusi i trolejbusi. Pretpostavlja se da se vozači ovih kategorija vozila drugačije ponašaju obzirom na drugačije manevarske sposobnosti.

Tokom pregledanja snimaka, u svakom pojedinačnom ciklusu, zavisno da li je primenjen TZ ili ne, posmatrana su dva različita perioda:

- Sa primenjenim TZ: od početka TZ do 7 sekundi nakon početka crvenog signalnog pojma, i
- Bez primenjenog TZ: od početka žutog do 7 sekundi nakon početka crvenog signalnog pojma.

Period od 7 sekundi nakon početka crvenog signalnog pojma usvojen je kao period u kom je posmatrano ponašanje vozača na samu pojavu crvenog signalnog pojma. Drugim rečima, analizirani su samo vozači koji prolaze samo na početku pojave crvenog signalnog pojma, što se može smatrati pogrešnom reakcijom na promenu, a ne njihovo generalno ponašanje na crveno. Ovim su iz istraživanja eliminisani vozači koji bi namerno prošli na crveno. Vrednost od 7 sekundi predstavlja vreme putovanja brzinom od 50 km/h (13,9 m/s) od tačke u kojoj vozač vidi svetlosni signal na raskrsnici (oko 100 m), odnosno  $t = 100/13,9 = 7$  sekundi.

Za potrebe istraživanja, u prethodno definisanim periodima posmatranja, razmatrana su samo prva vozila koja se zaustave u toku trajanja TZ i žutog pojma, i poslednja vozila koja prođu raskrsnicu od promene signalnog pojma, početka TZ kada je on primenjen ili početka žutog kada TZ nije primenjen. U skladu sa tim, za svaki analizirani ciklus koji zadovoljava prethodno navedene kriterijume, beležena su vremena poslednjeg vozila koje prođe i prvog koje se zaustavi kako bi se utvrdila vrednost iskorišćenog i neiskorišćenog dela žutog signalnog pojma kada je TZ primenjen i kada nije. Vrednost iskorišćenja/neiskorišćenja žutog signalnog pojma se utvrđuje kao razlika vremena prolaska/zaustavljanja vozila i vremena početka žutog signalnog pojma. Posebno su registrovani i slučajevi kada se vozila zaustave tokom trajanja TZ, kao i kada prođu tokom posmatranog dela crvenog, razmatrajući pri tom neiskorišćeni deo (trepćućeg) zelenog signalnog pojma i vreme prolaska nakon početka crvenog. U tom smislu, moguće je registrovati 4 različita slučaja ponašanja vozača na promenu signalnog pojma:

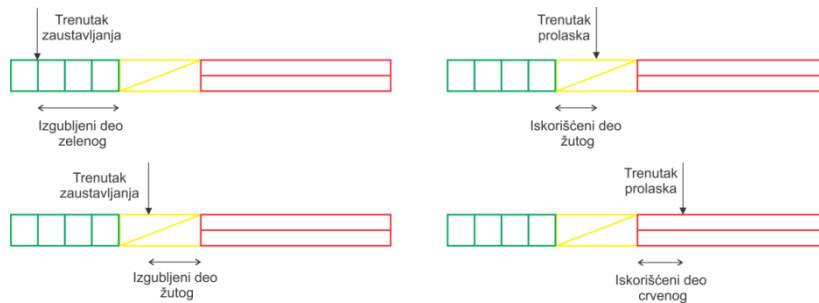
- Zaustavljanje na trepćuće zeleno, samo u situaciji kada je primenjeno - i utvrđivanje neiskorišćenog dela zelenog, odnosno gubitke zelenog,
- Zaustavljanje na žuto - i utvrđivanje neiskorišćenog dela žutog,
- Prolazak na žuto - i utvrđivanje iskorišćenog dela žutog,
- Prolazak na crveno - i utvrđivanje iskorišćenog dela crvenog.

### 3. Rezultati istraživanja

Rezultati su prikazani na nivou raskrsnice, jer su rezultati na nivou saobraćajne trake pokazali da nema značajnih odstupanja od prosečnih na nivou raskrsnice. Takođe, rezultati su prikazani uporedno sa i bez primenjenog TZ. Kao što je metodološki definisano, za svaki od navedenih slučajeva, sa i bez TZ, utvrđeni su naredni parametri u skladu sa ponašanjem vozača u definisanom periodu vremena koji se posmatra (slika 2):

- Neiskorišćeni deo zelenog - vreme koje protekne od trenutka zaustavljanja vozila na TZ do kraja (trepćućeg) zelenog signalnog pojma;
- Neiskorišćeni deo žutog - vreme koje protekne od trenutka zaustavljanja vozila na žuti signalni pojam do kraja žutog signalnog pojma;
- Iskorišćeni deo žutog - vreme koje protekne od početka žutog do trenutka prolaska vozila na žuti signalni pojam;

- Iskorišćeni deo crvenog - vreme koje protekne od početka crvenog do trenutka prolaska vozila na crveno (samo u prvih 7 sekundi crvenog, jer ostali vozači nisu relevantni u smislu ovog istraživanja).



Slika 2. Način utvrđivanja vrednosti razmatranih parametara u zavisnosti od ponašanja vozača

U toku celokupnog istraživanja ponašanja vozača na promenu signalnog pojma posmatrano je po 1057 ciklusa kada je primenjen TZ i kada nije primenjen. U okviru posmatranih ciklusa registrovano je 1090 reakcija vozača kada je TZ primenjen, i 1039 reakcija kada isti nije primenjen. Na ovaj način, u oba slučaja, snimljena je, u proseku, jedna reakcija vozača po ciklusu na celoj raskrsnici.

Tabela 1. Broj i udeo reakcija vozača na promenu signalnog pojma na raskrsnici

Parametar	Broj vozila/reakcija		Udeo reakcija (%)	
	Sa TZ	Bez TZ	Sa TZ	Bez TZ
Način rada signala				
Zaustavljanje na zeleno	36	0	3%	0%
Zaustavljanje na žuto	333	159	31%	15%
Prolazak na žuto	660	786	60%	76%
Prolazak na crveno	61	94	6%	9%
Ukupno	1090	1039	100%	100%

U ukupnom broju slučajeva najveći procenat registrovanih slučajeva se odnosi na situaciju prolazak na žuto, 60% kada je primenjen TZ i čak 76% kada nije. Najveća razlika u reakcijama vozača primećuje se pri zaustavljanju na žuto - 31% ili 333 vozila se zaustavlja na žuto kada je TZ primenjen, i samo 15% (159 vozila) kada nije primenjen. Važno je napomenuti, da je u slučaju kada je TZ primenjen, 36 vozača potcenilo preostalu dužinu trajanja zelenog, tj. zaustavilo se na raskrsnici kada je još uvek bio dozvoljen prolaz. U slučaju kada TZ nije primenjen ovakve situacije se nisu dogodile, jer vozači nemaju informaciju da će se zeleno uskoro završiti. Kada sa uporedi ponašanje vozača na početku crvenog signalnog pojma, jasno se primećuje da u slučaju kada ne postoji TZ veći broj vozača prolazi liniju zaustavljanja na crveni signalni pojam, 94 vozač u odnosu na 61 kada je primenjen TZ.

Tabela 2 predstavlja statističku analizu sva četiri parametra za oba načina rada signala, sa i bez TZ. Za svaki parametar prikazane su minimalna i maksimalna vrednost, medijana, prosečna vrednost i njeno standardno odstupanje. Prosečna vrednost neiskorišćenog dela zelenog, za vozila koja su potcenila dužinu preostalog zelenog vremena (koja su se zaustavila na zeleno) iznosi 0,48 s sa standardnim odstupanjem od 0,33 s. Kao što je već rečeno, ovakve reakcije vozača su registrovane samo u slučaju kada



je primenjeno TZ. Iako se u proseku radi o veoma maloj vrednosti neiskorišćenog dela zelenog, njegova maksimalna vrednost od 1,32 s sa aspekta efikasnosti predstavlja značajan gubitak, ali i reakciju koju ostali vozači na raskrsnici svakako ne mogu očekivati, pa može značajno uticati i na bezbednost saobraćaja.

Tabela 2. Deskriptivna statistika za sva četiri parametra na nivou raskrsnice

Parametar	Neiskorišćeni deo zelenog (s)		Neiskorišćeni deo žutog (s)		Iskorišćeni deo žutog (s)		Iskorišćeni deo crvenog (s)	
	Sa TZ	Bez TZ	Sa TZ	Bez TZ	Sa TZ	Bez TZ	Sa TZ	Bez TZ
Način rada signala								
Broj slučajeva/vozila	36	0	333	159	660	786	61	94
Min	0,07	-	0,06	0,02	0,01	0,05	0,04	0,01
Max	1,32	-	2,99	2,26	3,00	3,00	3,91	5,60
Prosek	0,48	-	1,22	0,57	1,37	1,73	0,68	0,58
Medijana	0,37	-	1,10	0,47	1,29	1,72	0,39	0,40
Stand. odstupanje	0,33	-	0,68	0,44	0,77	0,71	0,77	0,73

Kad se posmatra neiskorišćeni deo žutog, značajno veća prosečna vrednost ovog parametra se ostvaruje u slučaju kada je primenjeno TZ (1,22 s) u odnosu na situaciju kada nije primenjeno (0,57 s). Kada je TZ primenjeno maksimalna vrednost ovog parametra je približno 3 s, odnosno deo vozača se zaustavlja na samu pojavu žutog pri čemu su usporenje morali započeti u toku trajanja TZ. U slučaju kada TZ nije primenjeno, maksimalna vrednost neiskorišćenog dela žutog iznosi 2,26 s i to samo jednoj situaciji i značajno odstupa od prosečne.

U slučaju kada je primenjeno TZ, vozači koji su prošli na crveni signalni pojam, u proseku su to činili 0,68 sekundi nakon njegovog početka, bez obzira što su zabeležene situacije prolaska i posle skoro 4 sekunde trajanja crvenog. Kada TZ nije primenjeno ove vrednosti iznose 0,58 s i 5,6 s respektivno. Dobijeni rezultat da je u proseku iskorišćeni deo crvenog veći za 0,1 s u slučaju kada je primenjeno trepćuće zeleno, mora se posmatrati sa rezervom jer se radi o manjem broju vozača (61 u odnosu na 94 vozača) i o gotovo zanemarivoj razlici.

Jedan od osnovnih pokazatelja efikasnosti na signalisanoj raskrsnici je njen kapacitet, koji zavisi od efektivnog zelenog. Može se pretpostaviti da je ponašanje vozača na početku zelenog signalnog pojma identično u slučaju sa i bez TZ na kraju, te efektivno zeleno zavisi isključivo od ponašanja vozača na kraju zelenog pojma, odnosno od iskorišćenja žutog. Iskorišćenje žutog u upravljačkom smislu predstavlja ne samo deo žutog koji se koristi, već mora uzeti u obzir sva četiri definisana parametra u istraživanjima, i neiskorišćeni deo zelenog i žutog, kao i iskorišćeni deo crvenog. Imajući u vidu vrednosti ovih parametara i broj registrovanih slučajeva (tabela 2) može se utvrditi prosečno iskorišćenje žutog za situaciju sa i bez TZ:

$$b = \frac{Q_1 \cdot t_1 + Q_2 \cdot t_2 - Q_3 \cdot t_3 - Q_4 \cdot t_4}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4} \quad (1)$$

Gde je:

$b$  - iskorišćenje žutog signalnog pojma (s)

$Q_1$  - broj slučajeva/vozila koja su prošla na žuti signalni pojam (voz/dan)

$Q_2$  - broj slučajeva/vozila koja su prošla na crveni signalni pojam (voz/dan)

$Q_3$  - broj slučajeva/vozila koja su se zaustavila na zeleni signalni pojam (voz/dan)

$Q_4$  - broj slučajeva/vozila koja su se zaustavila na žuti signalni pojam (voz/dan)

$t_1$  - prosečna vrednost iskorišćenja žutog za vozila koja su prošla na žuto (s)

$t_2$  - prosečna vrednost iskorišćenja žutog za vozila koja su prošla na crveno, i  $t_2 = 3 +$  prosečna vrednost iskorišćenog dela crvenog, jer su ova vozila realno iskoristila celokupno žuto (3 s) i dodatno deo crvenog (s)

$t_3$  - prosečna vrednost neiskorišćenog dela zelenog,  $t_3 = 3 +$  prosečna vrednost neiskorišćenog dela zelenog, jer ova vozila nisu iskoristila celokupno žuto (3 s) i dodatno deo zelenog (s)

$t_4$  - prosečna vrednost neiskorišćenog dela žutog za vozila koja su se zaustavila na žuto (s)

Primenom formule (1) mogu se dobiti odgovarajuće vrednosti iskorišćenja žutog za slučaj sa ( $b_{s.t.}$ ) i bez TZ ( $b_{b.t.}$ ):

$$b_{s.t.} = \frac{660 \cdot 1.37 + 61 \cdot (3 + 0.68) - 36 \cdot (3 + 0.48) - 333 \cdot 1.22}{660 + 61 + 36 + 333} = 0.55 \text{ s} \quad (2)$$

$$b_{b.t.} = \frac{786 \cdot 1.73 + 94 \cdot (3 + 0.58) - 0 \cdot (3 + 0) - 159 \cdot 0.57}{786 + 94 + 0 + 159} = 1.55 \text{ s} \quad (3)$$

Može se primetiti da je u slučaju kada TZ nije primenjeno efektivno zeleno za jednu sekundu duže u odnosu na slučaj kada je TZ primenjeno. Samim tim, može se zaključiti da primena TZ dovodi do smanjanja kapaciteta raskrsnice uz nejasne prednosti po pitanju bezbednosti iste, ukoliko se imaju u vidu rezultati ovih istraživanja kao i rezultati drugih istraživača iz literature (povećan broj naletanja od pozadi).

#### 4. Zaključak

Primenom trepćućeg zelenog dolazi do značajnog povećanja broja vozila koja se zaustavljaju na žuti signalni pojam, u odnosu kada TZ nije primenjeno. Takođe, u slučaju primene TZ u 3% slučajeva došlo je do zaustavljanja čak i na zeleni signalni pojam. Na ovaj način, u radu je pokazano da dolazi do smanjenja efektivnog zelenog vremena za 1 s, a time, proporcionalno dužini zelenog, i samog kapaciteta. Ovaj uticaj može biti značajan naročito kod kratkih zelenih vremena, kao i na raskrsnicama koje funkcionišu pri kapacitetu. Dobijeni rezultati mogu predstavljati jedan od osnova za odlučivanje u inženjerskoj praksi o primeni TZ. Buduća istraživanja bi trebalo da obuhvate veći broj raskrsnica sa različitim geometrijskim i saobraćajnim karakteristikama, kako bi se utvrdio uticaj istih na ponašanje vozača na kraju zelenog signalnog pojma. Takođe, zbog jasno utvrđenog uticaja na dužinu efektivnog zelenog vremena, značajno bi bilo utvrditi uticaj dužine zelenog signalnog pojma na ponašanje vozača. Na taj način bi mogle biti definisane inicijalne preporuke i kriterijumi za primenu TZ, koji bi mogli koristiti inženjerima pri odluci u kojim situacijama primeniti TZ.

#### Literatura

- [1] Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji. Službeni glasnik Republike Srbije, broj 85/17
- [2] Köll, H., Bader, M., Axhausen, K. W. (2004). Driver behaviour during flashing green before amber: a comparative study. Accident Analysis & Prevention 36 (2), 273 - 280.
- [3] Tang, K., Xu, Y., Wang, F., Oguchi, T. (2016). Exploring stop-go decision zones at rural high-speed intersections with flashing green signal and insufficient yellow time in China. Accident Analysis & Prevention 95, 470 - 478

- [4] Becker, M. (1971). A study of the effect of a "flashing green" phase in traffic signals at urban intersections. Publication No.71/7, Road Safety Centre, Technion Research & Development Foundation Ltd. Haifa, Israel.
- [5] Knoflacher, H. (1973). Der Einfluss des Grünblinkens auf die Leistungs- fähigkeit und Sicherheit lichtsignalgeregelter Strassenkreuzungen. Schriftenreihe Strassenforschung, 8, Bundesministerium für Öffentliche Bauten, Wien
- [6] Hakkert, A. S. and Mahalel, D. (1978). The effect of traffic signals on road accidents- with special reference to the introduction of a blinking green phase. Traffic Engineering and Control 19, 212 - 215.
- [7] Factor, R., Prashker, J. N., Mahalel, D. (2012). The flashing green light paradox. Transportation Research Part F 15, 279 - 288.
- [8] Tang, K., Xu, Y., Wang, P., Wang, F. (2015). Impacts of flashing green on dilemma zone behavior at high-speed intersections: Empirical study in China. Journal of Transportation Engineering 141 (7).
- [9] Mahalel, D., Zaidel, D. M., Klein, T. (1985). Driver's decision process on termination of the green light. Accident Analysis & Prevention 17 (5), 373 - 380.
- [10] Kocić, A., Čelar, N., Kajalić, J., & Stanković, S. (2020). Flashing green effects on traffic efficiency. Journal of Road and Traffic Engineering, 66(2), 27-31.
- [11] Kocić, A., Stanković, S., Čičević, S., Čelar, N., Kajalić, J., & Trifunović, A. (2021). Flashing green signal effects on drivers' behavior. Journal of Road and Traffic Engineering, 67(1), 31-36. <https://doi.org/10.31075/PIS.67.01.04>

## Summary

### FLASHING GREEN SIGNAL EFFECT ON EFFECTIVE GREEN TIME

*Abstract: Flashing green is part of the green signal and is introduced to warn drivers that a change of signal will start soon. However, research has shown that the application of the flashing green signal contributes to stopping the driver even before the yellow signal begins. Earlier stops contribute to reduced traffic efficiency at a signalized intersection by reducing the effective green time. The aim of this research is to quantify the influence of flashing green on the efficiency of the traffic process at a signalized intersection. The impact was quantified based on the reduction of the value of the effective green time as one of the key influential parameters on the capacity of the intersection, and therefore on its efficiency.*

*Keywords: flashing green, effective green, signalized intersection, traffic efficiency*

## ISTRAŽIVANJE VREMENSKIH INTERVALA SLIJEĐENJA NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA ULIČNOG FRONTA

*Siniša Marić, Saobraćajni fakultet, Doboj, sinisa89.maric@gmail.com*

*Goran Bošnjak, Saobraćajni fakultet, Doboj, goranbosnjak97@gmail.com*

*Nikolina Keser, Saobraćajni fakultet, Doboj, nina.keser.1997@gmail.com*

*Marko Subotić, Saobraćajni fakultet, Doboj, msubota@gmail.com*

*Rezime: U ovom radu izvršena je analiza vremenskih intervala slijeđenja vozila u dva različita grada Banja Luci i Doboju na odabranim signalisanim raskrsnicama uličnog fronta. Analizirane su mješovite saobraćajne trake na signalisanim raskrsnicama u vršnim periodima dana i to, jutarnjem vršnom periodu od 7.00 do 8.00 časova i popodnevnom vršnom periodu od 15.00 do 16.00 časova. Snimanje intervala slijeđenja vozila je vršeno na nivou pojedinačnih ciklusa, tj. od trenutka početka zelenog intervala do trenutka završetka zelenog intervala ili završetka pražnjenja reda. Utvrđivanje vremenskog intervala slijeđenja vozila na mješovitim saobraćajnim trakama signalisanih raskrsnica kao jednog od osnovnih parametara saobraćajnog toka, ima veliki značaj za opisivanje uslova u saobraćajnom toku na posmatranim signalisanim raskrsnicama, te predstavlja jedan od osnovnih indikatora kvaliteta saobraćajnog toka. Na osnovu utvrđenih intervala slijeđenja u posmatranim gradovima izvršeno je poređenje uslova u saobraćajnom toku, na posmatranim raskrsnicama, kao i ocjena kvaliteta saobraćajnog toka.*

*Gljučne riječi: interval slijeđenja, signalisana raskrsnica, svjetlosna saobraćajna signalizacija*

### 1. Uvod

Raskrsnice su mjesta na kojima dolazi do ukrštanja i presjecanja saobraćajnih tokova, a sa aspekta kapaciteta i nivoa usluge, predstavljaju potencijalno kritična mjesta na putnoj i uličnoj mreži. Usljed konstantnog povećanja transportnih zahtjeva saobraćajne gradske mreže današnjice karakteriše hroničan nedostatak kapaciteta. Ovaj problem je najizraženiji na elementima mreže na kojima dolazi do ukrštanja saobraćajnih tokova, odnosno na raskrsnicama. Najčešći način regulisanja saobraćaja na raskrsnicama je korišćenjem svjetlosne saobraćajne signalizacije, te su na urbanim gradskim mrežama, raskrsnice dominantno regulisane svjetlosnom saobraćajnom signalizacijom [20]. Osnovni cilj svjetlosne saobraćajne signalizacije predstavlja raspodjelu raspoloživog kapaciteta raskrsnice prema mjerodavnoj vrijednosti saobraćajnog opterećenja, po unaprijed definisanim kriterijumima i ograničenjima [7]. Egzaktna procjena raspoloživog kapaciteta na signalisanim raskrsnicama je ključna za donošenje adekvatnih inženjerskih odluka u procesu upravljanja saobraćajem [8]. Zbog toga se vrše istraživanja različitih parametara saobraćajnog toka, kako bi se izvršio odabir odgovarajućeg analitičkog modela [14]. Jedna od najčešće korišćenih metodologija istraživanja vrijednosti zasićenog toka zasniva se na utvrđivanju prosječne vrijednosti intervala slijeđenja u procesu pražnjenja reda. Interval slijeđenja vozila u toku posmatrane saobraćajne trake na signalisanoj saobraćajnoj raskrsnici definiše se kao vrijeme koje protekne od momenta kada prvo vozilo iz reda

čekanja prijeđe zaustavnu liniju i uđe u središte raskrsnice do momenta kada sledeće vozilo pristigne i zaustavi se na zaustavnoj liniji. Prema tome, vrijeme slijeđenja predstavlja period između dva uzastopna ulaska vozila u središte raskrsnice iz reda čekanja, a sastoji se od: vremena kretanja u redu čekanja i zauzimanja čeonice pozicije i vremena osmatranja saobraćajne situacije i donošenja odluke od strane vozača o nastavku kretanja kroz središte raskrsnice. U postupku istraživanja evidentiraju se trenuci prolaska zadnje osovine svih vozila iz inicijalnog reda preko zaustavne linije. Inicijalni red predstavlja red vozila koji je formiran tokom crvenog signalnog pojma. Takođe, vozilo predstavlja dio reda i ukoliko se isto priključilo tokom trajanja zelenog signalnog pojma, zaustavilo se ili se kretalo tako da je rastojanje između tog i poslednjeg vozila u redu manje od prosječne dužine vozila [22].

Interval slijeđenja vozila, kao jedan od osnovnih parametara saobraćajnog toka, predstavlja vrijeme između prolaska čela dva uzastopna vozila, u jednom smjeru za jednosmjerne saobraćajnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne saobraćajnice, kroz zamišljeni presjek posmatranog odsjeka puta. Osnovni simbol za označavanje intervala slijeđenja je  $t_h$ , a osnovna jedinica je sekunda. Sa gledišta realnih saobraćajnih tokova, zavisno od načina posmatranja toka u odnosu na prostor i vrijeme, razlikuju se [15]:

- Intervali slijeđenja ( $t_{hi}$ ) pojedinačno za (N) vozila koja u periodu vremena (T) prođu posmatrani presjek (odsjeka ili dionice) puta;
- Srednja vrijednost intervala slijeđenja ( $t_h$ ) na posmatranom presjeku puta za (N) vozila u vremenu (T):

$$\bar{t}_h = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{hi} \quad (1)$$

Ovim radom izvršena je analiza vremenskih intervala slijeđenja vozila u dva različita grada Banja Luci i Doboju, na odabranim signalisanim raskrsnicama uličnog fronta. Prvim djelom rada dat je osvrt na pojmove signalisane raskrsnice i samog intervala slijeđenja, dok je u daljem dijelu rada prezentovana metodologija, diskusija, rezultata istraživanja i zaključak, te su navedeni istraživači koji su se bavili istom tematikom, kao i zaključci njihovih istraživanja.

## 2. Pregled relevantne literature

U posljednje vrijeme negativna eksponencijalna raspodjela je široko rasprostranjena, koristi se za modelovanje intervala slijeđenja. Osim toga, Poissonova raspodjela u stopi dolaska može se bolje primijeniti ako je brzina protoka znatno niska [17]. Postoje dva faktora koja ograničavaju primjenu negativne eksponencijalne distribucije na interval slijeđenja.

Prvo, negativna eksponencijalna distribucija se proteže kroz čitav spektar interval slijeđenja od nule do beskonačnosti i kada je interval slijeđenja jednak nuli vjerovatnoća će biti najveća. Ovo se čini nerazumnim, jer vozilo ima konačnu dužinu i brzine, što rezultuje minimalnim konačnim intervalom slijeđenja. Drugo, pri povećanim nivoima protoka saobraćaja, česti kraći intervali slijeđenja u raspodjeli biće objašnjeni raštrkanim vodovima vozila. Zbog toga hipoteza za negativnu eksponencijalnu distribuciju napredovanja u cijelom rasponu nema smisla [23].

Među mnogim studijama o modeliranju raspodjele intervala slijeđenja, AlGhamdi i Al-Ghamdi su istraživali napredak u uslovima niskog, srednjeg i visokog protoka i zaključeno da interval slijeđenja prati Gamma i Erlang raspodjelu, posebno pri visokim protocima na magistralnim putevima. Inspirisan svojim prethodnim radom, ova studija je pokušala da ispita razliku između prošlosti i sadašnjosti, jer je došlo do značajnih promjena u Rijadu saobraćajnim uslovima u 20 godina od objavljivanja njegovog rada [1], [2].

Interval slijeđenja na signalisanoj raskrsnici može se definisati kao vremenski interval između dva uzastopna vozila na traci koji prelaze zaustavnu liniju na raskrsnici tokom zelenog vremena. Greenshields i ostali proveli su jednu od prve studije o pražnjenju u kojima je prijavio prosječan interval slijeđenja za prvih pet vozila u redu [10]. Jang je modelisao interval slijeđenja na različitim nivoima protoka saobraćaja koristeći različite raspodjele [13]. Moussavi i Tarawneh su sproveli studije o smjeru odlaska na signalisanim raskrsnicama u Nebraski i zaključio da smjerovi polaska pokazuju veliku varijabilnost za različite raskrsnice vjerovatno zbog različitih saobraćajnih i geometrijskih uslova koji tamo preovladavaju [19]. Bonneson je razvio model za ispuštanje kretanja na signalisanim raskrsnicama na osnovu vremena reakcije vozača, ubrzanja vozača i brzine vozila. Njegov model je pokazao da se minimalno pražnjenje (zasićenje) postiže tek nakon osme ili devete pozicije u redu čekanja [4]. Al-Ghamdi je proveo studiju o intervalu slijeđenja na raskrsnicama u Rijadu, Saudijska Arabija. On je primjetio da nije pouzdano koristiti vrijednosti intervala slijeđenja iz drugih zemalja u Saudijskoj Arabiji zbog promjena faktora kao što su ponašanje vozača i geometrija raskrsnice, i došao do prosječnih vrijednosti intervala slijeđenja za različite redove [1].

Većina postojećih istraživanja o intervalu slijeđenja više se bavi mješovitim tokom vozila, ali zanemaruje učinak specifičnih vrsta vozila u saobraćajnom toku. Na performanse i bezbjednost saobraćajnog sistema utiče prisutnost teretnih vozila zbog njihovih tehničkih i operativnih karakteristika. Par iskustava u urbanim sredinama u Indiji pokazuje da je raspodjela hiper-Erlanga najbolja da opiše karakteristike kretanja u mješovitom saobraćaju [6], dok negativna eksponencijalna raspodjela pokazuje svoju kompatibilnost u širokom rasponu nivoa protoka saobraćaja, ako se saobraćaj sastoji od značajnog procenta manjih vozila kao što su dvotočkaši [3].

Vremenski interval slijeđenja je „vrijeme, u sekundama, između dva uzastopna vozila dok prođu tačku na kolovozu, mjereno iz iste zajedničke karakteristike oba vozila” [11]. Ovaj parametar je jedna od osnovnih mikroskopskih karakteristika saobraćajnog toka. Ove karakteristike su od velikog značaja za planiranje, analizu, projektovanje i funkcionisanje sistema puteva [12]; [18]. Stoga se mora analizirati što je moguće preciznije na osnovu stvarnog ponašanja vozača [15]. Saobraćajni inženjeri i planeri trebali bi biti svjesni stvarnog ponašanja vozača pri odabiru željenog puta. U stvari, oni bi trebali biti u stanju predvidjeti ponašanje vozača dok su okrenuti ka naprijed kako bi imali bolje planiranje i upravljanje saobraćajem u različitim uslovima. To je zbog činjenice da bi vremenski intervali slijeđenja i njihova raspodjela uticali na različite parametre protoka uključujući kapacitet, nivo usluge i bezbjednost [24].

### 3. Metodologija istraživanja

Predmet istraživanja u ovom radu je vezan za utvrđivanje i analizu intervala slijeđenja na mješovitim saobraćajnim trakama, signalisanih raskrsnica uličnog fronta u dva grada i to Banja Luci i Doboju. Snimanje saobraćajnog toka i prikupljanje statističkih podataka je izvršeno u mjesecu maju 2022. godine. Utvrđivanje intervala slijeđenja vozila vršilo se u vršnim periodima, jutarnjem od 7.00 do 8.00 časova i popodnevnom od 15.00 do 16.00 časova, radi komparacije i uporedne analize dobijenih rezultata za oba navedena grada.

Cilj istraživanja je utvrđivanje vremenskog intervala slijeđenja vozila na mješovitim saobraćajnim trakama signalisanih raskrsnica, kao jednog od osnovnih parametara saobraćajnog toka. Interval slijeđenja vozila ima veliki značaj za opisivanje uslova odvijanja saobraćaja na signalisanim raskrsnicama, ne samo kao osnovni pokazatelj teorijskih međuzavisnosti u saobraćajnom toku, već i u inženjerskoj praksi kao osnovni indikator (reper) kvaliteta saobraćajnog toka. U praksi se koristi kritični interval slijeđenja vozila prilikom proračuna kapaciteta signalisanih raskrsnica.

Hipoteza 1: Prosječna vrijednost intervala slijeđenja je jednaka, ili približno jednaka, u jutarnjem i u popodnevnom vršnom času, na posmatranim signalisanim raskrsnicama.

Hipoteza 2: Prosječna vrijednost intervala slijeđenja je jednaka, ili približno jednaka, u jutarnjem vršnom času na posmatranim signalisanim raskrsnicama u gradovima u kojima je vršeno posmatranje.

Hipoteza 3: Prosječna vrijednost intervala slijeđenja je jednaka, ili približno jednaka, u popodnevnom vršnom času na posmatranim signalisanim raskrsnicama u gradovima i kojima je vršeno posmatranje.

Jedno od ograničenja kod samog istraživanja, koje je i uticalo na dobijene vrijednosti samih intervala slijeđenja jeste veličina gradova u kojima su vršena mjerenja, odnosno Banja Luke i Doboja.

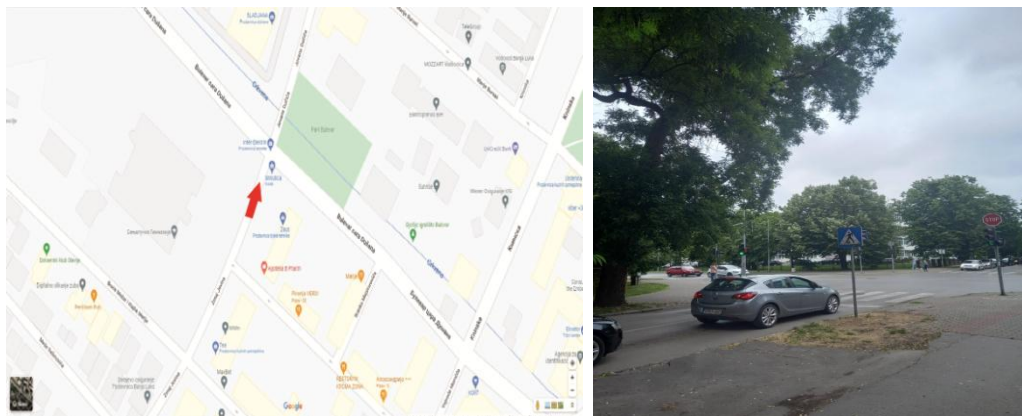
Metode i sama organizacija istraživanja se u najvećoj mjeri svodi na korištenje statističkog metoda, metode naučnog posmatranja i metode komparacije. Statističkom metodom izvršen je postupak prikupljanja podataka i izvođenja zaključaka o utvrđenim statističkim pravilnostima. Metodom komparacije izvršeno je poređenje i uočavanje sličnosti i razlika na osnovu dobijenih statističkih podataka u posmatranom periodu za oba grada Banja Luku i Dobj. Prikupljanje podataka je izvršeno manuelnom tehnikom, korišćenjem kamere pametnog telefona i snimanjem posmatranih mješovitih traka u vršnim periodima, softverom „PROTOK“, softverom EasyFit 5.5 Standard za utvrđivanje raspodjele intervala slijeđenja na posmatranim raskrsnicama, te njihove obrade u softveru za obradu podataka Microsoft Excel.

### 4. Rezultati istraživanja

Prva lokacija na kojoj je vršeno posmatranje i snimanje u Banja Luci je ukrštanje Bulevara cara Dušana i Zmaj Jovine ulice. Posmatranje je vršeno za mješovitu saobraćajnu traku koja se nalazi u ulici Zmaj Jovina, te su dozvoljeni smjerovi pravo, lijevo i desno.

U jutarnjem vršnom času zabilježeno je ukupno 319 motornih vozila, sa prosječnim intervalom slijeđenja od 11.111 (s), a raspodjela intervala slijeđenja na ovoj raskrsnicu je Burrova raspodjela, dok je u popodnevnom vršnom času zabilježeno 207 motornih vozila sa prosječnim intervalom slijeđenja od 12.659 (s), a raspodjela je takođe Burrova. Može

se uočiti da je u popodnevnom vršnom času došlo do povećanja intervala slijeđenja za 1.548 (s), pri značajnom smanjenju broja vozila, za čak 112 vozila.



Slika 1. Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine

Tabela 1. Struktura motornih vozila na raskrsnici Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine 07-08h

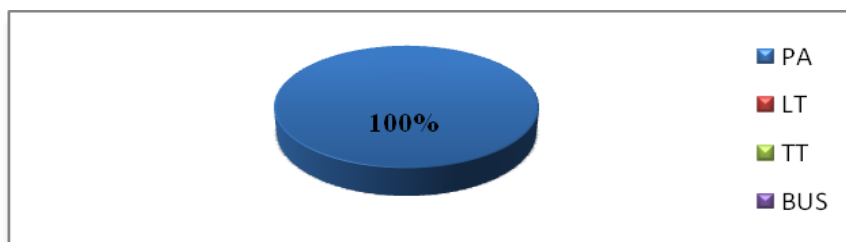
PA	LT	TT	BUS	AV	UKUPNO
319	0	0	0	0	319
Prosječan interval slijeđenja					11.111

Tabela 2. Struktura motornih vozila na raskrsnici Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine 15-16h

PA	LT	TT	BUS	AV	UKUPNO
207	0	0	0	0	207
Prosječan interval slijeđenja					12.659

Tabela 3. Struktura motornih vozila na raskrsnici Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine ukupno

PA	LT	TT	BUS	AV	UKUPNO
526	0	0	0	0	526



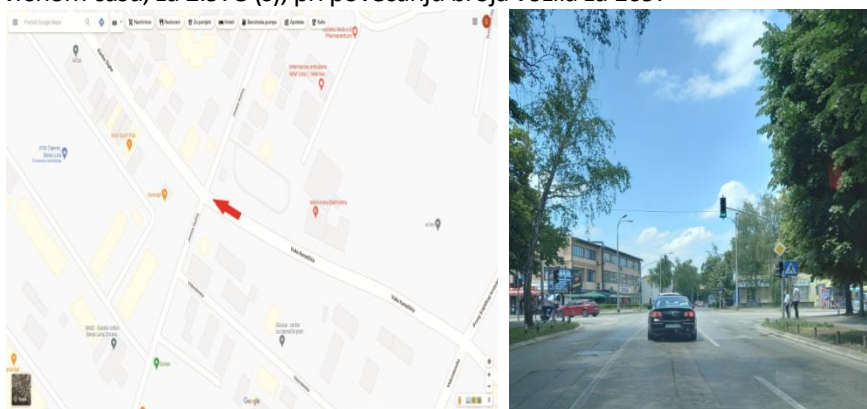
Dijagram 1. Procentualna raspodjela vozila na raskrsnici Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine ukupno

Druga lokacija na kojoj je vršeno posmatranje i snimanje u Banja Luci je ukrštanje ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića. Posmatranje je vršeno za mješovitu saobraćajnu traku koja se nalazi u ulici Vuka Karadžić, te su dozvoljeni smjerovi pravo i desno. Lokacija i izgled raskrsnice prikazani su na slici ispod.

Na drugoj lokaciji u Banja Luci na ukrštanju ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića na kojoj je vršeno posmatranje i snimanje u posmatranom periodu zabilježeno je ukupno 981 motorno



vozilo, pri čemo strukturu saobraćajnog toka čini 947 putničkih automobila, 10 lakih teretnih vozila i 24 BUS-a. U jutarnjem vršnom času zabilježeno je ukupno 556 putničkih automobila, 4 laka teretna vozila i 11 BUS-eva sa prosječnim intervalom slijeđenja od 8.862 (s), raspodjela je Burrova, dok je u popodnevnom vršnom času zabilježeno 556 putničkih automobila, 10 lakih teretnih vozila i 13 BUS-eva, sa prosječnim intervalom slijeđenja od 5.884 (s) i Burrovom raspodjelom intervala slijeđenja. Na ovoj raskrsnici u popodnevnom vršnom času došlo je do značajnog povećanja ukupnog broja vozila, dok se prosječni interval slijeđenja vozila smanjio. Prosječna vrijednost intervala slijeđenja na ovoj raskrsnici značajno se smanjila u popodnevnom vršnom času, za 2.978 (s), pri povećanju broja vozila za 169.



Slika 2. Jovana Dučića i Vuka Karadžića

Tabela 4. Struktura motornih vozila na raskrsnici Jovana Dučića i Vuka Karadžića 07-08h

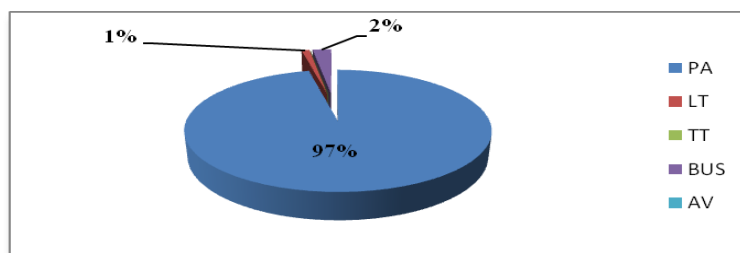
PA	LT	TT	BUS	AV	UKUPNO
391	4	0	11	0	406
Prosječan interval slijeđenja					8.862

Tabela 5. Struktura motornih vozila na raskrsnici Jovana Dučića i Vuka Karadžića 15-16h

PA	LT	TT	BUS	AV	UKUPNO
556	6	0	13	0	575
Prosječan interval slijeđenja					5.884

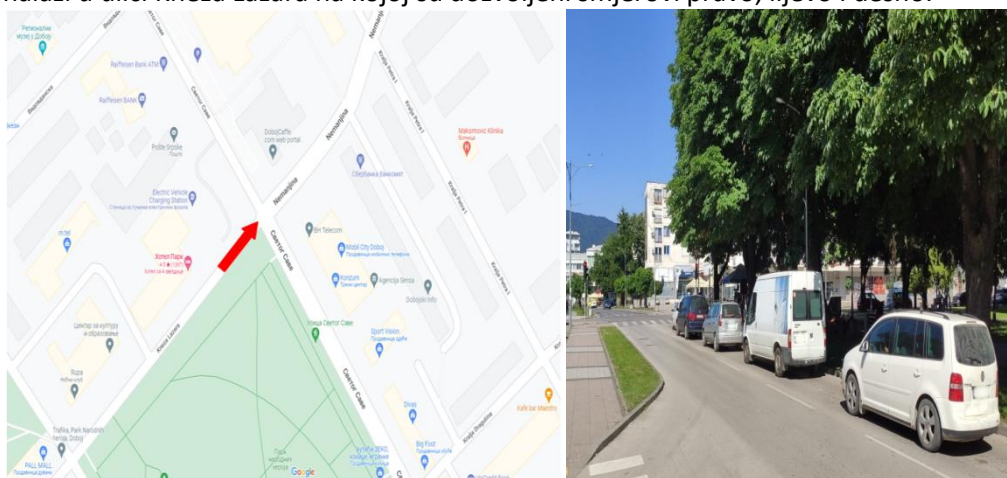
Tabela 6. Struktura motornih vozila na raskrsnici Jovana Dučića i Vuka Karadžića ukupno

PA	LT	TT	BUS	AV	UKUPNO
947	10	0	24	0	981



Dijagram 2. Procentualna raspodjela vozila na raskrsnici Jovana Dučića i Vuka Karadžića ukupno

Lokacija na kojoj je vršeno posmatranje i snimanje u Doboju je ukrštanje ulica Svetog Save i Kneza Lazara, u samom centru grada, gdje se saobraćaj reguliše pomoću svjetlosne saobraćajne signalizacije. Posmatranje je vršeno za mješovitu saobraćajnu traku koja se nalazi u ulici Kneza Lazara na kojoj su dozvoljeni smjerovi pravo, lijevo i desno.



Slika 3. Svetog Save i Kneza Lazara Doboj

U jutarnjem vršnom času na ovoj raskrsnici zabilježeno je 169 motornih vozila, od čega je 147 putničkih automobila, 20 lakih motornih vozila i 2 teška teretna vozila, sa Frechetovom raspodjelom intervala slijeđenja, a prosječan interval slijeđenja iznosio je 20.976 (s).

Tabela 7. Struktura motornih vozila na raskrsnici Svetog Save i Kneza Lazara 07 – 08h

PA	LT	TT	BUS	AV	UKUPNO
147	20	2	0	0	169
Prosječan interval slijeđenja					20.976

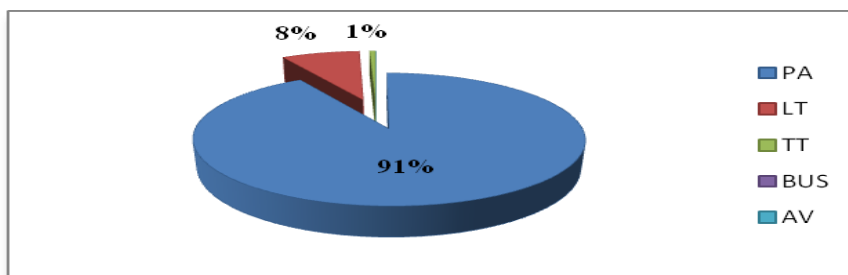
U istom danu, u popodnevnom vršnom času, ukupan broj vozila koji je zabilježen je 182, od čega je 174 putničkih automobila, te 8 lakih teretnih vozila sa prosječnim intervalom slijeđenja vozila od 19.654 (s), dok je raspodjela takođe Frechetova, kao i u jutarnjem vršnom času. Primjetno je da je prvog dana posmatranja u popodnevnom vršnom času došlo do neznatnog povećanja ukupnog broja vozila, gdje se ukupan broj vozila povećao za 13, a prosječna vrijednost intervala slijeđenja između vozila se smanjila za 1.322 (s).

Tabela 8. Struktura motornih vozila na raskrsnici Svetog Save i Kneza Lazara 15 – 16h

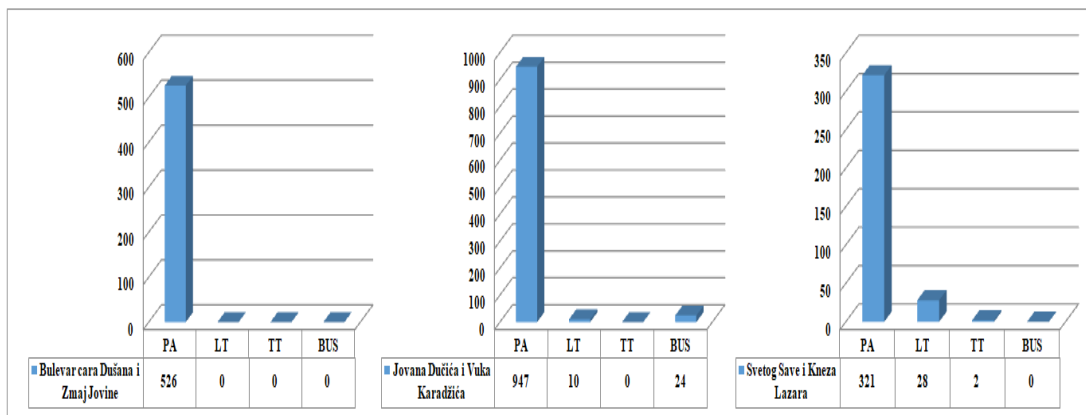
PA	LT	TT	BUS	AV	UKUPNO
174	8	0	0	0	182
Prosječan interval slijeđenja					19.654

Tabela 9. Struktura motornih vozila na raskrsnici Svetog Save i Kneza Lazara ukupno

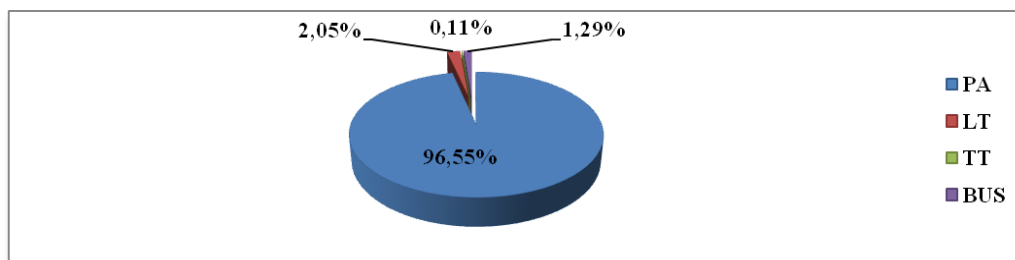
PA	LT	TT	BUS	AV	UKUPNO
321	28	2	0	0	351



Dijagram 3. Procentualna raspodjela vozila na raskrsnici Svetog Save i Kneza Lazara



Dijagram 4. Broj vozila na posmatranim raskrsnicama u periodu posmatranja



Dijagram 5. Procentualna raspodjela vozila na raskrsnicama u periodu posmatranja

## 5. Diskusija

Izmjerene su prosječne vrijednosti intervala slijeđenja vozila u jutarnjem vršnom času na ukrštanjima u Banja Luci, Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine ulice i ukrštanju ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića od 11.111 (s), 8.862 (s) respektivno. U popodnevnom vršnom času su zabilježene prosječne vrijednosti intervala slijeđenja od 12.659 (s) na ukrštanjima Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine ulice i 5.884 (s) na ukrštanju ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića. Može se uočiti da je razlika u vrijednosti intervala slijeđenja u jutarnjem i u popodnevnom vršnom času izraženija na ukrštanju ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića i iznosi 2.978 (s), dok je razlika između vrijednosti prosječnog intervala slijeđenja u jutarnjem i u popodnevnom vršnom času na ukrštanju Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine ulice 1.548 (s). Na ukrštanju ulica Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju, izmjerena vrijednost intervala slijeđenja u jutarnjem vršnom času iznosi 20.976 (s), dok je ova

vrijednost u popodnevnom vršnom času 19.654 (s), te je razlika u intervalima slijeđenja u jutarnjem i popodnevnom vršnom času na ovoj raskrsnici 1.322 (s). Na ukrštanju ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci razlika između vrijednosti intervala slijeđenja u jutarnjem vršnom času i popodnevnom vršnom času najizraženija i iznosi 2.978 (s).

Ukoliko se izvrši poređenje prosječne vrijednosti intervala slijeđenja vozila, na posmatranim signalisanim raskrsnicama u Banja Luci i Doboju može se uočiti da je u jutarnjem vršnom času na ukrštanju Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine ulice u Banja Luci prosječna vrijednost intervala slijeđenja 11.111 (s), na ukrštanju ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci prosječna vrijednost intervala slijeđenja 8.862 (s), dok je na ukrštanju ulica Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju zabilježena prosječna vrijednost intervala slijeđenja od 20.976 (s). Može se zaključiti da je na ukrštanju Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci prosječna vrijednost intervala slijeđenja najmanja, manja je za 2.249 (s) u odnosu na ukrštanje Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine ulice u Banja Luci i 12.114 (s) u odnosu na ukrštanje ulica Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju. Najveća odstupanja izražena su u prosječnoj vrijednosti intervala slijeđenja između ukrštanja ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci i ukrštanju ulica Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju i iznose 12.114 (s).

U popodnevnom vršnom času na ukrštanju Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine ulice u Banja Luci izmjerena je prosječna vrijednost intervala slijeđenja od 12.659 (s), ova vrijednost na ukrštanju ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci je iznosila 5.884 (s), dok je na ukrštanju ulica Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju zabilježena prosječna vrijednost intervala slijeđenja od 19.654 (s). Može se zaključiti da je i u popodnevnom vršnom času prosječna vrijednost intervala slijeđenja najmanja na ukrštanju Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci, dok je ova vrijednost najveća na ukrštanju ulica Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju.

Što se tiče strukture vozila može se uočiti da je samo na raskrsnici Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine ulice u Banja Luci došlo da smanjenja broja vozila u popodnevnom vršnom času u odnosu na jutarnji. Na preostale dvije raskrsnice došlo je do povećanja broja vozila u popodnevnom vršnom času u odnosu na jutarnji vršni čas. Na raskrsnici Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci zabilježeno je ukupno povećanje u broju vozila za 169, dok se ukupan broj vozila na raskrsnici Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju povećao za 13. Najveći prosječan interval slijeđenja zabilježen je na ukrštanju ulica Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju u jutarnjem vršnom času i iznosio je 20.976 (s). Najmanji prosječan interval slijeđenja vozila zabilježen je na raskrsnici Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci i iznosio je 5.884 (s), pri 575 zabilježenih vozila.

Poređenja radi, Saad Touhbi i ostali su analizirali vremenski interval slijeđenja na uličnoj mreži i dobili su podatke da je prosječna vrijednost intervala slijeđenja 6.46 (s), odnosno 5.23 (s), dok je u našim uslovima na prvoj raskrsnici u jutarnjem vršnom času iznosio 11.11 (s), a u popodnevnom vršnom času 12.66 (s). Na drugoj raskrsnici u jutarnjem vršnom času je iznosio 8.86 (s), a u popodnevnom 5.88 (s), dok je u radu koji se koristi zbog poređenja 4.11 (s), odnosno 3.83 (s). Na trećoj raskrsnici u jutarnjem vršnom času aritmetička sredina vremenskog intervala slijeđenja iznosila je 20.98 (s), a u popodnevnom 19.65 (s), a uporedne vrijednosti su iste kao na prvoj raskrsnici. Na osnovu poređenja može se zaključiti da se vremenski intervali slijeđenja ne podudaraju sa uporednim vrijednostima koje su dobijene u radu Saad Touhbi i ostali. Vrijednosti se ne

podudaraju, kako u rezultatima rada, tako i sa izabranom literaturom, jer veličina grada nije ista. Banja Luka prema popisu stanovništva ima 185.042 stanovnika, Doboj 68.514 [27], a Marrakesh 928,850 [26].

U istraživanjima o modeliranju raspodjele intervala slijeđenja, koja je sproveo ALGhamdi, vršeno je praćenje napretka u uslovima niskog, srednjeg i visokog protoka na gradskoj i vangradskoj mreži Rijada zaključeno je da interval slijeđenja prati Gamma i Erlang raspodjelu. Ovakva raspodjela je posebno izražena pri visokim protocima na magistralnim putevima. Na raskrsnicama na kojima je vršeno istraživanje u Banja Luci i Doboju raspodjelu intervala slijeđenja prati Burrova i Frechetova raspodjela. Na ukrštanju Bulevar cara Dušana i Zmaj Jovine ulice i ukrštanju ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci i u jutarnjem i u popodnevnom vršnom času raspodjelu intervala slijeđenja prati Burrova raspodjela, dok je na ukrštanju ulica Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju to Frechetova raspodjela. Iskustava u istraživanjima koja su sproveli Chandra i Kumar, kao i Arasan i Koshy, u urbanim sredinama Indije pokazuju da je raspodjela hiper-Erlanga najbolja da opiše karakteristike kretanja u mješovitom saobraćajnom toku, dok negativna eksponencijalna raspodjela pokazuje svoju kompatibilnost u širokom rasponu nivoa protoka saobraćaja, posebno ako se saobraćajni tok sastoji od značajnog procenta manjih vozila kao što su dvotočkaši, što je slučaj na raskrsnicama na kojima je vršeno istraživanje u Banja Luci i Doboju.

## 6. Zaključak

U ovom radu prikazan je način utvrđivanja i analiza intervala slijeđenja u vršnim periodima, na mješovitim saobraćajnim trakama, signalisanih raskrsnica uličnog fronta u dva grada Banja Luci i Doboju. Cilj istraživanja je bio utvrđivanje vremenskog intervala slijeđenja vozila na mješovitim saobraćajnim trakama signalisanih raskrsnica, kao jednog od osnovnih parametara saobraćajnog toka, te kao takav ima veliki značaj za opisivanje uslova odvijanja saobraćaja na signalisanim raskrsnicama uličnog fronta.

Prema definisanoj metodologiji izvršeno je mjerenje prosječnih vrijednosti intervala slijeđenja vozila u jutarnjem i popodnevnom vršnom času na signalisanim raskrsnicama u Banja Luci i Doboju. Razlike vrijednosti intervala slijeđenja u jutarnjem vršnom času i u popodnevnom vršnom času na posmatranim raskrsnicama su značajne u oba grada posmatranja, a najizraženija razlika je na ukrštanju ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci, te se hipoteza 1 odbacuje.

Jasno se može zaključiti da prosječna vrijednost intervala slijeđenja u jutarnjem vršnom času nije niti približno jednaka za posmatrana ukrštanja u Banja Luci i Doboju, čime se odbacuje hipoteza broj 2.

Ako se uporede izmjerene vrijednosti na ukrštanjima ulica Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci i ukrštanja ulica Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju, jasno su uočljive razlike između prosječne vrijednosti intervala slijeđenja na ovim raskrsnicama u popodnevnom vršnom času i one iznose čak 13.77 (s), te se hipoteza 3 odbacuje.

Na osnovu dobijenih rezultata možemo zaključiti da su uslovi saobraćajnog toka na posmatranim raskrsnicama promjenljivi u zavisnosti od lokacije i vremena posmatranja. Na istim lokacijama u različitim vršnim periodima dolazilo je do promjene u ukupnom broju vozila, kao i u strukturi saobraćajnog toka, dok su se i vrijednosti prosječnih intervala slijeđenja mijenjale. Promjene u broju vozila i prosječnoj vrijednosti intervalu slijeđenja

na posmatranim raskrsnicama u istim vršnim časovima, u različitim danima posmatranja su dosta izjednačeni, gdje je promjena u broju vozila i prosječnom intervalu slijeđenja vozila minimalna. Na raskrsnicama u Banja Luci uočen je znatno veći broj vozila u periodu posmatranja, nego u na raskrsnici u Doboju, a vremenski intervali slijeđenja vozila su izraženo manji. Najmanji prosječan interval slijeđenja vozila zabilježen je na raskrsnici Vuka Karadžića i Jovana Dučića u Banja Luci, dok je najveći prosječan interval slijeđenja zabilježen je na raskrsnici Svetog Save i Kneza Lazara u Doboju. Razlike u vrijednosti prosječnog intervala slijeđenja vozila, kao i u broju i strukturi vozila je očekivan zbog same veličine gradova u kojima je vršeno posmatranje. Banja Luka je kao regionalni centar mnogo veći grad od Doboja, u kome gravitira veći broj ljudi a samim tim i vozila, pa je bilo logično za očekivati da će na posmatranim raskrsnicama u Banja Luci biti zabilježen veći broj vozila, te da će samim tim vrijednost prosječnog intervala slijeđenja vozila biti manja.

Da bi se dobila što preciznija slika o intervalima slijeđenja između vozila na signalisanim raskrsnicama uličnog fronta u posmatranim gradovima, potrebno je izvršiti snimanje i određivanje prosječnog intervala slijeđenja na što više raskrsnica uličnog fronta, te izvršiti njihove uporedne analize i izvući odgovarajuće zaključke. Ovakav tip istraživanja bi trebalo sprovesti i u drugim gradovima, kao i na nesignalisanim raskrsnicama uličnog fronta, te uporediti rezultate sa rezultatima dobijenim u ovom radu.

## Literatura

- [1] Al-Ghamdi, A.S., 1999. Modeling Vehicle Headways for Low Traffic Flows on Urban Freeways and Arterial Roadways. In: Proceedings of the Fifth International Conference on Urban Transport and the Environment for the 21st Century, Southampton.
- [2] Al-Ghamdi, A.S., 2001. Analysis of time headways on urban roads: case study from Riyadh. J. Transp. Eng.
- [3] Arasan VT, Koshy RZ (2003) Headway distribution of heterogeneous traffic on urban arterials. J Inst Eng.
- [4] Bonneson, J.A., 1992. Study of Headway and Lost Time at Single-Point Urban Interchanges. Transportation Research Record.
- [5] Carstens, R.L., 1971. Some Traffic Parameters at Signalized Intersections. Traffic Engineering.
- [6] Chandra S, Kumar R (2001) Headway modelling under mixed traffic on urban roads. Road Transp Res 10(1).
- [7] Čelar N, i dr. Osnove upravljanja svetlosnim signalima, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2018.
- [8] Čelar N. Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici: Doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2013.
- [9] Dadić, I., Kos, G., Ševrović, M., 2014. Teorija prometnog toka. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.
- [10] Greenshields, B.D., Schapiro, D., Ericksen, E.L., 1947. Traffic Performance at Urban Street Intersections. Eno Foundation for Highway Traffic Control.
- [11] Highway Capacity Manual. 2000. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, U.S.A.

- [12] Jakimavicius, M.; Burinskiene, M. 2009. A GIS and multi-criteria-based analysis and ranking of transportation zones of Vilnius city, Technological and Economic Development of Economy
- [13] Jang J (2012) Analysis of time headway distribution on suburban arterial.
- [14] Kajalić J, i dr. Travel Time Estimation on Urban Street Segment, Promet-Traffic & Transportation. Vol. 30, No 1. pp. 115-120, 2018.
- [15] Kerner, B. S. 2009. Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control: the Long Road to Three-Phase Traffic Theory. 1st edition. Springer.
- [16] Kuzović, Lj., & Bogdanović, V. (2010). Teorija saobraćajnog toka. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [17] May, A.D., 1990. In: Traffic flow fundamentals. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- [18] Mesarec, B.; Lep, M. 2009. Combining the grid-based spatial planning and network-based transport planning, Technological and Economic Development of Economy.
- [19] Moussavi, M., Tarawneh, M., 1990. Variability of Departure Headways at Signalized Intersections. ITE 1990 Compendium of Technical Papers.
- [20] Radivojević D, i dr. Sistemi za adaptibilno upravljanje saobraćajem na gradskoj mreži, Tehnika, Vol. 72, No. 1, pp. 98-106, 2017.
- [21] Srinivas, P. et al., Behavior-Based Analysis of Freeway Car–Truck Interactions and Related Mitigation Strategies. Transportation Research Part B, Vol. 39.
- [22] Stojkov M, i dr. Poređenje realnih i teorijskih vrednosti kapaciteta na signalisanim raskrsnicama, Tehnika – saobraćaj 66, pp. 704-708, 2019.
- [23] Saha P, Roy R, Headway distribution models of two-lane roads under mixed traffic conditions: a case study from India
- [24] Thamizh Arasan, V.; Koshy, R. Z. 2003. Headway distribution of heterogeneous traffic on urban arterials, Journal of the Institution of Engineers 84.
- [25] Touhbi, S., Ait Babram, M., Nguyen-Huu, T., Marilleau, N. Time Headway analysis on urban roads of the city of Marrakesh., January 2018., Procedia Computer Science 130:111-118.
- [26] <https://en.wikipedia.org/wiki/Marrakesh>
- [27] [https://web.archive.org/web/20181123135507/http://www.bhas.ba/obavjestenja/Prelim\\_inarni\\_rezultati\\_bos.pdf](https://web.archive.org/web/20181123135507/http://www.bhas.ba/obavjestenja/Prelim_inarni_rezultati_bos.pdf)

## Summary

### RESEARCH OF FOLLOWING TIME INTERVALS AT SIGNALIZED STREET FRONT INTERSECTIONS

*Abstract: In this paper, an analysis of the time intervals of vehicle tracking in two different cities, Banja Luka and Dobož, was performed at selected signalized intersections of the street front. Mixed traffic lanes at signalized intersections were analyzed in the peak periods of the day, namely, the morning peak period from 7:00 a.m. to 8:00 a.m. and the afternoon peak period from 3:00 p.m. to 4:00 p.m. The recording of vehicle tracking intervals was performed at the level of individual cycles, i.e. from the start of the green interval to the end of the green interval or the end of emptying the row. Determining the time interval of following vehicles on mixed traffic lanes of signalized intersections as one of the basic parameters of the traffic flow is of great importance for describing the conditions in the traffic flow at the observed signalized intersections, and represents one of the basic indicators of the quality of the traffic flow. Based on the established follow-up intervals in the observed cities, a comparison of the conditions in the traffic flow, at the observed intersections, as well as an assessment of the quality of the traffic flow was made.*

*Key words: following interval, signalized intersection, light traffic signalling*



## UTICAJ UVOĐENJA PRIORITETA JAVNOG PREVOZA NA USLOVE U SAOBRAĆAJNOM TOKU

Marijana Mošić, Yunex Traffic, marijana.mosic7@gmail.com

Nataša Vidović, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.vidovic@sf.bg.ac.rs

Ivana Joksimović, Millennial Logistics, ivana.93.gm@gmail.com

*Rezime: Saobraćajna zagušenja predstavljaju izazov sa kojim se suočavaju mnoge gradske saobraćajne mreže, a osnovni uzrok je kontinualno povećanje transportnog zahteva. Upravljanje saobraćajem u smislu uvođenja detektorskog ili adaptibilnog režima rada gde se svetlosni signali prilagođavaju uslovima u saobraćaju u realnom vremenu mogu doneti značajna poboljšanja. Pored upravljanja u realnom vremenu, u novom konceptu upravljanja saobraćajem akcenat je stavljen na upravljanje transportnim zahtevima na način koji će doprineti realizaciji ciljeva održive mobilnosti. Kao jedan od gradskih šinskih sistema, moderan tramvaj je postao važan deo javnog prevoza, posebno u gradovima srednje veličine, zbog svojih prednosti u vidu relativno malih investicija i zaštite životne sredine. Unapređenje efikasnosti tramvajskog podsistema javnog prevoza putnika trebalo bi da doprinese većoj atraktivnosti ovog sistema, a samim tim i smanjenju upotrebe putničkih automobila koje bi imalo dugoročne efekte na razvoj gradova u budućnosti. U ovom radu je na osnovu eksperimentalno utvrđenih podataka i podataka dobijenih pomoću detektora kvantifikovan uticaj strategije davanja prioriteta tramvajima uz pomoć svetlosnih signala na uslove u saobraćajnom toku. Ovaj uticaj procenjen je na osnovu poređenja stanja pre ugradnje detektora i nakon njihove implementacije i puštanja u rad. Dobijeni rezultati ove „pre i posle“ studije pokazuju da se pravilnom primenom tehnika davanja prioriteta (na primer, adekvatna pozicija detektora, dobra procena vremena dolaska tramvaja na raskrsnicu) mogu značajno poboljšati parametri kojima se ocenjuje stanje na mreži saobraćajnica. Pokazano je da se nivo usluge na raskrsnicama može približno održati, jer nije zanemaren saobraćajni zahtev sa sporednih pravaca.*

*Ključne reči: saobraćajni tok, javni prevoz, prioritet tramvaja, održiva mobilnost*

### 1. Uvod

Saobraćajna zagušenja predstavljaju izazov sa kojim se suočavaju mnoge gradske saobraćajne mreže, a osnovni uzrok je kontinualno povećanje transportnog zahteva i sve veća zavisnost stanovnika od putničkog automobila. Oskudna mogućnost za fizičko povećanje kapaciteta postavila je javni masovni prevoz putnika (JMPP) na visoku poziciju u okviru gradskog transportnog sistema. Zbog velikog kapaciteta vozila, JMPP je atraktivno ekonomsko rešenje za zadovoljavanje potreba za mobilnošću. Dugoročno posmatrano, ovaj sistem bi trebalo razvijati i unapređivati sa ciljem smanjenja zagušenja u gradskoj sredini usled prekomerne upotrebe putničkog automobila.

Iako je pokazano da se korišćenjem JMPP-a dodatno unapređuje gradski transportni sistem [1], on se tokom prethodnih godina u velikim gradovima suočio sa smanjenjem obima putovanja, dok su privatni automobili postepeno postali najpopularniji vid prevoza

[2]. Zato, posebna pažnja mora biti usmerena na implementaciju raznih upravljačkih mera kojima se može unaprediti kvalitet celokupnog sistema JMPP-a i time privući što veći broj korisnika. Ulaganje u sistem JMPP-a i njegovo favorizovanje, direktno utiče na destimulisanje korisnika da koriste putnički automobil. Saobraćajni planeri usvajaju mnoštvo strategija da bi doprineli realizaciji ove ideje, a kao jedna od osnovnih strategija izdvojeno je davanje prioriteta vozilima JMPP-a na mreži saobraćajnica. Razvijeno je nekoliko tipova strategija davanja prioriteta, a koja će od njih biti upotrebljena zavisi od uslova na saobraćajnoj mreži, zahteva koji se ispostavljaju i razvijenosti JMPP-a.

Kao jedan od gradskih šinskih sistema, moderan tramvaj je postao važan deo javnog prevoza, posebno u gradovima srednje veličine, zbog svojih prednosti u vidu relativno malih investicija i zaštite životne sredine. U većini gradova tramvaji se kreću sredinom saobraćajnice i imaju ekskluzivno pravo prvenstva osim na raskrsnicama, gde dele pravo prvenstva prolaza sa vozilima, tj. svim automobilima. Dodeljivanjem ekskluzivne trake može se smanjiti vreme putovanja time što je umanjuju mogući poremećaji [3, 4]. Međutim, tramvaji moraju da se zaustave ispred raskrsnice ako dođu na crveni signal. U toj situaciji vreme putovanja tramvajem i potrošnja energije značajno raste, jer zaustavljanje podrazumeva kočenje i ponovno ubrzavanje. Neophodno je da se tramvajima unapred da prvenstvo prolaza na raskrsnici kako bi se izbegla neplanirana zaustavljanja [5, 6].

Na osnovu navedenog, jasno je da davanje prioriteta tramvajima na signalisanim raskrsnicama, posebno u linijskoj koordinaciji na primarnim saobraćajnicama, predstavlja ključnu i izvodljivu strategiju za unapređenje efikasnosti rada i nivoa usluge tramvaja. Uprkos sve većoj primeni koncepta davanja prednosti vozilima javnog prevoza u drumskom saobraćaju, tehnike za vrednovanje njihovih uticaja na učesnike u saobraćaju su i dalje oskudno razvijene, a često se vrednovanje uopšte i ne sprovodi. Osnovni cilj ovog rada je da se taj nedostatak delimično nadomesti kroz istraživanje uticaja implementacije adaptibilnog upravljanja saobraćajem na signalisanim raskrsnicama. Za prostor istraživanja odabrana je jedna deonica u Beogradu koju odlikuje rezervisana traka za kretanje tramvaja. Na osnovu eksperimentalno utvrđenih podataka i podataka dobijenih pomoću detektora kvantifikovan je uticaj strategije davanja prioriteta tramvajima uz pomoć svetlosnih signala na uslove u saobraćajnom toku. Ovaj uticaj procenjen je na osnovu poređenja stanja pre ugradnje detektora i nakon njihove implementacije i puštanja u rad.

## 2. Pregled literature

Savremene upravljačke mere koje se planiraju i donose sa ciljem da ublaže saobraćajna zagušenja zasnovane su na postavkama održivosti u okviru čega je poseban akcenat stavljen na promenu vida prevoza. Zato je, između ostalog, od velike važnosti raditi na unapređivanju kvalitet sistema JMPP-a kako bi se korisnici podstakli da pređu na njegovu upotrebu. Koncepti davanja prioriteta vozilima javnog prevoza sve se više usvajaju u gradovima širom sveta [7]. Davanje prioriteta uobičajeno podrazumeva da se prilikom saobraćajnog projektovanja ovim vozilima dodeljuje određena saobraćajna površina (tzv. ekskluzivne saobraćajne trake) ili se unapređuje vreme putovanja pomoću svetlosnih signala u cilju poboljšanja eksploatacionih performansi vozila javnog prevoza [8].

U literaturi se odavno proučava davanje prioriteta javnom prevozu na raskrsnicama regulisanim svetlosnim signalima. U pregledu literature koji su uradili Diakaki i saradnici [9] navodi se da davanje prioriteta na raskrsnicama može da smanji vreme putovanja vozila javnog prevoza na račun drugih vozila. Nelson i Bullock [10] ukazuju na to da se prioritet tramvajima i autobusima daje samo kada su zadovoljeni određeni uslovi i treba ih pažljivo ispitivati od slučaja do slučaja. Nekoliko studija pokazalo je da strategije davanja prioriteta mogu osetno smanjiti vreme putovanja vozila javnog prevoza pri visokom stepenu zasićenja uz tolerantan negativan uticaj na sporedne tokove. Na primer, Li i saradnici [11] razvili su i primenili plan rada signala za davanje prioriteta javnom prevozu na osnovu podataka sa detektora. Na opterećenoj raskrsnici je utvrđeno da su prosečni vremenski gubici autobusa i prosečni vremenski gubici automobila u smeru kretanja autobusa bili manji za približno 43% i 16%, respektivno. Osim toga, prosečni vremenski gubici vozila na sporednom pravcu uvećani su za oko 12%. Shu i saradnici [12] predložili su model upravljanja signalima za davanje prioriteta javnom prevozu u cilju minimiziranja ukupnih vremenskih gubitaka na raskrsnici u uslovima bliskim zasićenju. Rezultati pokazuju da se za raskrsnice u nezasićenom stanju može dobiti više od 6% smanjenja vremenskih gubitaka kada je prioriteto vreme kraće od 5 sekundi. Štaviše, čak i kada je stepen zasićenja na raskrsnici 0,95, može se dati prioritet vozilu javnog prevoza samo ako je prioriteto vreme kraće od 5 sekundi.

### **3. Strategije davanja prioriteta javnom prevozu**

U opštem slučaju, postojeće strategije davanja prioriteta na signalisanim raskrsnicama mogu se svrstati u dve osnovne kategorije: strategije pasivnog i strategije aktivnog prioriteta. Strategije aktivnog prioriteta se, zatim, mogu podeliti na bezuslovni i uslovni aktivni prioritet [13]. Strategije pasivnog prioriteta imaju za cilj razvoj signalnih planova u korist vozila javnog prevoza duž koridora sa signalisanim raskrsnicama. One se često primenjuju na sisteme upravljanja svetlosnim signalima koji rade u fiksnom režimu. Razvijene su na osnovu istorijskih podataka i ne zahtevaju bilo kakav sistem detekcije. Strategije pasivnog prioriteta podrazumevaju pravljenje zelenog talasa za vozila javnog prevoza prilagođavanjem redosleda i trajanja signalnih faza na više uzastopnih raskrsnica. Dokazano je da su strategije pasivnog prioriteta efektivne na mrežama jednostavne strukture sa visokom frekvencijom vozila javnog prevoza [5]. Međutim, takođe je ukazano na to da su strategije pasivnog prioriteta manje prilagodljive kada je protok vozila veći.

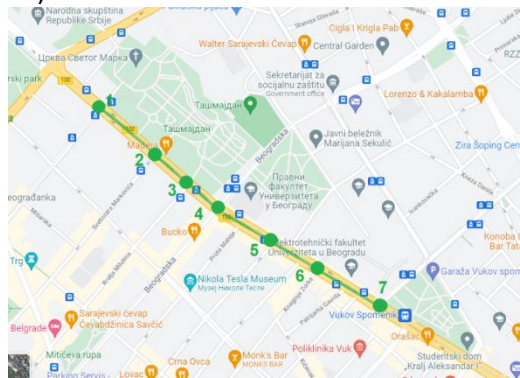
Za razliku od pasivnog prioriteta, aktivni prioritet često se primenjuje zbog svoje fleksibilnosti. Aktivni sistemi za davanje prioriteta primenjuju selektivnu detekciju vozila kako bi detektovali približavanje vozila javnog prevoza i prilagodili plan rada signala na unapred definisan način u cilju aktiviranja, primera radi, pretpaljenja, produženja zelenog ili specijalne faze za javni prevoz [14]. Mogu biti uslovni i bezuslovni. Strategije bezuslovnog aktivnog prioriteta garantuju apsolutni prioritet vozilima javnog prevoza kada se ta vozila detektuju na prilazu raskrsnici. Iako bezuslovni prioritet uvek daje zeleni signal vozilima javnog prevoza i ubrжава ta vozila tako što im garantuje da neće biti zaustavljena crvenim signalom na raskrsnicama, on neminovno prouzrokuje poremećaje u toku neprioritetnih vozila, posebno kada je obim saobraćaj neprioritetnih vozila veliki.

S druge strane, uslovni aktivni sistemi daju prioritet samo ako je ispunjen određeni skup uslova i pravila, poput toga da li bi poremećaji u toku neprioritetnih vozila bili veći

od granične vrednosti i da li vozila javnog prevoza već kasne u odnosu na red vožnje. Na osnovu dosadašnjih istraživanja zaključeno je da uslovni aktivni model za davanje prioriteta daje efekte u uslovima umerenog zagušenja, jer može značajno da smanji vremenske gubitke vozila na raskrscima, a da ne izazove prekomerne vremenske gubitke za ostale učesnike u saobraćaju. Brojne studije proučavale su različite strategije davanja prioriteta svetlosnim signalima pri istim saobraćajnim uslovima. Nekoliko studija došlo je do sličnog rezultata ukazujući su na to da uslovno aktivno davanje prioriteta ima za rezultat manji uticaj na neprioritetna vozila [15].

#### 4. Studija slučaja: beograd - davanje prioriteta tramvajima u bulevaru kralja aleksandra

Predmetni koridor ovog rada je deo Bulevara kralja Aleksandra (BKA) u Beogradu. Nalazi se na gradskoj opštini Voždovac i sa svojih 7,5 km dužine druga je po dužini ulica na teritoriji grada. Za potrebe istraživanja uzeta je deonica koridora od ukrštanja sa Resavskom ulicom do ukrštanja sa Ruzveltovom ulicom u okviru koga se nalazi 7 signalisanih raskrsnica (slika 1).



Slika 1. Predmetni koridor

Korisnike tramvajskog podsistema javnog prevoza na ovoj trasi opslužuju tri redovne linije. Najkompleksnije raskrsnice, sa aspekta balansa između vremenskih gubitaka javnog prevoza i vremenskih gubitaka ostalih učesnika u saobraćaju na predmetnom koridoru su BKA – Beogradska, BKA – Resavska i BKA - Ruzveltova.

Na svim signalisanim raskrscima koje su u obuhvatu istraživanja implementiran je aktivni uslovni prioritet vozilima tramvajskog podistema javnog gradskog prevoza putnika (u daljem tekstu tramvajima). Za potrebe detekcije tramvaja u zoni raskrsnice primenjuje se sistem Sitraffic STREAM koji za detekciju položaja tramvaja koristi GPS tehnologiju, dok se komunikacija sa kontrolnim centrom bazira na GPRS/UMTS tehnologiji.

Svako vozilo tramvajskog podsistema javnog prevoza opremljeno je uređajem u vozilu koje putem GPS tehnologije prati vozilo javnog prevoza. Tačnije, on prati vozilo koje se približava raskrsnici i isto najavljuje upravljačkom uređaju slanjem telegrama putem GPRS tehnologije. Za svaki prilaz raskrsnici na kome saobraćaju tramvaji definisane su virtuelne tačke registracije tramvaja (x i y) tako da se vreme dolaska tramvaja predviđa i ažurira u realnom vremenu. Takođe, definisana je i tačka odjave tramvaja (z), te nakon prolaska istog uređaj u vozilu deli informaciju da je tramvaj napustio raskrnicu. Sistem za zahtevanje prioriteta sa upravljačkim uređajima deli informacije o prolasku uređaja preko definisanih tačaka na osnovu kojih se predviđa vreme nailaska vozila javnog prevoza.

Upravljački uređaj na osnovu pomenutih informacija, kao i informacija o saobraćajnom protoku, trenutnoj fazi rada svetlosnih signala i strategijama plana rada signala u realnom vremenu prilagođava plan rada signala tako što daje prioritet tramvajima uz istovremeno eksplicitno razmatranje uticaja na ostala vozila. Modaliteti u davanju prioriteta tramvajima mogu biti: produženje zelenog signalnog pojma, skraćivanje nekog drugog aktivnog stanja i ubacivanje specijalne faze za opsluživanje tramvaja. Algoritam za upravljanje svetlosnim signalima bira model davanja prioriteta u određenoj situaciji sa ciljem održavanja balansa između vremenskih gubitaka javnog prevoza i vremenskih gubitaka ostalih učesnika u saobraćaju a u skladu sa projektovanim detektorskim režimom rada.

#### **4.1. Metodologija istraživanja**

Kako je cilj studije poređenje pređašnjeg i sadašnjeg stanja, neophodno je sprovesti istraživanja kako bi se dobili ulazni podaci za proces utvrđivanja nivoa usluge. Svi prikupljeni podaci su detaljno i precizno analizirani kako bi se omogućilo sprovođenje pouzdane uporedne analize, odnosno utvrdio uticaj davanja prioriteta javnom prevozu na uslove u saobraćajnom toku. Prva istraživana karakteristika je protok saobraćaja. Brojanje saobraćaja je vršeno je 2019. godine u jutarnjem vršnom satu od 7 do 9 časova i u popodnevnom vršnom satu od 15 do 17 časova. Istraživanje je sprovedeno primenom manuelne metode odnosno popunjavanjem brojačkih obrazaca. Vozila su podeljena u sledeće grupe: putnički automobili, autobusi, tramvaji i komercijalna vozila. Podaci za posmatrani period 2021. godine preuzeti su sa detektora koji se nalaze na glavnom pravcu na istom preseku na kome je vršeno brojanje saobraćaja 2019. godine.

Paralelno sa brojanjem saobraćaja obavljeno je terensko istraživanje vremena putovanja automobilom na koridoru. Merenje počinje prelaskom prednjih točkova vozila preko linije zaustavljanja na početku koridora odnosno na prvoj raskrsnici na koridoru i završava se prelaskom prednjih točkova vozila preko linije zaustavljanja na kraju koridora odnosno na poslednjoj raskrsnici na koridoru. Realizovani su višestruki prolasci u svakom periodu i smeru snimanja koji su uprosečeni radi dalje analize. Korišćena je „metoda pokretnog osmatrača“. Podaci su beleženi „Speedometer GPS“ aplikacijom na pametnom telefonu operativnog sistema Android. Aplikacija beleži podatke u realnom vremenu o brzini vozila i geografskim koordinatama u intervalima od jedne sekunde. Vreme putovanja tramvajem analizirano je za iste datume i periode kada su vršena i druga istraživanja na terenu.

## **5. Rezultati**

Prosečno vreme putovanja putničkim automobilom i tramvajem, u oba smera, u stanju pre i stanju posle prikazano je u Tabeli 1. Smer 1 predstavlja smer od Vukovog spomenika ka Tašmajdanu, dok smer 2 predstavlja smer od Tašmajdana ka Vukovom spomeniku.

Tabela 1. Rezultati saobraćajnog istraživanja

		Dužina koridora (m)	putnički automobil		tramvaj	
			Prosečno vreme putovanja (s)	Prosečna brzina (m/s)	Prosečno vreme putovanja (s)	Prosečna brzina (m/s)
Smer 1	PRE	903	254	3,56	592	1,53
	POSLE	903	248	3,64	345	2,62
Smer 2	PRE	936	200	4,68	304	3,08
	POSLE	936	192	4,88	270	3,47

Prosečno vreme putovanja individualnog saobraćaja je maltene identično pre i nakon implementacije sistema za davanje prioriteta tramvajskom podsystemu javnog prevoza. Međutim, prosečno vreme putovanja tramvaja je značajno smanjeno uvođenjem sistema. U smeru od Vukovog spomenika ka Tašmajdanu vreme putovanja je smanjeno za 42% u odnosu na isti period pre uvođenja sistema. U drugom smeru, vreme putovanja tramvajem je smanjeno za 11%.

### 5.1. Nivo usluge

#### Nivo usluge individualnog saobraćaja

U narednom koraku pristupljeno je utvrđivanju nivoa usluge na koridoru. Metodologija data u „HCM 2010“ predstavlja uopšten, sistematizovan i opšteprihvaćen analitički pristup za utvrđivanje nivoa usluge na koridoru [36]. Kako je prikupljanje ulaznih podataka za analitički proračun nivoa usluge vremenski zahtevno, autor je koristio konačnu formulu sa podacima dobijenim sprovedenim terenskim istraživanjem tokom kojeg su prikupljeni podaci o vremenu putovanja i brzini duž koridora.

Utvrđivanje nivoa usluge utvrđeno je na osnovu odnosa brzine putovanja ( $V_p$ ) i bazne vrednosti slobodne brzine ( $V_{SL\_BAZNA}$ ), na osnovu tabele 2.

Tabela 2. Nivo usluge na deonici prema HCM 2010

$V_p / V_{SL\_BAZNA}$ (%)	NU
>85	A
> 67 – 85	B
> 50 – 67	C
> 40 – 50	D
> 30 – 40	E
≤ 30	F

Za brzinu putovanja duž koridora usvojena je prosečna brzina putovanja vozila u respektivnom periodu tokom sprovedenog istraživanja. Bazna vrednost slobodne brzine utvrđena je istraživanjem na terenu sprovedenim u van vršnom periodu, takođe metodom pokretnog osmatrača. Kako je najveća ostvarena brzina tokom vožnje duž koridora veća od ograničenja brzine na deonici, ista je usvojena za baznu vrednost slobodne brzine. Usvojena vrednost slobodne brzine je 65 km/h odnosno 18 m/s.

Tabela 3. Nivo usluge individualnog saobraćaja pre i posle uvođenja prioriteta tramvajima

	smer 1 (Vukov spomenik. - Tašmajdan)		smer 2 (Tašmajdan - Vukov spomenik)	
	$V_p / V_{SL\_BAZNA}$ (%)	NU	$V_p / V_{SL\_BAZNA}$	NU
PRE	20	F	26	F
POSLE	20	F	27	F

U Tabeli 3 prikazan je nivo usluge na deonici koji je F u oba smera, i pre i nakon implementacije sistema iz čega se može zaključiti da uvođenjem davanja prioriteta tramvajima nije imalo ni pozitivan ni negativan uticaj na ostale učesnike u saobraćaju.

### Utvrđivanje nivoa usluge za vozila javnog prevoza

Nivo usluge javnog prevoza na deonici utvrđuje se na osnovu indeksa vremena putovanja na analiziranoj deonici (Tabela 4). Indeks vremena putovanja definisan je odnosom idealnog i realnog vremena putovanja. Idealno vreme putovanja predstavlja vreme putovanja u uslovima slobodnog toka, bez uticaja raskrsnica i isključivo zavisi od operative brzine vozila i broja stajališta na deonici. [37].

Za realno vreme putovanja je usvojeno prosečno vreme putovanja tramvaja u respektivnom periodu tokom sprovedenog istraživanja koja su prikazana u Tabeli 1. Za idealno vreme putovanja tramvaja usvojena su minimalna vremena između stajališta i minimalno zadržavanje na stajalištu. Utvrđeno minimalno vreme putovanja je 180 sekundi.

Tabela 4. Indeks vremena putovanja JP

Indeks vremena putovanja	NU
> 0,95	A
> 0,90	B
> 0,80	C
> 0,65	D
> 0,50	E
< 0,50	F

Tabela 5. Utvrđen nivo usluge na deonici

	smer 1 (Vukov spomenik. - Tašmajdan)		smer 2 (Tašmajdan - Vukov spomenik)	
	indeks vremena putovanja	NU	indeks vremena putovanja	NU
PRE	0,30	F	0,59	D
POSLE	0,52	E	0,67	C

Rezultati jednoznačno ukazuju da je nivo usluge za tramvaje poboljšan na koridoru u oba posmatrana smera.

## 6. Zaključak

Upravljanje transportnim zahtevima u gradovima predstavlja složen proces koji zahteva svaobuhvatni pristup i integrisanje politika transportnih podсистema. Stari koncept upravljanja transportnim zahtevima orijentisan ka putničkom automobilu i obezbeđivanju dodatnih kapaciteta u gradskim sredinama pokazao se neefikasnim. Zato

je savremeni koncept okrenut ka drugim vidovima prevoza poput JMPP-a, deljenim vozilima i nemotorizovanim kretanjima kao efikasnijim načinima kretanja u cilju realizacije održive mobilnosti. Kao moćan alat u unapređenju saobraćajnih uslova prepoznata je mera davanja prioriteta vozilima javnog prevoza na raskrscima. U ovom radu fokus je na unapređenju saobraćajnog toka i protoka na nekoliko uzastopnih raskrscnica Bulevara kralja Aleksandra u Beogradu tako da se balansiraju potrebe javnog prevoza i drugih vozila. Razlikuje se od drugih studija slučaja po nekoliko aspekata. Prva razlika ogleda se u tome što se u ovom radu proučava prioritet dat tramvajima, koji su u manjoj interakciji sa drugim vozilima u poređenju sa autobusima. Druga razlika je ta što je dato poređenje predašnjeg i sadašnjeg stanja, dok je većina ostalih studija simulacijskog karaktera.

Za osnovni pokazatelj uticaja uvođenja prioriteta tramvajima na uslove u saobraćajnom toku analiziran je nivo usluge na posmatranoj deonici. Nivo usluge je analiziran za putničke automobile i za tramvaje dobijen prema priručniku „HCM 2010“ i sa podacima koji su dobijeni istraživanjem. Analizirani rezultati ukazuju da je nivo usluge za tramvaje pre i posle uvođenja strategije davanja prioriteta tramvajima značajno poboljšan sa nivoa usluge F i D po smeru respektivno na E i S. Paralelno, i pored povećanja protoka u odnosu na stanje pre, nivo usluge individualnog saobraćaja je ostao isti (F) za oba smera kretanja. Može se zaključiti da implementirana strategija davanja prioriteta tramvajima nema negativan uticaj na ostale učesnike u saobraćaju dok je istovremeno utvrđen pozitivan uticaj na vozila tramvajskog podsistema javnog prevoza. Narednim istraživanjima trebalo bi analizirati i kako je uvođenje prioriteta tramvajima uticalo na vremenske gubitke i nivo usluge na sporednim pravicima.

## Literatura

- [1] Fadaei, M., & Cats, O. (2016). Evaluating the impacts and benefits of public transport design and operational measures. *Transport policy*, 48, 105-116.
- [2] Sakamoto, K., Abhayantha, C., & Kubota, H. (2007). Effectiveness of bus priority lane as countermeasure for congestion. *Transportation research record*, 2034(1), 103-111.
- [3] Mesbah, M., Sarvi, M., Currie, G., & Saffarzadeh, M. (2010). Policy-making tool for optimization of transit priority lanes in urban network. *Transportation research record*, 2197(1), 54-62.
- [4] Mesbah, M., Sarvi, M., & Currie, G. (2011). Optimization of transit priority in the transportation network using a genetic algorithm. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(3), 908-919.
- [5] Skabardonis, A. (2000). Control strategies for transit priority. *Transportation Research Record*, 1727(1), 20-26.
- [6] Hu, J., Park, B. B., & Lee, Y. J. (2015). Coordinated transit signal priority supporting transit progression under connected vehicle technology. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 55, 393-408.
- [7] Goh, K. C. K., Currie, G., Sarvi, M., & Logan, D. (2013). Road safety benefits from bus priority: an empirical study. *Transportation research record*, 2352(1), 41-49.
- [8] Currie, G., Sarvi, M., & Young, B. (2007). A new approach to evaluating on-road public transport priority projects: balancing the demand for limited road-space. *Transportation*, 34(4), 413-428.
- [9] Diakaki, C., Papageorgiou, M., Dinopoulou, V., Papamichail, I., & Garyfalia, M. (2015). State-of-the-art and-practice review of public transport priority strategies. *IET Intelligent Transport Systems*, 9(4), 391-406.



- [10] Nelson, E. J., & Bullock, D. (2000). Impact of emergency vehicle preemption on signalized corridor operation: An evaluation. *Transportation research record*, 1727(1), 1-11.
- [11] Li, M., Yin, Y., Zhang, W. B., Zhou, K., & Nakamura, H. (2011). Modeling and implementation of adaptive transit signal priority on actuated control systems. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 26(4), 270-284.
- [12] Shu, S., Zhao, J., & Han, Y. (2018). Signal timing optimization for transit priority at near-saturated intersections. *Journal of Advanced Transportation*, 2018.
- [13] Zhou, W., Bai, Y., Li, J., Zhou, Y., & Li, T. (2019). Integrated optimization of tram schedule and signal priority at intersections to minimize person delay. *Journal of Advanced Transportation*, 2019.
- [14] Islam, M. T., Tiwana, J., Bhowmick, A., & Qiu, T. Z. (2016). Design of LRT signal priority to improve arterial traffic mobility. *Journal of Transportation Engineering*, 142(9), 04016034.
- [15] Altun, S. Z., & Furth, P. G. (2009). Scheduling buses to take advantage of transit signal priority. *Transportation research record*, 2111(1), 50-59.

## Summary

### THE IMPACT OF PUBLIC TRANSPORT PRIORITY ON THE CONDITIONS IN TRAFFIC FLOW

*Abstract: Traffic congestion is a challenge faced by many urban transport networks, and the main cause is the continuous increase in transport demand. Traffic management in the sense of introducing a traffic actuation or adaptive mode of operation where traffic lights adapted to traffic conditions in real time can bring significant improvements. In addition to real-time management, in the new concept of traffic management, emphasis is placed on the traffic management in a way that will contribute to the realization of the goals of sustainable mobility. As one of the city's rail systems, the modern tram has become an important part of public transportation, especially in medium-sized cities, due to its advantages in terms of relatively low investment and environmental protection. Improving the efficiency of the tram subsystem of public passenger transport should contribute to the greater attractiveness of this system, and thus to the reduction of the use of passenger cars, which would have long-term effects on the development of cities in the future. In this paper, based on experimentally determined data and data obtained using detectors, the influence of the strategy of giving priority to trams with the help of light signals on the conditions in the traffic flow was quantified. This impact was assessed based on a comparison of the state before the installation of the detectors and after their implementation and commissioning. The obtained results of this "before and after" study show that with the proper application of prioritization techniques (for example, adequate position of the detector, good estimation of the arrival time of the tram at the intersection) the parameters used to evaluate the state of the road network can be significantly improved. It has been shown that the level of service at the intersections can be approximately maintained, because the traffic demand from the side roads has not been neglected.*

*Keywords: traffic flow, public transport, tram priority, sustainable mobility*

## PRIMENA INTEGRACIJE PTV EPICS, PTV BALANCE I SAUS SOFTVERA U ADAPTIBILNOM UPRAVLJANJU SAOBRAĆAJEM NA KORIDORU

Margareta Ilić, ElcomBgd d.o.o, Beograd, margareta.ilic@elcombgd.rs

Stefan Mladenović, ElcomBgd d.o.o, Beograd, stefan.mladenovic@elcombgd.rs

*Rezime: Napredak tehnike i tehnologije sa sobom povlači inovativnosti u raznovrsnim oblastima, među kojima su i sistemi za adaptibilno upravljanje. Adaptibilni sistemi upravljanja predstavljaju sveobuhvatni pristup u poboljšanju uslova u saobraćajnim tokovima na koridorima ili u zonama, uz pomoć simulacije. Koristi koje proizilaze iz adaptibilnih sistema upravljanja (kraće vreme putovanja, manja potrošnja goriva, manji negativni uticaj na životnu sredinu, veće zadovoljstvo korisnika) ukazuju na značaj primene ovih sistema. U ovom radu predstavljena je uporedna analiza nekoliko različitih varijanti adaptibilnog upravljanja na koridoru Sarajevske ulice u Beogradu. Takođe, dat je opis softvera uz pomoć kojih je rađena simulacija adaptibilnog režima – PTV Epics i PTV Balance modula u integrisanom radu za istovremeno upravljanje na mikro i makro nivou, kao i SAUS softvera uz pomoć koga je izvršena analiza parametara kvaliteta opsluge i prikaz istih. Cilj ovog rada jeste ukazati na efikasnost postupka simulacije kao poželjnog alata u upravljanju saobraćajem kroz analizu parametara efikanosti, kao rezultat koji proizilazi iz integrisanog rada više softvera.*

*Ključne reči: adaptibilno upravljanje, mikrosimulacije, upravljanje saobraćajem*

### 1. Uvod

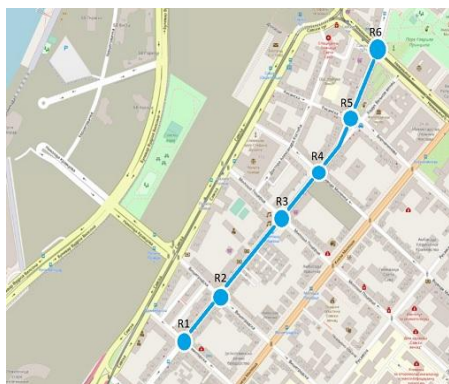
Mikrosimulacioni modeli imaju značajnu ulogu u razumevanju pokazatelja uslova u saobraćajnom toku na mreži ulica. Napredne računarske tehnologije i razvoj novih matematičkih modela doveli su do velikih nadogradnji mikrosimulacionih modela u cilju što pouzdanijeg prikaza realnih uslova u saobraćajnom toku [1]. Simulacija kao alat, može se koristiti za testiranje različitih scenarija i vizualizaciju trenutnih uslova u saobraćaju. Pored toga, simulacije su bezbednije, jeftinije i brže nego istraživanja na terenu, te se često koriste kao alternativni način sprovođenja eksperimenata i analiza [2]. Platforme za mikrosimulaciju saobraćaja zauzimaju značajno mesto u sistemima adaptibilnog upravljanja u potrazi za optimizovanim rešenjima.

Za primenu adaptibilnog sistema upravljanja neophodno je da svi prilazi raskrsnici budu pokriveni detektorskim resursima za detekciju saobraćajnog zahteva (motornih vozila, pešaka i tramvaja). Kako je proces instalacije induktivnih petlji veoma složen jer zahteva pribavljanje neophodnih dozvola od nadležnih institucija, sečenje kolovoza, kopanje kanalizacije i privremenu promenu režima saobraćaja, postavlja se pitanje da li se na pojedinim jednostavnijim potezima/koridorima može postići ista efikasnost u upravljanju svetlosnim signalima sa manjim brojem induktivnih petlji u odnosu na slučaj potpune pokrivenosti istim? Upravo je u ovom radu, uz pomoć PTV VISSIM simulacionog modela u integrisanom radu PTV Balance i PTV Epics modula, kao i SAUS softvera, izvršeno testiranje mogućih scenarija upravljanja sa različitim brojem i dispozicijom detektora motornih vozila na potezu Sarajevske ulice u Beogradu.

## 2. Položaj i funkcionalne karakteristike

Sarajevska ulica nalazi se na teritoriji grada Beograda. Prostire se od ulice Drinska do ulice Nemanjina, u smeru ka Zelenom vencu. Svojim položajem, daje značajan doprinos opsluživanja saobraćajnih tokova koji iz smera Bulevara vojvode Mišića ili sa autoputa (od denivelisane raskrsnice „Mostar“) gravitiraju centru grada, tačnije takozvanom „Savskom amfiteatru“. U režimskom pogledu, njena uloga je da, skupa sa Savskom ulicom rastereti Ulicu kneza Miloša (u smeru ka centru grada). Sarajevska ulica predstavlja jednosmeran linijski koridor u smeru ka Nemanjinoj ulici, koji čine šest raskrsnica i niz bočnih prilaza, od kojih je većina jednosmerna. Raskrsnice koje formiraju koridor Sarajevske ulice su:

- R1: Sarajevska – Durmitorska,
- R2: Sarajevska – Višegradska,
- R3: Sarajevska – Miloša Pocerca,
- R4: Sarajevska – Vojvode Milenka,
- R5: Sarajevska – Risanska,
- R6: Sarajevska – Nemanjina.



*Slika 1: Prostorni obuhvat Sarajevske ulice*

Prilaze duž Sarajevske ulice formiraju tri saobraćajne trake, od kojih je krajnja desna žuta traka namenjena kretanju vozila javnog gradskog prevoza putnika. Svojim položajem i funkcionalnošću, Sarajevska ulica predstavlja pogodan poligon u ispitivanju hipoteze da se na tako relativno jednostavnom potezu sa manjim brojem detektora za detekciju motornim vozila ne naruši efikasnost u upravljanju svetlosnim signalima. Efekte takvog pristupa u upravljanju signalima omogućavaju takozvani logički (virtuelni detektori), uz pomoć kojih se podaci sa detektora o vremenu putovanja vozila na jednoj raskrsnici prosleđuju semaforskom uređaju na narednoj raskrsnici. Na slici 1 prikazan je prostorni obuhvat poteza Sarajevske ulice.

## 3. Programski moduli ptv epics i ptv balance

PTV EPICS (Entire Priority Intersection Control System) je programski modul integrisan u savremeni semaforski uređaj KSS-1.2 koji poseduje mogućnost optimizacije signalnih planova u vrlo kratkom roku (do sto sekundi). PTV EPICS svake sekunde prognozira saobraćaj i optimizira upravljanje za narednih 100 sekundi na osnovu trenutnog

saobraćajnog zahteva na svakoj od saobraćajnih traka raskrsnice, trenutne dužine redova, informacija o javnom prevozu i najave pešaka na tasterima. Podaci se prikupljaju pomoću detektora. [3].

PTV BALANCE (Balancing Adaptive Network Control Method), za razliku od PTV Epics, predstavlja modul za upravljanje integrisanim sistemom raskrsnica na uličnoj mreži. Softver procenjuje saobraćajni zahtev na osnovu podataka sa detektora i vrši optimizaciju u koraku od pet minuta. Na osnovu saobraćajnog zahteva, PTV Balance vrednuje pokazatelje efikasnosti upravljanja (vremenske gubitke, broj zaustavljanja i dužinu redova) za različite kombinacije trajanja ciklusa, ofseta i preraspodelu zelenog vremena u ciklusu za svaku signalnu grupu ponaosob u obliku „Performance Index” - a (PI), kao pokazatelja efikasnosti upravljanja čiju vrednost treba minimizirati. PI se računa na osnovu formule:

$$PI(x) = \sum_{sg \in SG} \alpha_{sg} (a * D_{sg}(x) + b * L_{sg}(x) + c * S_{sg}(x)) \quad (1)$$

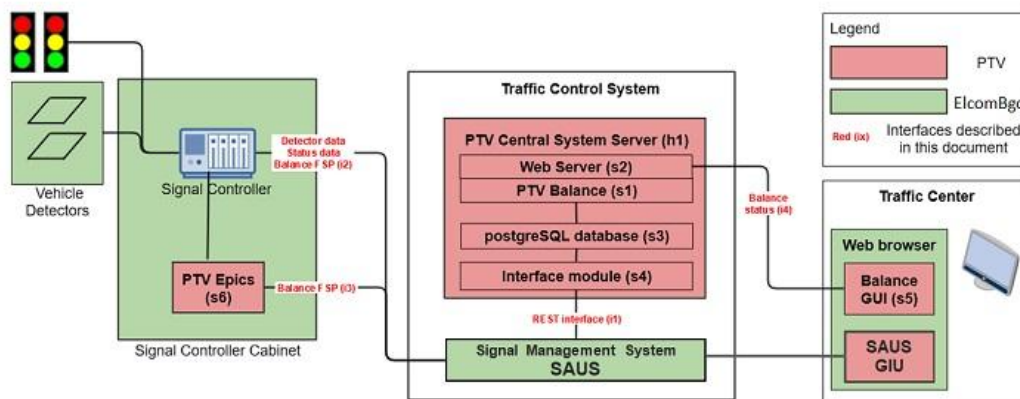
Gde su:

- x - Signalni plan;
- sg - Signalna grupa;
- $\alpha$  - Težinski faktor signalne grupe;
- D - Vremenski gubici;
- L - Dužina reda vozila;
- S - Broj zaustavljanja vozila;
- a, b i c - težinski faktori pokazatelja. [4]

PTV Epics i PTV Balance princip optimizacije upravljanja ogleda se u sledećem:

- U PTV VISSIM softveru je pripremljen detaljan saobraćajni model referentne ulične mreže;
- Iz PTV VISUM softvera se konsultuje dinamička baza podataka o referentnom saobraćajnom zahtevu;
- Detekcijom i najavom korisnika se u realnom vremenu sagledava aktuelan saobraćajni zahtev;
- PTV EPICS optimizira signalni plan individualne raskrsnice na osnovu njenim prilazima detektovanog saobraćajnog zahteva i prognoze njegove kratkoročne promene (u narednih 100 s);
- PTV Balance na osnovu aktuelnog saobraćajnog zahteva i podataka iz VISUM dinamičke baze vrši estimatciju saobraćajnog zahteva za narednih pet minuta, koriguje PTV EPICS „signalne planove” svih individualnih raskrsnica i međusobno ih sinhronizuje, kako bi realizovao mrežni pristup;
- Parametri upravljanja simulacije sa minimalnim PI se posredstvom EPICS – a šalju uređajima na izvršenje.

Na slici 2 prikazana je PTV BALANCE – EPICS arhitektura na kojoj su crvenom bojom označene PTV komponente hardvera i softvera, dok su zelenom bojom označe ElcomBgd komponente, o kojima će u nastavku biti više reči.



Slika 2: PTV BALANCE – EPICS arhitektura

#### 4. Parametrizacija vissim modela

Za izradu VISSIM modela korišćena je aCAD podloga na kojoj je ucrtana sveobuhvatna geometrija koridora, uključujući saobraćajne trake, broj i širinu traka, horizontalnu saobraćajnu signalizaciju i dispoziciju signala. Nakon formiranja inicijalne geometrijske podloge, za svaki krak pojedinačne raskrsnice u potezu definisana je zona za koju se vezuje I-C (Izvorno – ciljna) matrica putovanja u cilju opterećenja mreže i formiranja prostorne raspodele kretanja. I-C matrica je formirana za ukupno 22 zone na osnovu podataka iz Transportnog modela grada Beograda, za period od 07:00 do 08:00. Za izabrani period je uočeno da je upravo taj period najopterećeniji u toku dana. Isti vremenski okvir je izabran i za period realizacije VISSIM simulacije.

Sledeći korak u izradi modela je kreiranje semaforских uređaja (kontrolera) za svaku od raskrsnica, koje podrazumeva sledeće korake:

- Kreiranje naziva uređaja prema raskrsnici kojoj pripadaju;
- Izbor tipa rada kontrolera (Epics/Balance-Local);
- Definisane signalnih grupa;
- Unos prethodno proračunate matrice zaštitnih vremena;
- Kreiranje faza i signalnih programa;
- Definisane prelaznih sekvenci.

Sve raskrsnice su u modelu opremljene odgovarajućim detektorskim resursima za detekciju saobraćajnog zahteva (motornih vozila, pešaka, tramvaja) u realnom vremenu. Uobičajenom klasičnom tehnologijom detekcije – induktivnim petljama u kolovozu opremljene su sve prilazne trake bočnih prilaza i raskrsnica R1, R3 i R5 (Sarajevska – Durmitorska, Sarajevska – Miloša Pocerca i Sarajevska – Nemanjina). Tasteri za najavu pešaka su postavljeni na svim prelazima preko glavnog saobraćajnog toka poteza i na prelazima preko Nemanjine ulice, a detektori najave i odjave tramvaja su primenjeni duž Nemanjine ulice.

##### 4.1. Logički „virtuelni“ detektori

Zahvaljujući režimskoj i funkcionalnoj jednostavnosti predmetne saobraćajne mreže (jednosmeran potez sa nizom jednosmernih poprečnih veza), kao racionalno rešenje se pokazala primena „virtuelnih detektora“ na pojedinim mikro-lokacijama glavnog pravca.

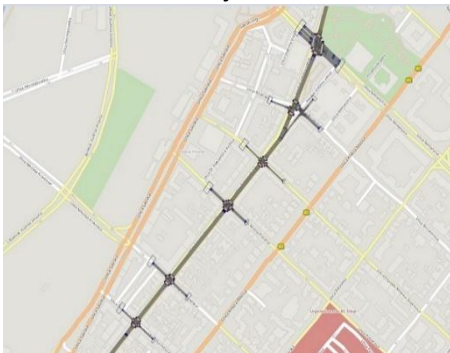
Na saobraćajnim trakama Sarajevske ulice kojima se prilazi raskrscima R2, R4 i R5 (Sarajevska – Višegradska, Sarajevska – Vojode Milenka i Sarajevska – Risanska) implementirani su u okvirima softvera za adaptibilno upravljanje logički (virtuelni detektori) vozila. Njihova primena je takva da se isti unose u PTV VISSIM model kao i svi drugi detektori za detekciju motornih vozila. Logički detektori se dodele pripadajućem kontroleru i signalnoj grupi uz definisanje njihovih težinskih faktora i vremena putovanja od pozicije detektora do linije zaustavljanja, pri usvojenoj brzini od 50 km/h (ova vrednost može biti promenljiva). Ovi detektori se ne postavljaju u realnim uslovima na terenu, već samo u modelu u cilju formiranja .sig fajla koji se šalje kontrolerima na izvršenje.

Definisani signalni planovi (120, 110, 100 i 90s) predstavljaju osnovne, fiksne planove namenjene funkcionisanju projektovanog sistema svetlosne saobraćajne signalizacije u periodu neposrednog sistemskog prikupljanja informacije o saobraćajnom zahtevu, i služiće kao polazna osnova za dalju sistemsku razradu adaptibilnog upravljanja na predmetnom saobraćajnom objektu.

Pojedina stanja u funkcionalnom ciklusu rada signala na raskrscima mogu biti produžavana ili skraćivana u interesu opsluge korisnika ili bolje sinhronizacije sa referentnim susednim objektima, ali i izostati ukoliko za njihovom primenom nema inicijalnog saobraćajnog zahteva.

Prelazne sekvence između svih predviđenih kombinacija prelaska iz jedno u drugo stanje definisane su fiksno i, kao činilac osnovne bezbednosti saobraćajnog procesa, ne menjaju se pod uticajem bilo kog od činilaca fleksibilnog upravljanja.

Posredstvom težinskih faktora jasno se definiše i modelira relativan prioritet pojedinih prilaza, smerova ili saobraćajnih traka u okviru raskrsnice. Na slici 3 prikazan je PTV VISSIM model Sarajevske ulice.



Slika 3: PTV VISSIM model Sarajevske ulice

## 5. Analiza rezultata

Za ceo potez od šest raskrscica je napravljen detaljan saobraćajni model u PTV VISSIM softveru, u kome su testirane i verifikovane primenjene upravljačke varijante. Takođe, za svako od tih rešenja je napravljen i PTV VISUM model, koji je neophodan za pokretanje PTV Balance instance i evaluaciju vrednosti PI indexa.

Pored rezultata iz PTV VISSIM i PTV VISUM simulacije, za praćenje rada kontrolera i detektora u realnom vremenu korišćen je i SAUS softver (ElcomBgd). SAUS softver namenjen je daljinskom nadzoru funkcionalnosti i ispravnosti i upravljanju radom semaforских uređaja KSS-1.2. U cilju posmatranja PTV Balance optimizacije, uz pomoć

SAUS softvera praćen je rad signala, konfiguracija kontrolera, zauzetost detektora, trenutni aktivni programi kao i PV (Prostor – vreme) dijagram zelenog talasa.

Varijante koje su razmatrane razlikuju se u broju i dispoziciji induktivnih petlji duž Sarajevske ulice.

Varijanta 1 podrazumeva postavljanje detektora na prilazu Durmitorske ulice na 35m od zaustavne linije i na 1m od zaustavne linije na prilazu Nemanjine ulice.

Varijanta 2 podrazumeva da su isti postavljeni na prilazima Durmitorske na 35m od zaustavne linije, Miloša Pocerca i Nemanjine ulice na 1m od zaustavne linije. Informacija sa detektora na raskrsnici Durmitorske ulice prosleđivala bi se na kontroler susedne Višegradske ulice, dok bi se informacija sa detektora na Miloša Poceraca prosleđivala kontrolerima na naredne dve raskrsnice (Vojvode Milenka i Risanka).

Varijanta 3 se razlikuje od Varijante 2 u dispoziciji detektora na prilazu raskrsnice Miloša Pocerca. U ovoj varijanti, ideja je bila da se detektori postave po prolasku prethodne raskrsnice R2 (Sarajevska – Višegradska), pri čemu bi služili za istovremenu odjavu sa R2 i najavu za narednu R3 raskrsnicu (Sarajevska – Miloša Pocerca).

*Tabela 1: Rezultati PTV VISSIM simulacije*

Raskrsnica	VARIJANTA 1			VARIJANTA 2			VARIJANTA 3		
	NU	QLen (m)	VehDelay (s/veh)	NU	QLen (m)	VehDelay (s/veh)	NU	QLen (m)	VehDelay (s/veh)
R1	B	15.57	18.24	B	13.28	15.92	B	15.53	18.24
R2	A	10.47	6.38	A	9.19	5.41	A	10.5	6.3
R3	B	8.04	11.35	A	6.83	9.39	B	8.92	11.37
R4	A	3.75	7.27	A	3.92	4.83	A	4.76	6.61
R5	C	11.94	30.07	A	3.33	5.57	A	4.29	7.55
R6	E	38.91	55.43	C	17.12	27.77	C	21.23	30.41

Rezultati PTV VISSIM (PTV EPICS) simulacije za nekoliko upravljačkih varijanti prikazani su u tabeli 1. Kao pokazatelji efikasnosti korišćeni su nivo usluge (NU), dužina reda (QLen) i vremenski gubici (VehDelay) za svaku od raskrsnica.

Sve tri varijante za prve četiri raskrsnice u koridoru (R1, R2, R3 i R4) pružaju nivo usluge A i B, kao najviši nivo kvaliteta usluge. Raskrsnice R5 (Sarajevska – Risanska) i R6 (Sarajevska – Nemanjina) svojim složenijim geometrijama i primenjenim režimima predstavljaju „kritične“ raskrsnice, na kojima se zapravo vidi razlika u kvalitetu usluge svake od varijanti.

Varijanta 1 na raskrsnici sa Nemanjinom ulicom proizvodi velike vremenske gubitke (55.43 s/veh) i dužinu reda (11.94 m), koji rezultiraju najlošijim kvalitetom usluge E, dok na raskrsnici sa Risanskom ulicom pruža prihvatljiviji nivo usluge C.

Varijanta 2 daje slične rezultate kao i Varijanta 3, ali ono po čemu se ove dve varijante razlikuju je nivo usluge na R3 (Sarajevska – Miloša Pocerca), pri čemu Varijanta 2 pruža nivo usluge A, dok Varijanta 3 za istu raskrsnicu pruža nivo usluge B. Takođe, primećeno je i da iz Varijante 2 proizilazi manja dužina reda na raskrsnici sa Nemanjinom ulicom.

Nivo usluge C na R6 (Sarajevska – Nemanjina) je prihvatljiva vrednost kao rešenje, uzimajući u obzir da se Sarajevska ulica tretira kao sporedni pravac na raskrsnici sa Nemanjinom ulicom.

Na osnovu analize rezultata, usvojena je Varijanta 2, za koju je napravljena i PTV VISUM simulacija u cilju pokretanja PTV Balance instance. Na slici 4 prikazan je PTV VISUM model Sarajevske ulice za usvojenu varijantu rešenja.

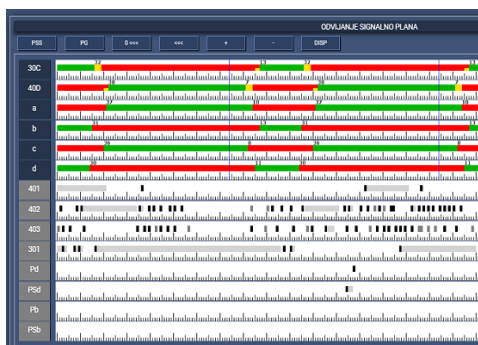
U PTV VISUM modelu mogu se videti rezultati PTV Balance optimizacije, kao što su i vizuelni prikaz LOS – a (Level of Service – Nivo usluge), saturacija signala, vremenski gubici, trenutno aktivni signalni program, prosečna brzina kretanja za svaku od signalnih grupa i ono ključno, grafička intepretacija vrednosti PI indeksa pre i nakon optimizacije.



Slika 4: PTV VISUM model Sarajevske ulice

Kriterijum PTV Balance optimalnog signalnog plana je minimalna vrednost PI indeksa, koja se određuje vrednovanjem velikog broja simulacija opsluživanja prognoziranog saobraćajnog zahteva uz kombinaciju promene trajanja ciklusa, ofseta i raspodele konkurentnih zelenih vremena. Na grafiku slike 4 žutom bojom je prikazana vrednost PI indeksa pre PTV Balance optimizacije (60,201), dok je plavom bojom prikazana vrednost posle optimizacije (53,853). Parametri upravljanja simulacije sa minimalnim PI se posredstvom EPICS – a šalju uređajima na izvršenje.

Za dodatnu kontrolu i praćenje rada uređaja korišćen je SAUS softver. Na slici 5 prikazan je plan odvijanja signalnih programa i zauzetost detektora u SAUS softveru. Pored ovih parametara, praćen je i razvoj PV dijagrama, kao i istorijski pregled rada kontrolera.



Slika 5: Plan odvijanja signalnih programa i zauzetost detektora u SAUS softveru



## 6. Zaključak

Jedan od ciljeva ovog rada bio je prikaz primera integrisanog rada PTV Epics, PTV Balance i SAUS softvera u adaptibilnom upravljanju saobraćajem na koridoru Sarajevske ulice uz dodatno ispitavanje hipoteze, da se na tako jednostavnijim potezima/koridorima kao što je Sarajevska ulica, sa manjim brojem detektora za detekciju motornih vozila ne naruši efikasnost u adaptibilnom upravljanju saobraćajem, kao u slučaju potpune pokrivenosti istim.

U konkretnom primeru analiza rezultata pokazala je da se primena logičkih (virtuelnih) detektora pokazala kao racionalno rešenje. Usvojena Varijanta 2 pruža zadovoljavajuće rezultate u kvalitetu usluge.

Konačno, na saobraćajnim inženjerima je da kontinuiranim praćenjem rada sistema, posredstvom težinskih faktora, dodele prioritet pojedinim prilazima, smerovima ili saobraćajnim trakama i da na taj način dodatno poboljšaju kvalitet u opsluživanju.

### Literatura

- [1] Narayana, R. Haneen F. (2021). Evolution of Traffic Microsimulation and Its Use for Modeling Connected and Automated Vehicles Narayana Raju and Haneen Farah.
- [2] Stanković, S. Čelar N. Kocić A. (2018). Kalibracija Vissim -a za nezaštićeno levo skretanje na signalisanim raskrsnicama u Beogradu.
- [3] PTV EPICS manual, 2016.
- [4] PTV BALANCE manual, 2017.

### Summary

#### IMPLEMENTATION OF INTEGRATION OF PTV EPICS, PTV BALANCE AND SAUS SOFTWARE IN ADAPTIVE TRAFFIC CONTROL ON THE CORRIDOR

*Abstract: Advancement of technic and technology is bringing innovation in many areas, also including system of adaptive traffic control system. Adaptive traffic control system represents solution for improvement of traffics flows in traffic corridors or zones with use of simulation. The improvements that come from adaptive traffic control (shorter time of travel, better fuel economy, decreasing the bad impact to the environment, better happiness of users) is showing the importance of usage of these kinds of systems. In this study we are presenting comparative analysis of several different variants of adaptive traffic control on corridor of Sarajevska street in Belgrade. Also, there is the description of the software that were used for simulation of adaptive control mode – PTV Epics and Balance modules in integrated workflow for traffic control on micro and macro level, and SAUS software for analysis of the parameters of quality of service and visual display of the same. Main goal of this study is display of effectiveness of simulation as desirable tool for traffic control trough analysis of parameters of efficiency, which are produced by integrated work of multiple software tools.*

*Key words: adaptive control, microsimulation, traffic control*

## PAMETAN PEŠAČKI PRELAZ – POVRATAK ČOVEKA U FOKUS UPRAVLJANJA

Miroslav Osoba, ElcomBgd, Beograd, miroslav.osoba@elcombgd.rs

Boško Leković, ElcomBgd, Beograd, bosko.lekovic@elcombgd.rs

*Rezime: Sistemi optimalnog upravljanja saobraćajnim procesom na gradskoj uličnoj mreži tradicionalno su orijentisani ka motorizovanim kretanjima kao objektu upravljanja, pa je i vrednovanje efikasnosti implementiranog upravljanja zasnovano isključivo na pokazateljima vezanim za parametre efikasnosti opsluge motorizovanih tokova. Sazreva svest o potrebi veće pripadnosti gardova i gradskog prostora čoveku. Pešačko kretanje zavređuje i može da dobije odgovarajuće mesto u sektoru vrednovanja i definiciji optimalnog upravljanja saobraćajem, ali i da uz bezbednosne, funkcionalno unapredi ukupne performanse naprednog upravljačkog sistema zasnovanog na svetlosnoj signalizaciji. Zahvaljujući pouzdanoj i detaljnoj detekciji pojedinačnih pešačkih kretanja u zoni pešačkih prelaza i dinamičkoj kvantifikaciji zahteva za opslugom, omogućeno je usmeravanje više pažnje na funkcionalnu stranu pojave, efikasniju i racionalniju opslugu pešaka i vrednovanje njenog kvaliteta u okviru upravljačkog sistema zasnovanog na svetlosnoj signalizaciji.*

*Ključne reči: pešački saobraćaj, analiza slike, upravljanje, vrednovanje*

### 1. Uvod

Sistemi optimalnog upravljanja saobraćajnim procesom na gradskoj uličnoj mreži tradicionalno su orijentisani ka motorizovanim kretanjima kao objektu upravljanja. To je opravdano sa gladišta obezbeđenja efikasnosti transportnog zadatka i potrebe minimiziranja višestrukih negativnih posledica koje motorizovani saobraćaj „ispostavlja“ okruženju. Sledstveno tome i tradicionalno vrednovanje efikasnosti upravljanja zasniva se isključivo na pokazateljima vezanim za parametre efikasnosti opsluge motorizovanih tokova. Pešacima u tom kontekstu pripada pozicija neizbežnog činioca ometanja i „potrošača“ ograničenog sistemu raspoloživog vremenskog resursa.

U okviru sazrevanja svesti o potrebi veće pripadnosti gardova i gradskog prostora čoveku, nemotorizovana kretanja svakako zavređuju više pažnje i detaljniji pristup u različitim aspektima urbanog saobraćaja, a pešačko kretanje, kao dominantna nemotorizovana kategorija, može da dobije odgovarajuće, značajnije mesto i u domenu upravljanja saobraćajem pomoću svetlosnih signala.

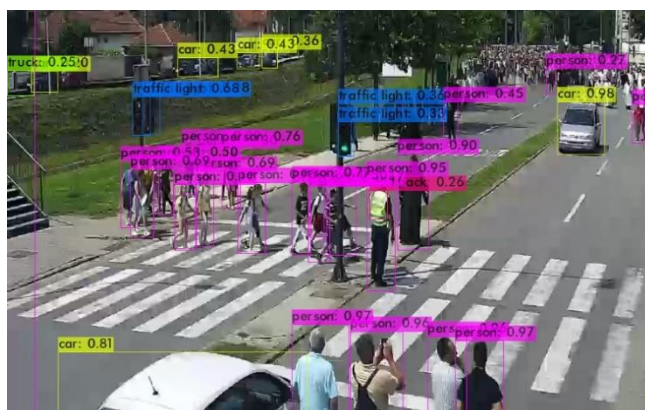
Zahvaljujući korišćenju potencijalana raspoložive detekcione tehnologije i fleksibilnosti savremenih upravljačkih sistema adaptibilnog upravljanja, moguće je pešačkom opsluživanju u okviru sistema optimalnog upravljanja saobraćajem obezbediti nove komponente komfora, efikasnosti i bezbednosti. Uvođenjem komponenata kvaliteta opsluge pešaka u okvire vrednovanja kompleksnih upravljačkih rešenja može biti korak ka pravednijoj raspodeli dobiti na sve korisnike sistema u okviru optimizacije saobraćajnog procesa na gradskoj uličnoj mreži.

## 2. Tehnološki preduslovi

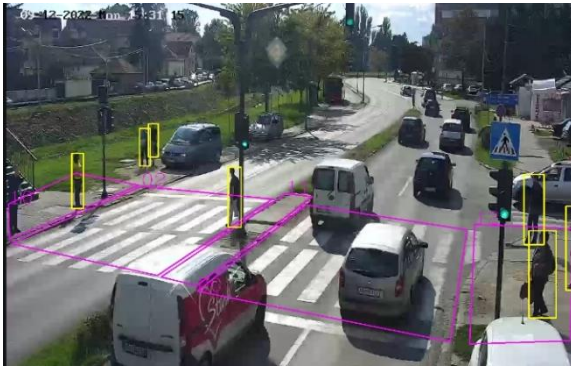
Neophodna komponenta savremenih fleksibilnih upravljačkih sistema u saobraćaju zasnovanih na aktuelnom saobraćajnom zahtevu jeste pouzdana i detaljna detekcija različitih komponenata zahteva. Detektuju se i u optimizacionim procedurama koriste podaci o lokaciji i vremenskim komponentama pojave korisnika u sistemu, kategorija vozila, komponente dinamike njegovog kretanja. U slučaju pešaka, raspoloživost informacije o njihovoj pojavi u okviru sistema situacija je znatno jednostavnija, i svodi se praktično na jednu komponentu – najavu zahteva korisnika za opslugu na semaforizovanom pešačkom prelazu.

Tasteri za najavu pešačkog zahteva su po pravilu jedini izvor informacije o saobraćajnom zahtevu pešaka u okviru kompleksnog upravljačkog sistema. Informacija ima dva ishoda – postojanje ili nepostojanje pešačkog zahteva na mestu svetlosnim signalima kontrolisanog pešačkog prelaza. Upravljačka akcija koja na osnovu informacije sledi jeste obezbeđenje ili eventalan izostanak pešačkog signalnog stanja u narednom ciklusu rada svetlosnih signala. Tasteri sa posebnom najavom slepih i slabovidnih ne obezbeđuju dinamičkoj komponenti upravljanja dodatni impuls, nego samo svetlosnoj komponenti upravljačke informacije za pešake dodaju i odgovarajuću zvučnu informaciju.

Napredni sistem video detekcije i prepoznavanja objekata u realnom svetu omogućuju relativno precizno lociranje i indentifikaciju različitih objekata u referentnom prostoru pokrivenom video nadzorom. Sistem čine fiksna kamera visoke rezolucije i softver za obradu i analizu video zapisa zasnovanom na komponentama veštačke inteligencije, koji sa deklarisanom pouzdanošću doprinosi prepoznavanju i klasifikaciji velikog broja objekata različitih vizuelnih svojstava.



Slika 1: Detaljna analiza slike i prepoznavanje velikog broja različitih objekata



*Slika 2: Detekcija pojave pešaka u više funkcionalnih zona referentnog prostora*

Sa relativno visokim stepenom poverenja sistem identifikuje pojavu pešaka u vidnom polju kamere, lokacijski ga vezujući za neku od predefinisanih referentnih zona nadziranog prostora (užu ili širu kolovoznu površinu obeleženog pešačkog prelaza, trotoarsku površinu koja je predefinisana kao referentna za pojavu pešaka koji namerava da pređe kolovoz).

Sistem vrši relativno tačno (zavisno od pozicije kamere) utvrđivanje broja pešaka u svakoj od referentnih zona pešačkog prelaza, prateći vremenske komponente njihove pojedinačne pojave i izlaska iz svake od definisanih zona. Inteligentna analiza slike omogućuje prepoznavanje dečje populacije, delimično i starijih lica i lica sa redukovanim psiho-motornim karakteristikama (otežanim kretanjem). Navedene komponente informacije otvaraju mogućnosti različitog vrednovanja saobraćajne situacije, kvaliteta opsluge pešaka, ali i aktivnog uticaja na pojedine komponente upravljanja od neposrednog značaja efikasnost opsluge i bezbednost pešaka.

### **3. Potencijal unapređanja opsluge pešaka**

Za potrebe fleksibilnijeg razmatranja predmetne problematike posmatra se samostalan semaforizovani pešački prelaz preko saobraćajnice, van sklopa raskrsnice.

U okviru klasičnog, dominantnog principa regulisanja pešačkog konflikta sa vozilima pomoću svetlosnih signala, vrši se preraspodela efektivno raspoloživog vremena (efektivno “zeleno vreme” ciklusa) na deo namenjen opsluzi motorizovanih tokova i deo namenjen opsluzi njima konfliktnih pešaka. U toj preraspodeli vremena pešacima se po pravilu dodeljuje nekakvo minimalno vreme, kako bi se obezbedila maksimizacija “zelenog vremena” raspoloživog vozilima.

Postoje različiti pogledi na minimalno zeleno vreme potrebno za opsluživanje pešaka na semaforizovanom pešačkom prelazu. Pod pretpostavkom da kapacitet profila pešačkog prelaza u potpunosti zadovoljava potrebu pešačkog toka, dopustivo minimalno zeleno vreme za pešake bi u stvari bilo vreme tokom koga pešaci pred prelazom uočavaju pojavu zelenog signalnog pojma i započinju svoj prelazak preko kolovoza. U dimaničkim uslovima urbanog ambijenta posednutog raznim atrakcijama koje odvlače pažnju pešaka, razumna mera minimalnog trajanja zelenog vremena dovoljno za iniciranje prelaska preko kolovoza iznosi oko 5 sekundi.

U okviru projektovanja i optimizacije upravljanja saobraćajem na gradskoj uličnoj mreži, dve su tradicionalne skupine kriterijuma koji se vrednuju – efikasnost usluge i bezbednost procesa za sve korisnike. Efikasnost je kriterijum koji može uzimati u obzir brojne i raznorodne parametre usluge, odnosno saobraćajnog procesa (vremenske gubitke, broj zaustavljanja, vreme putovanja, prosečnu brzinu kretanja, kvalitet koordinacije signala). U širem smislu pod efikasnost se mogu podvesti količina potrošenih energenata (goriva) – aspekt energetske efikasnosti, ili količina emitovanih materija (gasova i čvrstih čestica) – činilac ekološke efikasnosti.

U sistemima optimalnog upravljanja saobraćajem (motorizovanim) svako produženje zelenog intervala za pešake narušava efikasnost usluge tokova vozila. Ako ako pešački tok nije takvog intenziteta da dužem trajanju zelenog daje funkcionalni smisao, onda dolazi do uzaludnog trošenja dragocenog vremena sistema koje može biti efikasno korišćeno od strane konkurentnih korisnika.

U upravljačkom sistemu gde se učešće pešaka i njegovo potraživanje za opslugom svodi samo na najavu posredstvom tastera, upravljački sistem nema ikakvu informaciju o karakteru i intenzitetu pešačkog zahteva (tipu korisnika, obimu i dinamici). Jedna pešačka najava sistemu ima istu težinu pri opsluzi jednog pešaka ili njihovog znatno većeg broja. Tako, nasuprot detaljne detekcije saobraćajnog zahteva motorizovanih tokova u realnom vremenu, izostaje slična informacije vezana za pešački zahtev.

Detaljna detekcija pešaka primenom tehnoloških rešenja kojima se pokriva šira referentna površina prilaza pešačkom prelazu i sam prelaz preko kolovoza nosi potencijal efikasnijeg korišćenja vremena u skladu sa realnim funkcionalnim zahtevima pešaka i otvara mogućnost razmatranja više aspekata potencijalno kvalitetnije i bezbednije usluge pešaka:

- Logički posmatrano, nije svejedno da li se pred pešačkim prelazom, u za prelaz referentnom prostoru trotoara nalazi jedan pešak, njih nekoliko ili veća skupina (preko 8 do 10 pešaka). Ova okolnost se može posmatrati sa aspekta potrebnog vremena za komfornu uslugu različitog obima zahteva, pa se trajanje zelenog može za izvesnu meru prilagoditi ovom sistemu poznatom parametru saobraćajnog zahteva – produžiti, ukoliko je u pitanju veći broj korisnika, posebno ako brojniji pešaci konkurišu za istovremenu uslugu u oba smera kretanja. S druge strane, broj pešaka koji zahteva uslugu nije u neposrednoj korelaciji sa signalnim vremenom neophodnim za nju (kao u slučaju vozila). Sam profil pešačkog prelaza predstavlja u kapacitivnom smislu kanal usluge koji istovremeno koristi veći broj pešaka. Kapacitivno kritična situacija može nastati ukoliko je sa obe strane pešačkog prelaza prisutan veći broj pešaka, jer u centralnom prostoru pešačkog prelaza dolazi do povećanog otpora kretanju, usled međusobnog ometanja korisnika koji se kreću u suprotnim smerovima. Ova činjenica navodi na ideju da ima smisla razmatrati mogućnost produženja trajanja zelenog signalnog pojma u momentima kada se na obe strane prelaza registruje brojčani zahtev za opslugom iznad određene kritične mere (kriterijuma). Izvesno je da svi oni ne mogu istovremeno otpočeti sa prelaskom, tako da bi imalo funkcionalnog smisla za izvesnu meru produžiti zeleno stanje.
- Pešačko kretanje prate vremenski gubici nastali tokom čekanja na početak usluge (na pojavu zelenog). Povećanjem broja pešaka pred prelazom, raste i umnogostručuje se i njihovo izgubljeno vreme, koji ima svoju cenu i sistem je na neki način može uzeti

u razmatranje. Čak i ako se ne koristi kao aktivan činilac upravljanja u realnom vremenu (nije deo kriterijumske funkcije), podatak o izgubljenom vremenu pešaka pred prelazom predstavlja kvalitativni pokazatelj primenjenog upravljanja, koji praćenjem u statističkim okvirima može dovesti do značajnih zaključaka i upravljačkih odluka koje bi mogle da ublaže uočene nedostatke.

- Ako bi se raspoloživa informacija o vremenskim gubicima pešaka uvrstila među kriterijume optimalnog upravljanja, to bi moglo da rezultira uvođenjem njenog uticaja na formulaciju ili na korišćenje frame intervala signalnog plana već formulisanih prema potrebama vozila. Ranija ekspozicija zelenog smanjuje vremenske gubitke detektovanih pešaka. Produžavanje zelenog intervala do maksimalnog projektovanog trajanja (ako je inicirano detektovanim zahtevom većeg broja pešaka) omogućuje efikasnu opslugu većeg broja korisnika, uz znatnije smanjenje njihovih vremenskih gubitaka. Raniji završetak zelenog intervala u slučaju odsustva detekcije pešaka, povećava raspoloživo vreme opsluge konfliktnih vozila.
- U okviru adaptibilnog upravljanja saobraćajem pešačke signalne grupe imaju svoj težinski faktor sa kojim ulaze u kalkulaciju koja rezultira optimalnim upravljanjem. Pitanje je na koji način se različite realizacije pešačkog saobraćajnog zahteva mogu prepoznati i aktivno uvrstiti među parametre optimizacije rada signala. Taster za najavu pešaka sa resursom za najavu slepih i slabovidnih lica već predstavlja izvesno "strukturiranje" najave i daje mogućnost različitog tretmana dveju kategorija najave. Tako težinski faktor najave na resursu namenjenom slepim i slabovidnim licima može biti za odgovarajuću meru uvećan, što im u signalnom planu potencijalno obezbeđuje bolji tretman. Budući da detaljna video detekcija pešaka obezbeđuje niz dodatnih informacija o karakteru pešačkog zahteva, potrebno je pronaći način da ove informacije operativno doprinesu kvalitetu opsluge pešaka. Video detekcija obezbeđuje dodatne "virtuelne" detektore (a) "većeg broja pešaka", (b) "vrlo velikog broja pešaka", (3) "prisustva dečije populacije ili lica sa usporenom motorikom kretanja", (4) "lica u invalidskim kolicima" i slično. Detekcija svake od navedenih kategorija predstavlja "okidač" za virtuelni detektor pešaka koji obezbeđuje komponente opsluge primerene prirodi detektovanog zahteva.
- Ako se tokom čekanja na opslugu pešaka u jednom momentu video sistemom detektuje brojnije prisustvo pešaka (recimo njih više od 10, ili više od 20 kumulativno na obe strane prelaza), to može biti "okidač" za aktiviranje virtuelnog tastera koji u optimizacionu proceduru uvodi veći težinski faktor za konkretnu pešačku signalnu grupu, i, ukoliko za to postoje okolnosti, može rezultirati ranijim opsluživanjem pešaka u okviru signalnog plana i/ ili donekle uvećanim trajanjem zelenog signalnog pojma za pešake. Naravno, za to je preduslov da se ne narušava koordinacioni "prozor" namenjen vozilima i da detektovani intenzitet konfliktnog motorizovanog toka to dozvoljava.
- Bilo bi poželjno da detekcija pešačke populacije čija se dinamika kretanja razlikuje od prosečne (dece, starih lica ili lica sa redukovanim motoričkim performansama) može u tekućem signalnom planu rezultovati realizacijom nešto većeg zaštitnog vremena po isteku zelenog signalnog pojma. To bi značilo da se detekcijom pešaka koji pripada "kritičnoj" populaciji aktivira virtuelni taster koji potražuje opslugu sa alternativnim, dužim zaštitnim vremenom. Ovo se može praktično realizovati aktiviranjem u signalnom

planu posebnog alternativnog signalnog stanja koje u svojim okvirima opslužuje “sporije” pešake, a koje je u matrici zaštite obezbeđeno posebno proračunatim, uvećanim zaštitnim vremenom pre startovanja konfliktnog motorizovanog toka.

- Značajan je bezbednosni aspekt detekcije prisustva pešaka ka kolovozu. Ako detekcija upravljačkom sistemu obezbedi informaciju o prisustvu pešaka u centralnoj zoni kolovoza neposredno pred završetak zaštitnog vremena, to daje mogućnost izvesnog produžetka zaštite, kako bi se “zakasnelom” pešaku obezbedila dodatna zaštita – odlaganjem trenutka mogućeg konflikta sa vozilima.

Nesporna je primena detaljne detekcije pešaka u okvirima ITS aplikacija kojima se unapređuje bezbednost i funkcionalnost na nesignalisanim pešačkim prelazima. U tim situacijama pešaci već imaju obezbeđen apsolutni prioritet na površini obeleženog pešačkog prelaza, pa im se on formalno ne “obezbeđuje”. Ono što je funkcionalno važno jeste da se vozači dodatno upozore na tu činjenicu, i to argumentovano, na osnovu stvarno prisutnih pešaka u referentnoj zoni prelaza.

#### **4. Umesto zaključka**

Zahvaljujući pouzdanoj i detaljnoj detekciji pojedinačnih pešačkih kretanja u zoni pešačkih prelaza i dinamičkoj kvantifikaciji zahteva za opslugom, omogućeno je usmeravanje više pažnje na funkcionalnu stranu pojave, efikasniju i racionalniju opslugu pešaka i vrednovanje njenog kvaliteta u okviru upravljačkog sistema zasnovanog na svetlosnoj signalizaciji.

Otvaranje novih mogućnosti u pristupu pešačkom opsluživanju zahvaljujući detaljnijoj detekciji pešaka u referentnoj zoni pešačkog prelaza. Prepoznavanjem broja i tipa pešaka, može rezultirati korišćenjem različitih težinskih faktora za pojedine od slučajeva, pa time i odgovarajućeg preoblikovanja optimalnih upravljačkih rešenja. Želimo da ovu temu otvorimo, jer na njoj ćemo u narednom period još raditi, pa da tržište ali i istraživačka populacija budu “pripremljeni”.

#### **Literatura**

[1] Gavric, S., Sarazhinsky, D., Stevanovic, A. and Dobrota, N. (2022), Development and Evaluation of Non-Traditional Pedestrian Timing Treatments for Coordinated Signalized Intersections, Transportation Research Record, p. 1-15

[2] Chowdhury, S-E-S., Stevanovic, A., and Mitrovic, N., (2019), Estimating Pedestrian Impact on Coordination of Urban Corridors, Transportation Research Record, p. 1-16

## Summary

### SMART PEDESTRIAN CROSSING - THE MAN IN THE FOCUS

*Abstract: The systems of optimal traffic process management at the city street network are traditionally oriented towards motorized movements as an object of management, and evaluation of the efficiency of the implemented management is based exclusively on indicators related to the parameters of motorized flows servicing. Pedestrian movement deserves and can get a proper place in the evaluation sector and the definition of optimal traffic management thanks to the detailed detection of individual pedestrian movements in the zone of pedestrian crossings based on large potential of the artificial intelligence in the domain of image analysis and shape recognition.*

*Keywords: pedestrian traffic, image analysis, management, evaluation*



## NAPREDAN PLAN SELECTION SISTEM ZASNOVAN NA PRIMENI ALGORITAMA VEŠTAČKE INTELEGENCIJE

Miroslav Osoba, ElcomBgd, Beograd, miroslav.osoba@elcombgd.rs

Boško Leković, ElcomBgd, Beograd, bosko.lekovic@elcombgd.rs

Prof. Aleksandar Stevanović, University of Pittsburgh, stevanovic@pitt.edu

*Rezime: Savremeni napredni sistemi upravljanja saobraćajem na uličnoj mreži, oslanjajući se na velike potencijale informacionih i komunikacionih tehnologija problemu prilaze celovito, integrisano, razmatrajući veliku količinu referentnih informacija, primenjujući nad njima moćne alate iz domena veštačke inteligencije. Ggenerišu se složena upravljačka rešenja koja bez navedene tehnologije i tehnika ranije nisu bila dostupna. Uz već tradicionalne analitičke modele optimizacije upravljanja saobraćajem u složenim uslovima, sve češće se pojavljuju opcije zasnovane na složenoj i verodostojnoj saobraćajnoj simulaciji kao operativnijem i efikasnije pristupu „Retime“ koncept optimizacije upravljanja na složenoj saobraćajnoj mreži masivne optimizacione radove nad podacima o saobraćajnom zahtevu u realnom vremenu izmešta u off-line sektor. Uzorkovanjem karakterističnih saobraćajnih slika, snimajući celovit saobraćajni zahtev u odabranim referentnim periodima, formira se veliku broj izglednih saobraćajnih scenarija nad kojima se korišćenjem GA tehnike veštačke inteligencije vrše detaljna analiza, vrednovanje i optimizacija upravljanja, rekonstrukcijom saobraćajnog procesa na VISSIM simulacionom modelu sistema. Na osnovu strateški lociranih detektora u realnom sistemu permanentno se vrši prepoznavanje aktuelne saobraćajne slike. Sistem komunicira sa bibliotekom podataka u kojoj su za prepoznate saobraćajne silke već detaljno pripremljeni optimalni signalni planovi, a tehnika veštačke inteligencije (fuzzy logika) se ponovo primenjuje kao efikasno sredstvo za određivanje konkretnog signalnog plana koji će u realnom vremenu biti implementiran.*

*Ključne reči: optimalno upravljanje, plan selection, genetski algoritmi, fuzzy logika*

### 1. UVOD – OPTIMIZACIJE UPRAVLJANJA SAOBRAĆAJEM NA GRADSKOJ ULIČNOJ MREŽI

Optimizacija upravljanja saobraćajem na gradskoj uličnoj mreži pomoću integrisanog sistema svetlosne signalizacije spada u klasu optimizacionih zadataka veoma izražene složenosti. Ona potiče od velikog broja parametara procesa koji su u kombinaciji za razmatranje, generisanje prostora dopustivih rešenja, vrednovanje i odabir rešenja izražene efikasnosti, i konačno prepoznavanje među njima najboljeg rešenja koje se proglašava optimalnim i implementira u realnom sistemu.

Na jednoj strani procesa rešavanja problema se nalazi saobraćajni zahtev, koji predstavlja kompleksan ulazni podatak za traženo upravljačko rešenje, koji se sastoji od statičke i dinamičke komponente. Statička komponenta je potpuna definicija saobraćajne mreže u prostornom i funkcionalnom smislu, konačno i teorijski raspoloživim kapacitetom

svojih pojedinačnih veza (linkova). Drugu, znatno složeniju, ulaznu informaciju predstavlja saobraćajni zahtev koji se na navedenoj mreži kao fizičkoj osnovi opslužuje.

Saobraćani zahtev najbolje se definiše O-D matricom (Origine - Destination), koja prikazuje sve saobraćajne tokove između ulaznih i izlaznih tačaka/linkova u mreži. Dodatnu složenost ovom ulaznom podatku daje njegova dinamička komponenta – saobraćajni zahtev je često promenljiv i teško ga je predvideti. Racionalna (i praktična za realizaciju) metoda sagledavanja saobraćajnog zahteva podrazumeva utvrđivanje njegovog intenziteta na linkovima mreže, ili svim ili onim najznačajnijim, čime se obezbeđuje saobraćajna slika redukovane „rezolucije“.

Bez obzira kojom se rezolucijom (vremenskom detaljnošću) utvrđuje saobraćajni zahtev u realnom vremenu, radi se o veoma velikom obimu podataka koje je u ekstremno kratkom vremenskom periodu potrebno obraditi i, odgovarajućom metodom optimizacije, prevesti u operativno najefikasniju kombinaciju parametara upravljačkog sistema (svetlosne signalizacije). Tako kompleksan matematički zadatak može se ostvariti samo uz ogromno angažovanje računarskih i vremenskih resursa, što je praktično nemoguće u realnom vremenu. Kao praktično rešenje se prepoznaje 'off-line' detaljna obrada podataka i određivanje optimalnog upravljanja, a potom njegova primena u realnom sistemu kada se prepozna situacija prema kojoj je ono i optimizovano.

## **2. POGODNOST MIKROSKOPSKE SAOBRAĆAJNE SIMULACIJE I PI INDEKSA KAO MERE KVALITETA**

Već duže vremena je u struci sazrelo shvatanje da je saobraćajna simulacija izrazito praktičan i efikasan metod, ne samo proučavanja i eksperimentisanja na odgovarajućem saobraćajnom modelu, nego i kao ključna komponenta sistema operativnog upravljanja u realnom vremenu. Izrada saobraćajnog modela visokog nivoa verodostojnosti (u saglasnosti sa realnim sistemom u velikom broju relevantnih karakteristika) omogućuje da se pre svega kvalitet saobraćajnog procesa detaljno i efikasno vrednuje, ali i da se konkurentna upravljačka rešenja, nad istim saobraćajnim zadatkom, porede i rangiraju po efikasnosti.

Pokazatelji efikasnosti upravljanja sistema svetlosne signalizacije se tradicionalno sažeto predstavljaju PI indeksom (*Performance Index*), kao jedinstvenom kvalitativnom merom efikasnosti. Performans indeks je po pravilu linearna kombinacija vremenskih gubitaka i broja zaustavljanja, a opciono mogu biti uključeni i dužine redova pred signalima, potrošnja goriva i neki drugi energetske ili ekološke pokazatelji. Koliko je PI pokazatelj u načelu univerzalan po svojoj matematičkoj formulaciji, toliko je i fleksibilan, prilagodljiv lokalnim ili individualnim preferencama različitih sredina, aktuelnih društveno-ekonomskih scenarija, opredeljenja pojedinačnih korisnika. To se postiže prvenstveno odabirom pokazatelja efikasnosti koji učestvuju u izračunavanju jedinstvenog PI kvalifikatora i težinskim faktorima (faktorima značajnosti) koji se pridodaju pojedinim elementima i time kontroliše nivo njihovog uticaja na PI.

Kada se spoje na jednoj strani VISSIM kao izrazito kvalitetan simulacioni alat velike upotrebne vrednosti i njegova sposobnost da za alternativne upravljačke kombinacije proizvede međusobno uporedive PI kvalifikatore efikasnosti, onda je na raspolaganju vrlo

efikasan sistem za formulaciju jednog celovitog i operativno održivog pristupa naprednom upravljanju svetlosnim signalima.

### 3. OFF LINE OPTIMIZACIJA UPRAVLJAČKOG REŠENJA

Upravljački pristup se u načelu sastoji od 'off line' detaljne optimizacije upravljanja i 'on line' segmenta odabira raspoloživih optimizovanih rešenja da adekvatno odgovore trenutnom saobraćajnom zahtevu. U 'off line' segmentu se vrši optimizacija upravljanja saobraćajem na osnovu detaljnih podataka o saobraćajnom zahtevu, primenom neke od naprednih matematičkih metoda iz domena veštačke inteligencije.

Jedna od naprednih tehnika veštačke inteligencije (primenjena u „Retime“ konceptu), kojom se efikasno pronalaze optimalna rešenja složenih problema ma koje prirode, pa i upravljanja saobraćajem, jesu genetski algoritmi (*Genetic Algorithms*). Genetski algoritmi (GA) podražavaju prirodni proces evolucionog unapređenja populacije posredstvom pozitivne selekcije i stalnog unapređenja, iz generacije u generaciju, genetskog materijala populacije.

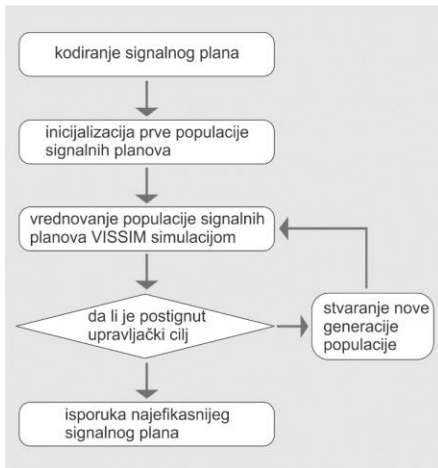
Radi se o tehnici stohastičkog generisanja, a potom i pretraživanja širokog spektra potencijalnih rešenja predmetnog upravljačkog zadatka. U tom procesu, GA vrednuju i prepoznaju rešenja koja su kvalitetnija od ostalih, a potom formiraju i umnožavaju sledeće generacije rešenja stohastičkim kombinovanjem genetskog materijala superiornih jedinki iz prethodne generacije. Višestrukim ponavljanjem navedenog procesa dolazi se (u poodmakloj fazi evolucionog procesa) do velikog broja kvalitetnih rešenja, koja su rezultat iterativnog unapređivanja prethodnih populacija.

U slučaju kompleksnih sistema upravljanja saobraćajem objekat GA optimizacije su signalni planovi, koji svojom kompleksnom strukturom na kontrolisanom delu saobraćajne mreže i za određenu konfiguraciju saobraćajnog zahteva obezbeđuju povoljne upravljačke rezultate. Upravljački rezultat se kvantifikuje vrednošću PI, ili drugim sličnim indikatorima, gde manja vrednost PI-a predstavlja bolje saobraćajno rešenje tj. ono koje dovodi do manje vremenskih gubitaka i manjeg broja zaustavljanja.

Budući da se u samoj proceduri pretrage barata velikim brojem rešenja koja se vrednovuju, međusobno porede i dalje obrađuju, sam čin vrednovanja postaje veoma složena karika u lancu neophodnih aktivnosti, koji zahteva angažovanje velikih računarskih resursa, koji opet zahtevaju i znatno vreme za optimizaciju.

Moćna računarska tehnologija doprinosi znatnom vremenskom komprimovanju procesa veštačke inteligencije, ali vreme i dalje ostaje kritičan resurs procedure. Iz praktičnih razloga, potrebno je ograničiti evolutivni proces unapređenja rešenja kada se ustanovi da unapređenje dostignuto u poslednjih nekoliko generacije dovoljno (proces konvergira). Do navedene mere se najčešće dolazi iskustveno, kroz niz eksperimenata koji se sprovode pod kontrolisanim okolnostima.

Kada se primeni na problematiku optimizacije upravljanja saobraćajem, scenario realizacije procesa nalikuje narednom, u cilju boljeg razumevanja, pojednostavljenom primeru (Slika 1).



Slika 1: Proces optimizacije GA tehnikom

Početni korak optimizacione procedure kreće od populacije upravljačkih rešenja koja se proizvoljno formuliše, ali bazira na jednom početnom solidnom rešenju (npr. signalni planovi sa terena). Kako se procedura odvija tako se ta populacija unapređuje. Nakon većeg broja iteracija najbolje rešenje, koje se prenosi 'sa kolena na koleno', će biti unapređeno do zavidnog nivoa, kome čak ni nekvalitetno inicijalno rešenje ne mora biti smetnja.

Upravljačko rešenje se sastoji od skupa signalnih planova koji se primenjuju nad svetlosnim signalima koji kontrolišu ogovarajuću saobraćajnu mrežu/ zonu. Osnovni parametri signalnih planova, koji ih dominantno određuju, su dužina ciklusa, preraspodela zelenih intervala na konkurentna signalna stanja, i fazni pomak među signalima različitih raskrsnica (*offset*).

Najpre se vrši kodiranje signalnih planova, njihovom odgovarajućom matematičkom formulacijom koja omogućuje obradivost iste tokom GA procedure. Jedan od značajnijih komponentata ove faze rada jeste prevođenje vrednosti elemenata signalnih planova u pogodniji format (npr. binarni kod), čime oni privremeno gube svoj originalni smisao ali dobijaju praktičniju matematičku interpretaciju koja ih čini pogodnim za daljnju efikasnu masovnu obradu.

U sledećem koraku procedure vrši se generisanje inicijalne populacije (umnožavanje skupine signalnih planova) koja nastaje stohastičkom kombinatorikom, permutacijama, mutacijom i drugim od brojnih matematičkih i statističkih operacijam kojima se postiže da se od polazne skupine signalnih planova na stohastičkoj osnovi razvije čitava populacija novih signalnih planova (Slika 2).



Slika 2: Primeri permutacije i mutacije genetskog koda prethodne generacije populacije

U sledećem koraku se vrši vrednovanje kvaliteta svake od jedinki inicijalne populacije signalnih planova, kako bi se za svaku od njih u odnosu na referentnu saobraćajnu sliku odredio stepen uspešnosti dostizanja ciljne, tzv. *Fitness*, funkcije. Vrednovanje se vrši u okviru saobraćajne simulacije u VISSIM softveru, za svako od rešenja (set signalnih

panova) koje pripada aktuelnoj populaciji, a pripadajući PI indeksi omogućuju prepoznavanje efikasnosti različitih signalnih planova.

Prirodno je očekivati da se nakon prve iteracije, pa i nakon većeg broja početnih iteracija, ne mogu dostići optimizaciona rešenja višeg nivoa efikasnosti, jer su polazne osnove neoptimalne i sa velikom disperzijom parametara unutar različitih jedinki iste populacije (signanih planova). Zato se nakon vrednovanja i simulacijom određenih nivoa PI indeksa pristupa stvaranju populacije sledeće generacije signalnih planova. Ona se stvara kombinovanjem najkvalitetnijih jedinki aktuelne populacije i prenose u sledeću generaciju (jedinke sa boljom uspešnošću u gravitiranju ka funkciji cilja), dok se najlošije jedinke aktuelne generacije odbacuju.

Kada se posredstvom tehnike GA dođe do kvalitetnog upravljačkog rešenja za saobraćajnu sliku tretirane saobraćajne mreže, onda se proizvedeno rešenje smatra optimalnim. To ne znači da je i automatski primenljivo nad saobraćajnim procesom u realnom vremenu. Ono je dobijeno za određenu kombinaciju ulaznih parametara procesa i ima smisla primeniti ga u uslovima iste ili slične saobraćajne slike. Za brojne druge kombinacije uslova saobraćajpotrebno je istom GA procedurom proizvesti odgovarajuće optimalno upravljačko rešenje (signalne planove).

Kada se za veći broj relevantnih saobraćajnih slika, periodično ponovljivih u stvarnosti, formira velika baza podataka optimalnih signalnih planova, onda je sledeći korak u implementaciji sistema prepoznavanje aktuelnih saobraćajnih slika/uslova i automatsko aktiviranje odgovarajućih signalnih planova na njih.

#### 4. Primena fuzzy logike za odбир signalnog plana za implementaciju

U okviru druge faze realizacije predmetnog inteligentnog *plan selection* modela implementacije optimalnih signalnih planova na mreži svetlosnih signala, obezbeđuje se u realnom vremenu izbor konkretnog signalnog plana iz seta optimiziranih planova za određenu saobraćajnu sliku, za izvršenje u signalnim kontrolerima na uličnoj mreži. S obzirom na matematičku složenost ove aktivnosti, ponovo se kao celishodna pokazuje primena jedne od tehnike iz domena veštačke inteligencije – *fuzzy* logike. Pojednostavljenim primerom će biti prikazana njena realizacija.

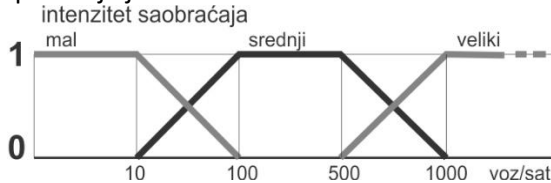
Rezultat optimizacione procedure primenom tehnike genetskih algoritama su grupe optimiziranih signalnih planova za različite karakteristične saobraćajne slike razmatrane saobraćajne mreže. Pretpostavimo da su tokom razmatranog radnog dana odabrane/prepoznate četiri karakteristične saobraćajne slike koje predstavljaju međusobno znatno različite realizacije realnog saobraćajnog procesa na uličnoj mreži: (1) jutarnji vršni, (2) podnevni vanvršni, (3) popodnevni vršni i (4) noćni saobraćajni zahtev. Za njih su u okviru „Retime“ sekcije modela definisane četiri grupe optimalnih signalnih planova  $GP_1$ ,  $GP_2$ ,  $GP_3$  i  $GP_4$ .

Svaka od grupa signalnih planova sadrži set optimalnih signalnih planova za jednu od karakterističnih saobraćajnih slika ( $SP_1, SP_2, \dots, SP_n$ ). Neka je  $n=3$ , odnosno da svaki od setova čine po tri signalna plana međusobno neznatno različite dužina ciklusa  $GP_x = \{SP_k, SP_s, SP_d\}$ , gde su ciklusi označeni uslovno kao „kratki“, „srednji“ i „dugi“ (respektivno „k“, „s“, „d“).

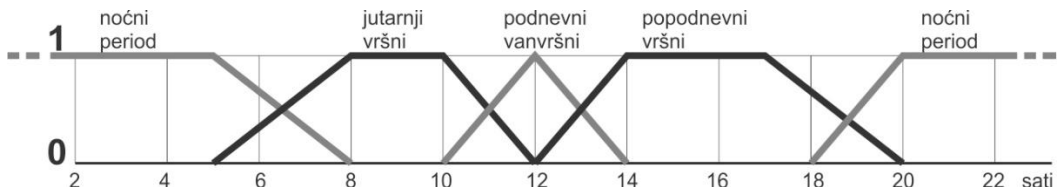
Na saobraćajnoj mreži su postavljeni strateški detektori koji su namenjeni prepoznavanju aktuelne saobraćajne slike (među slikama koje sistem čuva u biblioteci

prethodno već GA tehnikom obrađenih). Na osnovu njihovih detekcija strateških detektora sistem određuje koja grupa signalnih planova je najizglednija kao odgovarajuća za prepoznati saobraćajni zahtev. Set merodavnih detekcija strateških detektora za svaku od karakteristične 4 dnevne saobraćajne slike označen je sa  $D_1$ ,  $D_3$ , (u primeru svedeno na prepoznavanje jutarnjeg i popodnevnog vršnog saobraćajnog zahteva), a intenzitet detektovanog saobraćaja se kvalifikuje kao „mali“, „srednji“ i „veliki“ (fuzzy interpretacija na Slici 3).

Intervali trajanja karakterističnih dnevnih saobraćajnih zahteva (slika) po satima su  $T_1=[8:00;10:00]$ ,  $T_3=[12:00]$ ,  $T_2=[14:00;17:00]$  i  $T_4=[19:00;7:00]$ , a njihova fuzzy interpretacija je na slici 4.



Slika 3: Fuzzy skup detektorskih informacija



Slika 4: Fuzzy skup dnevne raspodele karakterističnih saobraćajnih zahteva

Na osnovu pripremljenih podataka za fuzzy rezonovanje prelazi se na polje fuzzy relacija koje konvergiraju optimalnom izboru grupe izglednih signalnih planova GPx za pojedine vremenske i funkcionalne periode realizacije saobraćajnog procesa, a zatim i konkretnog signalnog plana SPx za neposrednu implementaciju u sistemu, na osnovu dodatnih informacija o karakteru zahteva.

Na osnovu kombinovanja definisanih fuzzy skupova pripadnosti vremenskim okvirima očekivane dnevne raspodele saobraćajnog zahteva i pripadnosti detekcija sa strateških detektora različitim nivoima intenziteta saobraćaja, za šta se koriste detektorske informacije namenjen „prepoznavanju“ jutarnjeg i popodnevnog vršnog saobraćajnog zahteva, vrši se izbor odgovarajuće grupe signalnih planova GPx (Slika 5). U situaciji kada oba detektora ( $D_1$  i  $D_3$ ) detektuju visok intenzitet saobraćajnog zahteva („v“), navedena fuzzy relacija ne nudi rešenje, nego se sistem opredeljuje za reakciju samo na osnovu statističke (karakteristične) vremenske raspodele zahteva.

	$D_1$			
$D_3$		m	s	v
m		GP4	GP1	GP1
s		Gp3	Gp2	GP1
v		Gp3	Gp3	///

Slika 5: Fuzzy relacije za izbor pripadajuće grupe signalnih planova

Kada je *fuzzy* sistem usmerio proces/ odnosno odredio grupu signalnih planova koji su u prethodnoj GA proceduri optimizacije generisani kao kvalitetan odgovor upravljačkog sistema na aktuelnu saobraćajnu sliku, potrebno je na osnovu dodatnih pokazatelja tekućeg saobraćajnog procesa opredeliti se za konkretan signalni plan SPx koji će posredstvom kontrolera biti na uličnoj mreži implementiran. U primeru je odabrana kombinacija trajanja detektorskog zauzeća i referentne brzine saobraćajnog toka u realnom vremenu kao polazište za relaciju izbora konkretnog signalnog plana iz GP grupe planova.

*Fuzzy* skupovi detektorskog zauzeća i referentnih brzina saobraćajnog toka prikazani su na Slici 6.



Slika 6: *Fuzzy* skup detektovanih parametara saobraćaja za 'fine tuning' aktuelne saobraćajne slike

*Fuzzy* realizacija izbora konkretnog signalnog plana koji će zameniti (po potrebi) onaj koji se trenutno izvršava na predmetnoj saobraćajnoj mreži vrši se na osnovu ukrštanja *fuzzy* kvalifikacija detektovanih pokazatelja saobraćajnog toka: fdz (detektorskog zauzeća) i fb (brzine toka). Akcija koja sledi realizaciju izbora je zamena signalnog plana „na terenu“ nekim od optimalnih planova iz iste grupe signalnoih planova (SPk – „kratak ciklus“, SPs – „srednji“ ili SPd – „dugačak“).

fdz \ fb	m	s	v
m	SPs	SPd	
s			
v	GPk	GPk	n/a

Slika 7: *Fuzzy* relacije za izbor najboljeg signalnog plana iz grupe optimalnih za implementaciju

Za polja relacije gde se ne navodi naredni signalni plan (SP) za implementaciju imaju kao „značenje“ da se nastavlja izvršenje postojećeg signalnog plana.

Faza procesa izbora signalnog plana zasnovana na *fuzzy* logici ne završava defazifikacijom, jer se rešenja prepoznaju u setu diskretizovanih opcija, koje u sebi obuhvataju optimizirane signalne planove za svaku od raskrsnica predmetne saobraćajne mreže.

## LITERATURA:

- [1] Stevanovic, A., Stevanovic, J. and Martin, T. P., (2006), Optimization of Pre-Timed Signal Timing Plans Using Genetic Algorithms in VISSIM; PTV Users Group Meeting,
- [2] Stevanovic, A., Kergaye, K. and Kaisar, E., (2012), *Field* evaluation of signal timings developed by a stochastic signal optimizational tool, Put i saobraćaj, 1/2012, str. 5-11,
- [3] Subašić, Pero, (1997), Fazi logika i neuronske mreže, Tehnička knjiga, Beograd.

**SUMMARY:**

**ADVANCED PLAN SELECTION SYSTEM BASED ON THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS**

*Advanced traffic management systems on the street network, relying on the great potential of information and communication technologies. Along with already traditional analytical models of traffic management optimization in complex conditions, options based on complex and reliable traffic simulation are appearing more and more often as a more operational and efficient approach. The "Retime" concept of optimizing traffic management on a complex traffic network moves the massive work of optimizing traffic demand data from real time to the off-line work. By using the GA technique of artificial intelligence, and by reconstructing the traffic process on the VISSIM simulation model, a large number of probable traffic scenarios are formed, analyzed in detail, evaluated and optimized. Based of strategically located detectors in the real system, the current traffic picture is permanently recognized. The system communicates with a data library of optimal signal plans already prepared in detail for recognized traffic signals, and the fuzzy logic is applied as an effective tool for determining the specific signal plan that will be implemented in real time.*

*Key words: optimal management, plan selection, genetic algorithms, fuzzy logic*



## PRIMENA „FUZZY LOGIKE“ U PROCESU ODLUČIVANJA VEZANO ZA PREPORUČENU BRZINU KRETANJA VOZILA

*Dragoslav Kukić, AMSS-Centar za motorna vozila, Istraživačko razvojni centar, Beograd, kukicdragoslav@cmv.rs*

*Đorđe Stanisavljević, AMSS-Centar za motorna vozila, Istraživačko razvojni centar, Beograd, djordje.stanisavljevic@cmv.rs*

*Dragana Nojković, AMSS-Centar za motorna vozila, Istraživačko razvojni centar, Beograd, dragana.nojkovic@cmv.rs*

*Miloš Tučić, AMSS-Centar za motorna vozila, Istraživačko razvojni centar, Beograd, milos.tucic@cmv.rs*

*Rezime: U radu je predstavljen model odlučivanja koji je vezan za preporučenu brzinu kretanja vozila primenom pametnih saobraćajnih znakova, kojima se u realnom vremenu preporučuje bezbedna brzina kretanja vozila. Model je zasnovan na „fuzzy logici“ i primarno je namenjen za primenu na tzv. „otvorenim“ deonicama puteva van naselja, na kojima važi opšte ograničenje brzine kretanja. Pružanje pravovremene informacije vozaču o preporučenoj bezbednoj brzini kretanja vozila je posebno važno na deonicama puteva na kojima dolazi do čestih promena uslova za vožnju, izazvanih promenama vremenskih prilika ili gustine saobraćaja. Na ovim deonicama poželjno je preporučiti brzinu kretanja vozila koja je adekvatna, pravovremena i koja u obzir uzima više različitih podataka koji se prikupljaju u realnom vremenu. To se ne može postići tradicionalnim saobraćajnim znakovima već znakovima koji informaciju generišu na osnovu analize više različitih parametara, koji imaju direktan uticaj na preporučenu bezbednu brzinu kretanja vozila. Rad se upravo bavi elementima pametnog odlučivanja primenom „fuzzy logike“, u cilju adekvatne preporuke bezbedne brzine kretanja vozila.*

*Ključne reči: saobraćajni znak, „fuzzy logika“, preporučena brzina*

### 1. Uvod

Kako bi drumski saobraćaj zadržao korak u razvoju sa ostalim oblastima, mora se težiti konstantnom unapređenju postojećih, kao i razvoju novih, savremenih rešenja. Globalnom digitalnom revolucijom i neprekidnim trendom tehničko-tehnološkog razvoja, savremena rešenja u oblasti drumskog saobraćaja sama se nameću. Razvoj elektronskih uređaja za autonomno praćenje određenih, merljivih fizičkih veličina, kao i veoma brzi prenos podataka, pružaju mogućnost praćenja stanja nekog sistema u realnom vremenu i mogućnost pravovremenog prilagođavanja trenutnim uslovima koji važe u tom sistemu.

U cilju povećanja bezbednosti saobraćaja na deonicama pojedinih puteva, na kojima dolazi do čestih promena u uslovima vožnje, brzinu kretanja vozila bi trebalo prilagođavati trenutnim uslovima koje diktiraju stanje na putu, vremenske prilike i uslovi u saobraćajnom toku. Prilagođavanjem brzine kretanja vozila trenutnim uslovima značajno se smanjuje rizik nastanka saobraćajnih nezgoda čime se pozitivno utiče na povećanje bezbednosti saobraćaja.

Kada dođe do izrazito nepovoljne promene vremenskih uslova koja negativno utiče na uslove vožnju (npr. smanjena vidljivost usled pojave magle) postavlja se pitanje kako vozač da odredi najbezbedniju brzinu za trenutne uslove. U ovakvim situacijama pomoć vozačima može pružiti saobraćajni znak koji samostalno analizira podatke iz okruženja i donosi odluku o najbezbednijoj brzini za trenutne uslove.

## **2. Pametni saobraćajni znak za preporučenu brzinu**

Pametni saobraćajni znak za preporučenu brzinu se može definisati kao kompleksan sistem elemenata koji samostalno prikuplja podatke o trenutnim uslovima na putu, vremenskim prilikama i uslovima u saobraćajnom toku, obrađuje prikupljene podatke i putem fuzzy logike samostalno donosi odluku o najbezbednijoj brzini kretanja vozila u trenutnim uslovima, poštujući u svemu trenutna naučna dostignuća i pravila struke.

Osnovne elemente pametnog saobraćajnog znaka čine senzori za prikupljanje podataka iz okruženja, kontrolno upravljačka jedinica, LED panel, elementi solarnog napajanja i stub nosač. Senzori kojima se prikupljaju podaci iz okruženja i dobijaju numeričke vrednosti posmatranih indikatora su: senzor za merenje vidljivosti, senzor za merenje brzine vetra, senzor za merenje koeficijenta prianjanja i senzor za detektovanje gužve u saobraćajnom toku. Kontrolno upravljačka jedinica konstantno prati i analizira dobijene vrednosti indikatora sa senzora. Na osnovu analize podataka, kontrolno upravljačka jedinica samostalno određuje trenutne uslove i izračunava najbezbedniju brzinu za trenutne uslove koju prikazuje na LED panelu.

Pametni saobraćajni znak je u svom radu potpuno autonoman, nije mu potrebna internet konekcija niti bilo koja druga veza sa cloud-om ili serverom, a kao izvor napajanja koristi električnu energiju sa sopstvenih solarnih panela. Pametni saobraćajni znak samostalno/autonomno određuje i prikazuje najbezbedniju brzinu za trenutne uslove puta i saobraćaja, bez upravljanja iz kontrolnog centra i pomoći čoveka.

Pametni saobraćajni znak koristi fuzzy sistem odlučivanja za analizu podataka dobijenih sa senzora i određivanje najbezbednije brzine za trenutne uslove. Fuzzy sistem odlučivanja predstavlja koncept veštačke inteligencije koji se zasniva na jasno i precizno definisanim pravilima, a počiva na teoriji skupova. Vrednost preporučene brzine koju će znak prikazivati zavisi od pojedinačnih vrednosti koje senzori očitavaju, ali i od njihove kombinacije.

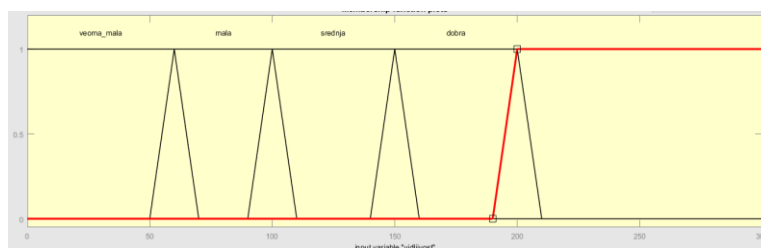
## **3. Određivanje preporučene brzine kretanja primenom fuzzy logike**

Fuzzy sistem obezbeđuje formalnu metodologiju za predstavljanje, manipulaciju i implementaciju ljudskog heurističkog predznanja o tome kako kontrolisati jedan, određeni sistem. Cilj fuzzy pristupa je da omogući implementaciju inženjerskog iskustva u cilju uspostavljanja sistemskih procesa koji su autonomni i da u rad kontrolera unese tzv. veštačku inteligenciju prilikom odlučivanja u samom procesu.

Fuzzy logika primenjena u algoritmu za određivanje preporučene brzine kretanja vozila kao ulazne podatke koristi podatke dobijene sa senzora integrisanih u pametni saobraćajni znak. Različite vrste podataka dobijaju se sa različitih senzora, i to su podaci o vidljivosti (m), brzini vetra (m/s), koeficijentu prianjanja i postojanju gužve u saobraćajnom toku.

U primeni fuzzy logike u procesu određivanja preporučene brzine najpre se definišu skupovi ulaznih podataka, skupovi izlaznih podataka i pravila. Korišćenjem trapezoidne

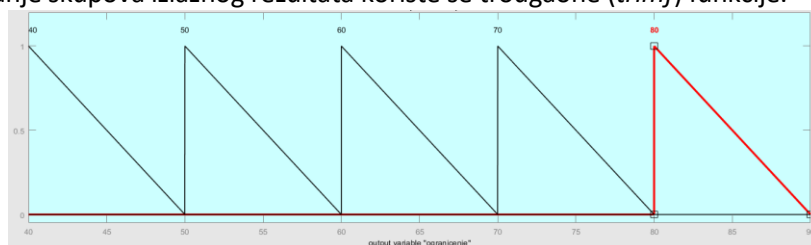
(*trapmf*) funkcije za sve vrste ulaznih podataka (podaci koji se prikupljaju putem senzora) definisani su fuzzy skupovi i određene granice svakog skupa. Za merenje vidljivosti definisano je pet skupova kojima trenutna vrednost vidljivosti može pripasti, i to su skupovi: „veoma mala“, „mala“, „srednja“, „dobra“ i „veoma dobra“.



Slika 1 – Primer trapezoidne funkcije za skupove vidljivosti

Opseg merenja u kome može biti prikazana trenutna vrednost koeficijenta prljanja podeljen je na pet fuzzy skupova, i to: „veoma mali“, „mali“, „srednji“, „dobar“ i „veoma dobar“. Trenutna vrednost brzine vetra može pripasti u tri definisana fuzzy skupa, i to: „slab“, „umeren“ i „jak“. Za postojanje gužve u saobraćajnom toku definisana su dva fuzzy skupa, i to: „gužva“ i „nema gužve“. Senzor za detektovanje gužve sam određuje da li postoji gužva i vrednost se automatski dodeljuje fuzzy skupu. Senzor radi tako što detektuje prolazak svakog vozila u saobraćajnoj traci i njegovu brzinu kretanja. Status „gužva“ postiže se kada se zadovolje unapred definisani kriterijumi da u zadatom vremenskom intervalu senzor detektuje prolazak određenog broja vozila brzinom manjom od granične.

Izlazni rezultat primene fuzzy logike predstavlja određena vrednost preporučene brzine koja je najbezbednija za trenutne vremenske uslove, uslove puta i saobraćajnog toka, a određuje se na osnovu skupova izlaznih vrednosti. Formiranje skupova izlaznih vrednosti zavisi od deonice puta na kome se postavlja pametni saobraćajni znak za preporučenu brzinu. U zavisnosti od toga da li se radi o gradskoj ili vangradskoj deonici, razlikuju se i skupovi izlazni vrednosti, odnosno razlikuju se vrednosti preporučene brzine. Za formiranje i predstavljanje skupova izlaznog rezultata koriste se trougaone (*trimf*) funkcije.



Slika 2 – Primer trougaone funkcije skupova izlaznih podataka

Definisanje fuzzy pravila vrši se na osnovu ekspertskog znanja i iskustva, uz poštovanje trenutnog naučnog dostignuća i pravila struke. Kod definisanja fuzzy pravila i ispitivanja njihove ispunjenosti koriste se tri osnovne operacije: unija (logički operator or/ili), presek (logički operator and/i) i negacija (logički operator not koji je definisan kao:  $not \mu_e = \overline{\mu_e} = 1 - \mu_e$ ). Za određivanja vrednosti preporučene brzine definisano je 17 pravila.

Pravila se pišu u formi: „If (vidljivost is veoma mala) or (koeficijent prljanja is veoma mali) or (brzina vetra is jak) then (preporučena brzina is četrdeset)“. Ovo pravilo se može pročitati na sledeći način: Ako vrednost vidljivosti pripada skupu veoma mala ili vrednost

koeficijenta prijanjanja pripada skupu veoma mali ili vrednost brzine vetra pripada skupu jak onda vrednost preporučene brzine pripada skupu četrdeset.

Nakon definisanja skupova ulaznih vrednosti, skupova izlaznih vrednosti i pravila, sledeći korak predstavlja provera ispunjenosti svakog pravila koja podrazumeva da se u svakom pravilu proverava da li dobijene vrednosti sa senzora pripadaju odgovarajućim skupovima ulaznih vrednosti. Za svaki podatak dobijen sa senzora određuje se skup/skupovi kojima pripada i njegova funkcija pripadnosti fuzzy skupovima. Određivanje funkcije pripadnosti je neophodan korak koji pokazuje u kojoj mere neka vrednost sa senzora pripada skupu. Vrednost funkcije pripadnosti  $\mu$  može biti u opsegu od 0 do 1,  $\mu = [0,1]$ . Izračunavanje se vrši na osnovu prethodno definisanih granica skupova, pritom, jedna ulazna vrednost sa senzora može pripadati u najviše dva skupa tog ulaznog podatka i za oba skupa je potrebno izračunati funkciju pripadnosti. Za dalji rad u algoritmu koriste se isključivo skupovi a ne sama vrednost sa senzora. Na primer, ukoliko se sa senzora dobije informacija da vidljivost iznosi 140 m, vidljivost pripada skupu *srednja* čije su granice od 90 do 160 metara. Formula za izračunavanje funkcije pripadnosti za skupove vidljivosti data je u nastavku.

$$\mu_{xi_x}(x) = \begin{cases} \frac{x - a_{xi_x}}{b_{xi_x} - a_{xi_x}}, & \text{ako je } a_{xi_x} \leq x \leq b_{xi_x}; \\ 1, & \text{ako je } b_{xi_x} \leq x \leq c_{xi_x}; \\ \frac{d_{xi_x} - x}{d_{xi_x} - c_{xi_x}}, & \text{ako je } c_{xi_x} \leq x \leq d_{xi_x}; \\ 0, & \text{ako je } d_{xi_x} \leq x. \end{cases} \quad (1)$$

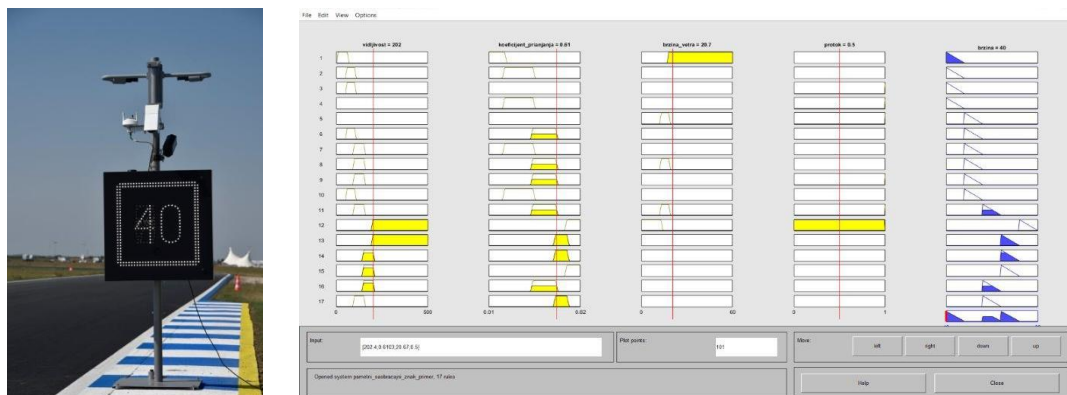
Sledeći koraci primene fuzzy logike u procesu određivanja preporučene brzine su implikacija, agregacija i defuzifikacija. Implikacija predstavlja proces određivanja vrednosti funkcije pripadnosti skupova izlaznih podataka a vrši se za svako ispunjeno pravilo na osnovu pripadajućih funkcija skupova ulaznih podataka i korišćenih logičkih operatera u pravilima. Implikacija se vrši na dva načina. Kod pravila sa logičkim operatorom *or/ili* koristi se funkcija *max* tako da vrednost pripadajuće funkcije skupu izlaznih podataka uzima maksimalnu vrednost od svih funkcija pripadnosti skupova ulaznih podataka u jednom pravilu. Kod pravila sa logičkim operatorom *and/i* koristi se funkcija *min* tako da vrednost pripadajuće funkcije skupu izlaznih podataka uzima minimalnu vrednost od svih funkcija pripadnosti skupova ulaznih podataka u jednom pravilu.

Agregacija predstavlja formiranje objedinjenog skupa izlaznih podataka a vrši se na osnovu određenih vrednosti funkcija pripadnosti skupova izlaznih podataka u ispunjenim pravilima. Za agregaciju se koristi funkcija *max* na način da se za svaki skup izlaznih podataka uzima samo maksimalna vrednost funkcije pripadnosti tom skupu.

Defuzifikacija predstavlja određivanje izlazne vrednosti, odnosno vrednosti preporučene brzine za trenutne uslova. Defuzifikacija se vrši na osnovu objedinjenog skupa izlaznih podataka. Za defuzifikaciju se koristi funkcija *som* (smallest of maximum) na način da se prvo određuje maksimalna vrednost funkcije pripadnosti skupova izlaznih podataka. Sledeći korak podrazumeva određivanje skupa izlaznih podataka koji ima maksimalnu vrednost funkcije pripadnosti a zatim se određuje donja granica tog skupa. Određena vrednost donje granice predstavlja izlazni podatak, odnosno preporučenu brzinu koja se ispisuje na LED panelu pametnog saobraćajnog znaka. Zbog mogućnost da dva ili više skupa izlaznih podataka ima

istu maksimalnu vrednost funkcije pripadnosti, uzima se najmanja vrednost donje granice skupova izlaznih podataka sa najvećom vrednošću funkcije pripadnosti.

Testiranje pravila fuzzy logike izvršeno je simulacijama u odgovarajućem softveru, dok je testiranje funkcionalnosti pametnog saobraćajnog znaka i celog sistema (rad senzora, prikupljanje i obradu podataka, funkcionisanje fuzzy logike u kontroleru, prikazivanje brzine na znaku i sl.) izvršeno na stazi, u simuliranim realnim uslovima.



Slika 3 – Testiranje pametnog saobraćajnog znaka za preporučenu brzinu

#### 4. Određivanje lokacija za postavljanje pametnog saobraćajnog znaka

Efekti rada pametnog saobraćajnog znaka primarno se ogledaju u unapređenju bezbednosti saobraćaja putem smanjenja broja saobraćajnih nezgoda i težine njihovih posledica koje nastaju usled kretanja vozila neprilagođenom brzinom trenutnim uslovima. Da li će pametni saobraćajni znak ispuniti svoju svrhu i svoj cilj, zavisi od toga na kojim mestima, odnosno deonicama će biti postavljen. Osnovna ideja je da se postavlja na deonicama na kojima dolazi do čestih promena uslova vožnje. Promena vremenskih uslova u vidu pojave kiše, magle, susnežice, snega i sl. pored toga što utiče na smanjenje vidljivosti, utiče i na karakteristike površine kolovoza dovodeći do smanjenja koeficijenta prljanjanja, što u kombinaciji sa gužvom predstavljaju izrazito nepovoljne uslove za vožnju.

Prema procenama pametni saobraćajni znak najveće efekte pruža na deonicama koje karakteriše česta promena uslova vožnje (pojava magle, kiše, poledice, jakih naleta vetra, čestih gužvi i sl.) a to su pre svega rizične deonice na kojima su najčešći tipovi saobraćajnih nezgoda čeonih sudara i sletanje vozila sa puta, zatim deonice u klisurama i kotlinama, vijadukti, deonice pored reka. U gradskim uslovima to su deonice na mostovima, bulevarima ili ulicama pored reka, i sl. Prilikom određivanja lokacija za postavljanje pametnog saobraćajnog znaka potrebno je uzeti u obzir i raspoložive podatke o saobraćajnim nezgodama nastalim usled loših uslova vožnje, podatke o mapiranju rizika, analizi opasnih mesta (crnih tačaka), analizi lokacija koje koristi saobraćajna policija za kontrolu poštovanja propisane brzine kretanja, analizi podataka o saobraćajnom opterećenju, analizi vremenskih uslova koji u toku godine vladaju na deonici i očekivano stanje na putevima prema raspoloživim podacima.

## 5. Zaključak

Primena fuzzy logike u procesu određivanja preporučene brzine kretanja može pružiti veliki doprinos unapređenju bezbednosti saobraćaja, putem smanjenja broja i težine posledica saobraćajnih nezgoda koje nastaju usled neprilagođene brzine trenutnim uslovima puta, vremenskim uslovima i uslovima u saobraćajnom toku. Pametni saobraćajni znak za preporučenu brzinu ima za cilj da pomogne vozaču prilikom određivanja najbezbednije brzine za trenutne uslove.

Kako bi ispunio svoju svrhu i ostvario najveće efekte, pametni saobraćajni znak bi trebalo postaviti na deonicama na kojima postoji realna potreba. Najveći fokus bi trebao biti na otvorenim deonicama na kojima često dolazi do smanjenja vidljivosti usled pojave magle, što je pre svega karakteristično za deonice u klisurama i kotlinama, deonice pored reka, u gradskim uslovima to mogu biti mostovi i sl. Pametni saobraćajni znak mora biti u potpunosti autonoman prilikom određivanja preporučene brzine bez upravljanja iz kontrolnog centra i pomoći čoveka, uz napajanja iz solarnih panela.

Elementi pametnog saobraćajnog znaka za preporučenu brzinu, odnosno oprema koju znak sadrži, u budućnosti bi mogli da se koristi i za određivanje i praćenje drugih pokazatelja koji utiču na kretanje vozila i prikazivanje drugih saobraćajnih znakova. Takođe, u budućnosti se može težiti i čitavom sistemu pametnih saobraćajnih znakova, koji bi bili međusobno povezani i koji bi samostalno određivali i vozačima prenosili poruke sa informacijama o opasnostima koje im prete na određenom mestu, odnosno delu puta, kao i prirodi tih opasnosti, prvenstvu prolaza, zabranama, ograničenjima, obavezama i obaveštenjima, što bi omogućilo dinamičko regulisanje saobraćaja u skladu sa trenutnim uslovima.

## Summary

### **APPLICATION OF THE "FUZZY LOGIC" IN THE DECISION-MAKING PROCESS RELATED TO VEHICLE ADVISORY SPEED**

*Abstract: The paper presents a decision-making model related to the vehicle advisory speed using smart traffic signs recommending travelling at safe vehicle speeds, in real time. The model is based on the "fuzzy logic" and is primarily intended for application to the so-called "open" road sections located outside built-up areas, where general speed limit applies. Providing the driver with timely information on the safe, vehicle advisory speed is of particular importance on road sections where there are frequent changes in driving conditions caused by changes in weather conditions or traffic density. On these sections, it is desirable to advise on vehicle speed that is adequate, timely and is taking into account several different data collected in real time. This cannot be achieved by means of traditional traffic signs, and therefore, the signs generating information that is based on the analysis of several different parameters having a direct impact on the safe, vehicle advisory speed, need to be used instead. The paper actually considers the elements of a smart decision-making process using the "fuzzy logic" to adequately advise on safe vehicle speed.*

*Keywords: traffic sign, "fuzzy logic", vehicle advisory speed*

## VIDEO NADZOR ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE REGISTARSKIH TABLICA I DETEKCIJU SAOBRAĆAJNIH PREKRŠAJA U SISTEMU UPRAVLJANJA BRZINAMA KOORDINISANIM RADOM SVETLOSNIH SIGNALA

Miroslav Derikonjić, Preduzeće „Selma“ Subotica, micy@selma.rs  
Đorđe Fazekaš, Preduzeće „Selma“ Subotica, djordje@selma.rs

*Rezime: Rad pokušava da prikaže situaciju kada je u koordinisanom radu svetlosnih signala na više raskrsnica u cilju optimizacije upravljanja saobraćajem, jedna od njih opremljena detektorima i radi na principu dobijanja slobodnog prolaza, odnosno zelenog svetla sa sporednog prilaza samo u slučaju postojanja vozila. U slučaju nepostojanja najave, slobodan prolaz, odnosno zeleno svetlo je sve vreme na koordinisanom potezu pri čemu se, uz geometriju poteza vozači odlučuju na povećanje brzine i ugrožavanja bezbednosti svih učesnika u saobraćaju. U neposrednoj blizini je postavljen sistem video nadzora za automatsko prepoznavanje registarskih tablica i detekciju saobraćajnih prekršaja kao preventivno, a isto tako i represivno sredstvo u smanjenju brzine kao jednog od prepoznatljivih činilaca u nastanku saobraćajne nezgode. Kroz rad prikazujemo broj vozila koja se kreću propisanom brzinom koja je projektovana kroz uspostavljanje koordinisanog rada svetlosnih signala, a isto tako i broj vozila koja su prekoračila dozvoljenu-limitiranu brzinu kretanja u vremenskom periodu u kojem je vršeno posmatranje.*

*Ključne reči: brzina, svetlosni signali, detekcija prekršaja*

### 1. Uvod

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

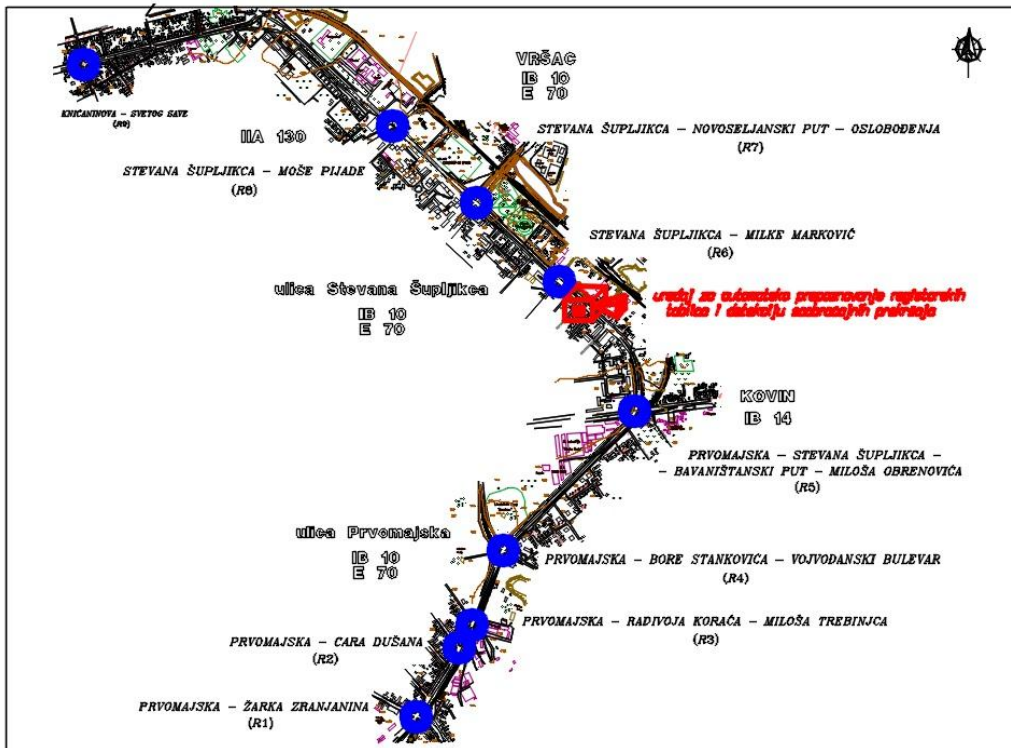
Jedan od načina upravljanja brzinama je i koordinisani rad svetlosnih signala, što predstavlja međusobno usaglašeni rad svetlosnih signala na delu mreže ili na složenim raskrsnicama. Koordinisani rad svetlosnih signala omogućava kretanje vozila optimalnom, računski predstavljenom brzinom čime se obezbeđuje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

### 2. Problem brzine u koordinacionom radu svetlosnih signala

Kada govorimo o brzini, govorimo u stvari o njenom procentu iznad dozvoljene, limitirane, odnosno o njenom iznosu iznad zakonskog ograničenja. Kod većih brzina kretanja moramo uvideti negativan uticaj kako na bezbednost saobraćaja (posebno pešaka, biciklista, dece, starijih osoba i ljudi koji žive pored puta), tako i na životnu sredinu (buka i emisija izduvnih gasova). Međutim velike brzine koje savremeni

automobili mogu da ostvare, doprinose povećanju mobilnosti i smanjenju vremena putovanja i na taj način doprinose bržem ekonomskom razvoju društva. Na osnovu svega izloženog, uviđa se da je potreban pristup koji uključuje inženjersko razmišljanje, obrazovanje, edukaciju i prinudu, kako bi brzina kretanja vozila bila optimalna, saobraćaj bio bezbedan a da mu se pritom ne smanji efikasnost i ne ugrozi nivo usluge.

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



Slika 1: Koordinisani potez svetlosnih signala i uređaj za detekciju saobraćajnih prekršaja

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

U neposrednoj blizini raskrsnice postavljen je sistem video nadzora za automatsko prepoznavanje registarskih tablica i detekciju saobraćajnih prekršaja kao preventivno, a



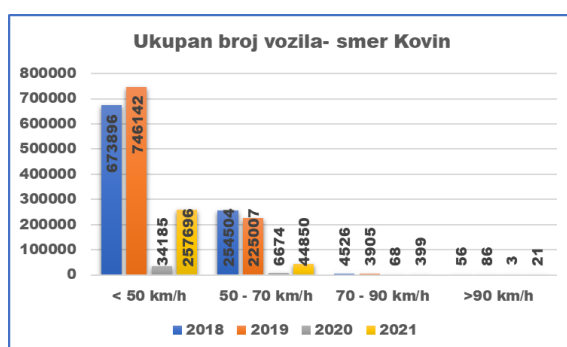
isto tako i represivno sredstvo u smanjenju brzine kao jednog od prepoznatljivih činilaca u nastanku saobraćajne nezgode.

### 3. Ukupan broj vozila

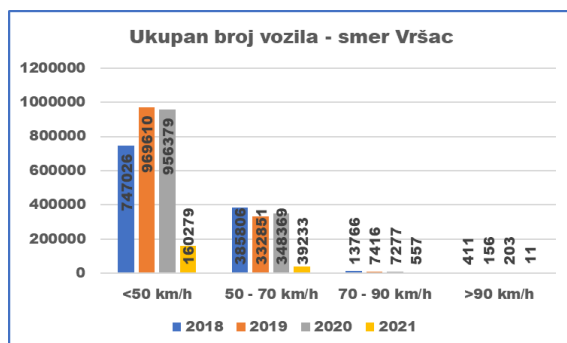
Upravljanje brzinama u saobraćaju predstavlja veoma složen proces, a važna faza ovog procesa jeste snimanje, odnosno merenje indikatora koji se odnose na brzinu na određenoj lokaciji, a sve u cilju balansiranja bezbednosti i efikasnosti brzina vozila na putnoj mreži.

Snimanje ukupnog broja vozila, kao i brzina kojima se kreću vršeno je u periodu od četiri godine, od 2018 do 2021 godine, a same brzine kretanja vozila podeljene su u četiri vrednostne kategorije, do 50 km/h, znači, vozila koja se kreću propisanom brzinom koja je projektovana kroz uspostavljanje koordinisanog rada svetlosnih signala, kategorija od 50-70 km/h, zatim od 70-90 km/h, kao i brzine kretanja vozila preko 90 km/h.

Ukupan broj vozila prema brzinama i godinama dati su u grafikonima 1 i 2.



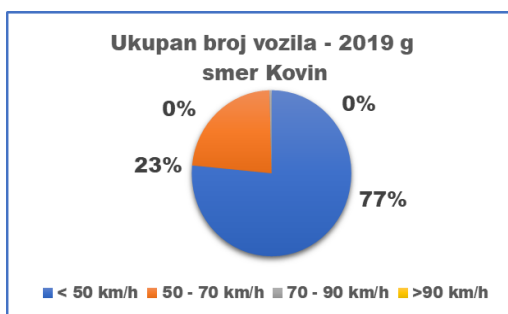
Grafik 1: Ukupan broj vozila prema brzinama i godinama posmatranja-smer Kovin



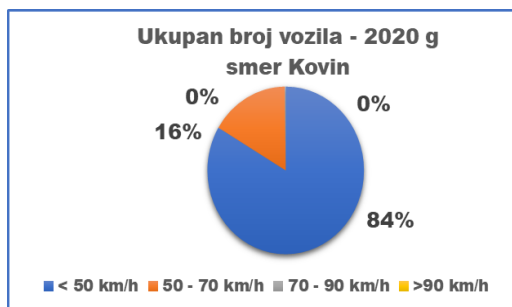
Grafik 2: Ukupan broj vozila prema brzinama i godinama posmatranja-smer Vršac

#### 3.1. Analiza rezultata

Analiza rezultata obuhvatila je posmatranje ukupnog broja vozila za period od četiri godine (2018. g-2021.g), koji je prikazan procentualno prema brzinama kojim su se vozila kretala. Indikativno je da se najveći broj vozila kreće propisanom brzinom, zakonski ograničenom, a isto tako i brzinom koja je projektovana kroz uspostavljanje koordinisanog rada svetlosnih signala.

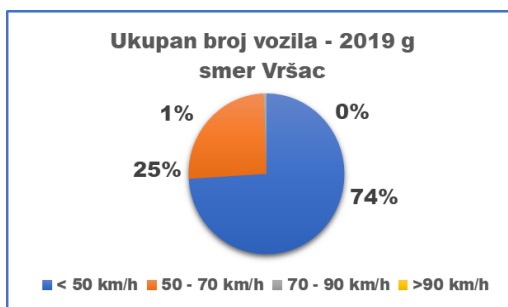
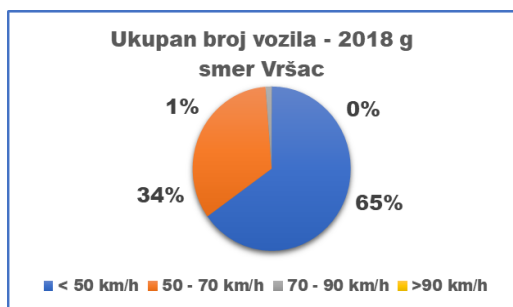


Grafik 3: Procentualno učeće vozila prema brzinama u godinama 2018. i 2019.-smer Kovin

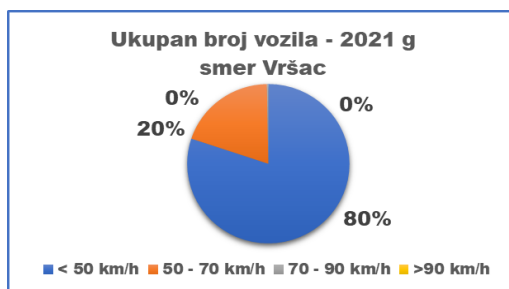
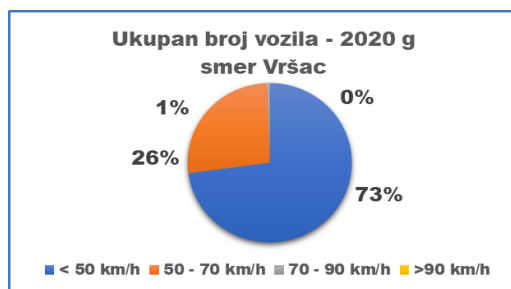


Grafik 4: Procentualno učeće vozila prema brzinama u godinama 2020. i 2021.-smer Kovin

Posmatrajući rezultate kretanja vozila u smeru Kovina, primećuje se porast broja vozila koja se kreću propisanom brzinom, kroz vremenski period od četiri godine. Početne godine posmatranja 2018. godine taj procenat je iznosio 72%, 2019. godine 77%, 2020. godine 84%, dok je taj procenat u 2021. godini dostigao 85%.



Grafik 5: Procentualno učeće vozila prema brzinama u godinama 2018. i 2019.-smer Vršac



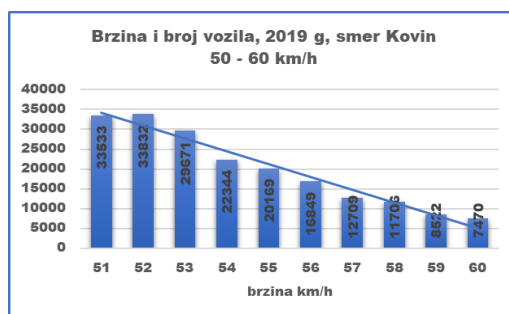
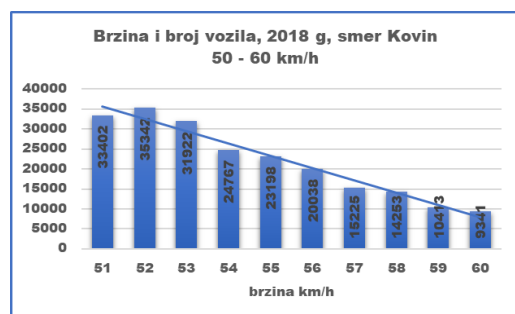
Grafik 6: Procentualno učeće vozila prema brzinama u godinama 2020. i 2021.-smer Vršac

Analogijom posmatranja kretanja vozila u smeru Kovina, u kretanju vozila u smeru Vršca, takođe se primećuje porast broja vozila koja se kreću dozvoljenom brzinom. 2018. godine taj procenat je iznosio 65%, 2019. godine 74%, 2020. godine 73%, dok je taj procenat u 2021. godini iznosio 80%. Određeni procenat vozila kako je prikazano na grafikonima kreće se brzinom većom od dozvoljene, limitirane i na ovu grupu vozača treba delovati preventivno, kroz obrazovanje i edukaciju, ali i represivno radi korekcije brzine koja je identifikovana kao ključni faktor rizika nastanka saobraćajnih nezgoda.

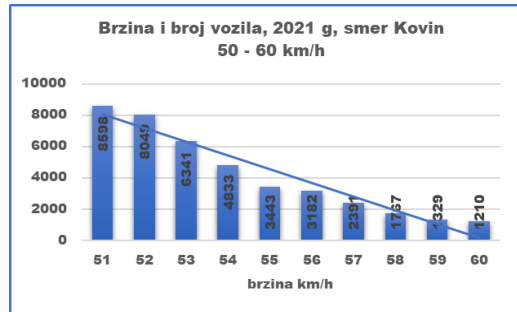
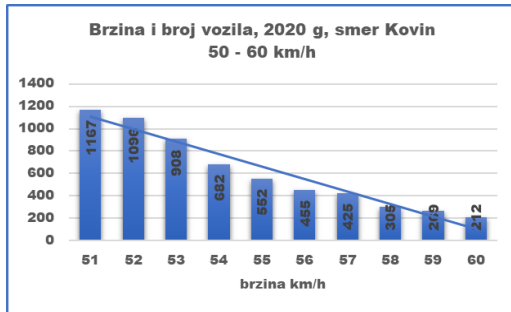
### 3.2. Mogućnosti poboljšanja mera i dodatnog uticaja na smanjenje brzine

Na grafikonima broj 7-10 prikazan je broj vozila koja su se kretala brzinama od 50-60 km/h u koracima od 1 km/h za oba smera kretanja kao i za četiri godine posmatranja. Ovo je grupa vozača na koju je potrebno delovati preventivno, kroz edukaciju i upozoravanje da minimalno smanjenje brzine sa sobom nosi značajno smanjenje mogućnosti nastanka saobraćajne nezgode, kao i smanjenje posledica nastalih u saobraćajnim nezgodama.

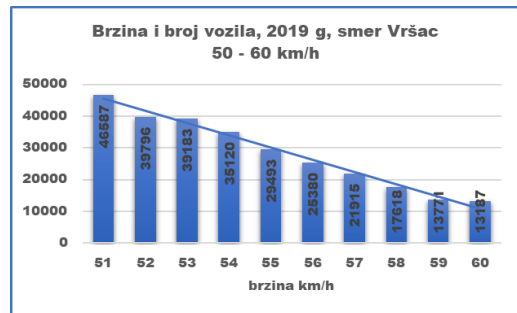
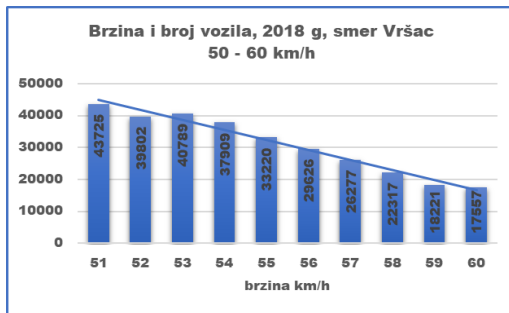
Neophodno je konstantno napominjanje da se broj saobraćajnih nezgoda povećava za 10% (lakše nezgode) do 25% (nezgode sa poginulim), kada prosečna brzina poraste za 5 km/h. Ovo povećanje je 25-50% , ako brzina poraste za 10 km/h. U suprotnom, ako se prosečna brzina na putu smanjuje, smanjuje se i broj nezgoda. Smanjenje prosečne brzine kretanja za 1% dovodi do smanjenja broja saobraćajnih nezgoda sa lakšim povredama za 2%, smanjenja saobraćajnih nezgoda sa težim povredama za 3%, te smanjenja saobraćajnih nezgoda sa poginulim za 4%.



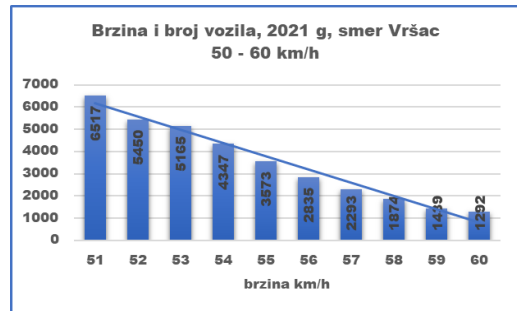
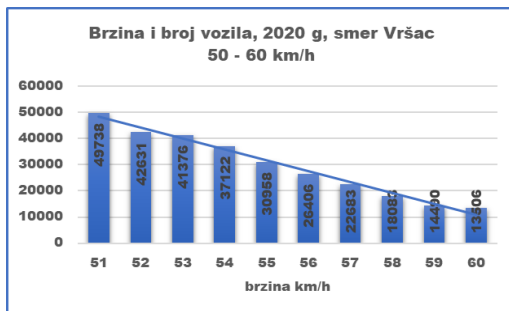
Grafik 7: Broj vozila, brzine kretanja od 50-60 km/h u godinama 2018. i 2019.-smer Kovin



Grafik 8: Broj vozila, brzine kretanja od 50-60 km/h u godinama 2020. i 2021.-smer Kovin



Grafik 9: Broj vozila, brzine kretanja od 50-60 km/h u godinama 2018. i 2019.-smer Vršac



Grafik 10: Broj vozila, brzine kretanja od 50-60 km/h u godinama 2020. i 2021.-smer Vršac

#### 4. Zaključak

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

Upravljanje brzinama ostaje jedan od najvećih izazova sa kojim se susreću stručnjaci i to pitanje zahteva posvećen, dugoročan, multidisciplinarni odgovor. Prvenstveni cilj upravljanja brzinama je smanjenje broja drumskih saobraćajnih nezgoda, teško povređenih i poginulih.

U ovom primeru prikazali smo kombinaciju, odnosno sintezu više sistema, mera, načina i aktivnosti koje su preduzete radi smanjenja brzine. Možemo da zaključimo da su mere urodile plodom, da napredak postoji i da se ukupne vrednosti tokom vremena poboljšavaju. Međutim, pokazalo se da postoji prostor da se rezultati unaprede, brzina

smanji u potrebne okvire, prvenstveno obukom i edukacijom, a ukoliko to ne donese rezultate, prinudom i sankcionisanjem.

### Literatura

- [1] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima (Sl. Glasnik RS“, br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013-odluka US, 55/2014, 96/2015-dr. zakon, 9/2016-odluka US, 24/2018, 41/2018, 41/2018-dr. zakon, 87/2018, 23/2019 i 128/2020-dr. zakon)
- [2] Subotić J., Jovičić O., Simić M., Mitrović Đ. (2014) „Upravljanje brzinama na putevima“, Stručni rad, Saobraćajni fakultet, Beograd
- [3] Đorđević T., (1997) „Regulisanje saobraćajnih tokova svetlosnom signalizacijom“, Saobraćajni fakultet, Beograd
- [4] Inić M., (1997) „Bezbednost drumskog saobraćaja“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [5] Lipovac K., (2008) Bezbednost saobraćaja, JP Službeni list SRJ, Beograd

### Summary

#### **VIDEO SURVEILLANCE FOR AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION AND DETECTION OF TRAFFIC VIOLATIONS IN THE SPEED CONTROL SYSTEM COORDINATED BY THE OPERATION OF TRAFFIC LIGHTS**

*Abstract: The paper tries to show the situation when in the coordinated operation of traffic light at several intersections in order to optimize traffic management, one of them is equipped with detectors and works on the principle of obtaining a free passage, i.e. a green light from a side approach only in case of the presence of a vehicle. In the absence of an announcement, the free passage, i.e. the green light, is always on a coordinated move where, with the geometry of the move, drivers decide to increase speed and endanger the safety of all road users. A video surveillance system for automatic number plate recognition and detection of traffic violations has been installed in the immediate vicinity as a preventive and repressive tool in reducing speed as one of the recognizable factors in the occurrence of traffic accidents. Through the work, we show the number of vehicles moving at the prescribed speed, which was designed through the establishment of coordinated work of traffic lights, as well as the number of vehicles that exceeded the permitted-limited speed of movement in the time period in which the observation was made.*

Key words: vehicle speed, traffic lights, detection of traffic violations



**GRUPA B**

---

**SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE**

---





## **GRUPA B**

### **SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE**

#### **PRERASPODELA PROSTORA ULICE U FUNKCIJI MIKROMOBILNOSTI**

*Ana Trpković, Branimir Stanić, Sreten Jevremović*

#### **PROJEKTOVANJE PROLAZA PUTEVA KROZ NASELJE**

*Stefan Tasić*

#### **UNAPREĐENJE BICIKLISTIČKE INFRASTRUKTURE – STUDIJA SLUČAJA GRADA SMEDEREVA**

*Nikola Stojanovski, Ana Trpković, Sreten Jevremović*

#### **ХУМАНИ ИНЖЕЊЕРИНГ У НАСЕЉИМА И ГРАДОВИМА - АСПЕКТ ПРИСТУПАЧНОСТИ**

*Анђела Лазаревић, Јелица Комарица*

#### **PROJEKTOVANJE DELJENIH PROSTORA – PRIMER DELA MREŽE U PANČEVU**

*Miroslav Milošev, Sreten Jevremović*

#### **UTICAJ GEOMETRIJSKIH ELEMENATA PRELAZA BICIKLISTIČKE STAZE PREKO KOLOVOZA NA BRZINU KRETANJA BICIKLISTA**

*Nemanja Garunović, Vuk Bogdanović, Vladana Tešić, Nenad Saulić*

#### **ANALIZA I SIMULACIJA PEŠAČKIH KRETANJA ZA VREME SPECIJALNOG DOGAĐAJA SA PREDLOGOM MERA-PRIMER SPORTSKI CENTAR RADNIČKI**

*Stefan Knežević*

#### **PRAKTIČNA PRIMENA MOBILNIH BROJAČA SAOBRAĆAJA U CILJU PLANIRANJA SAOBRAĆAJNE MREŽE**

*Aleksandar Petrić, Goran Đokić, Milana Krnjajac*

#### **ANALIZA I KVALITET MJERENJA SAOBRAĆAJNE SIGNALIZACIJE I OPREME U FUNKCIJI BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA**

*Osman Lindov, Adnan Omerhodžić*



## PRERASPODELA PROSTORA ULICE U FUNKCIJI MIKROMOBILNOSTI

Ana Trpković, Saobraćajni fakultet, Beograd, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

Branimir Stanić, Saobraćajni fakultet, Beograd, b.stanic@sf.bg.ac.rs

Sreten Jevremović, Saobraćajni fakultet, Beograd, s.jevremovic@sf.bg.ac.rs

*Rezime: Saobraćajni sistemi često su prvi nosioci i pokazatelji tehnoloških promena koje donosi razvoj savremenih gradova. Trenutno, jedan veliki izazov predstavlja nova ponuda transportnih opcija koja se kategoriše kao mikromobilnost. Razvoj ovog podsistema teče veoma brzo, čak toliko da gradovi teško uspevaju da odgovore na novonastale zahteve. Ovaj novi tehnološki talas sa sobom je doneo različite nedoumice među kojima se nekako, sasvim prirodno, nametnulo pitanje korišćenja raspoloživog uličnog prostora, odnosno infrastrukture. Srbija je jedna od zemalja koja je prepoznala značaj i potencijal vozila za mikromobilnost i trenutno radi na unapređenju regulative i ispitivanju mogućnosti i načina za njihovu implementaciju. U skladu sa navedenim, cilj ovog rada jeste prikaz iskustava najbolje svetske prakse, kao i preporuka za integraciju vozila mikromobilnosti u okviru postojećih uličnih prostora na području Republike Srbije.*

*Ključne reči: Mikromobilnost, saobraćajno projektovanje, infrastruktura, ulični prostor*

### 1. Uvod

Mikromobilnost se može definisati kao: *skup malih, lakih prevoznih sredstava maksimalne operativne brzine najčešće do 25km/h, koja su idealna za realizovanje kraćih putovanja, dužine do 10km* [1]. Shodno tome, u kategoriju vozila za mikromobilnost spadaju bicikli, trotineta, roleri, skejtbordovi, unickli, električne verzije ovih vozila, kao i hoverbordovi, rikše i sl. Ono što predstavlja problem pri ovakvom definisanju ove grupe transportnih sredstava jeste nedostatak jasnih odrednica po pitanju kategorizacije pojedinih vozila. Na primer, u literaturi se dosta polemise o mestu „brzih“ vozila koja se mogu kretati do 45km/h ili čak brže (npr. novi tipovi e-trotineta) [2]. Sve to utiče na već postojeće probleme kategorizacije ovih vozila i obezbeđivanje adekvatnih infrastrukturnih kapaciteta za njihovo kretanje.

Veliki broj zemalja već je izvršio proces integracije vozila za mikromobilnost, dok određene države i gradovi još uvek tragaju za adekvatnim rešenjima. Pomenuti proces je veoma kompleksan i obuhvata sagledavanje različitih aspekata ovih vozila kako bi se kao produkt dobilo najbolje – optimalno rešenje [3], [4]. Ono sa čim su se susrele zemlje koje su završile ili u kojima još uvek traje ovaj proces jesu pitanja: tehničko-eksploatacionih karakteristika ovih vozila, njihova kategorizacija, infrastruktura, bezbednost, pravila korišćenja, upotrebe i ponašanja vozača, stavovi korisnika u pogledu prihvatljivosti ovih vozila i sl. [5]. Možda i najvažnije jeste pitanje infrastrukture, koje se nameće i direktno zavisi upravo od kategorizacije vozila za mikromobilnost.

Srbija spada u grupu zemalja koje su prepoznale značaj i potencijal novih transportnih opcija i koja trenutno radi na unapređenju regulative i ispitivanju postojećih infrastrukturnih opcija za implementaciju vozila za mikromobilnost. U tom kontekstu Agencija za bezbednost saobraćaja je donela odluku da izradi i sprovede studijsko-razvojni projekat [6] koji ima za cilj definisanje mesta i uloge mikromobilnosti u sistemu urbane mobilnosti. Tokom analize postojećeg stanja upravo pitanje infrastrukture predstavljalo je veliki izazov, posebno imajući u vidu različite prepreke na koje se tokom rada naišlo,

poput: potrebe za usaglašavanjem postojećih kategorizacija mreže na nacionalnom i lokalnom nivou, stanje i kvalitet infrastrukture, nedostatak kapaciteta, različiti zahtevi korisnika i sl. Shodno tome, cilj ovog rada jeste analiza iskustava najbolje svetske prakse i prikaz dela rezultata koji se odnose na predloge za korišćenje postojećih infrastrukturnih kapaciteta od strane vozila za mikromobilnost, na teritoriji Republike Srbije, a koji su izrađeni u okviru studijsko-razvojnog projekta Agencije za bezbednost saobraćaja „Vozila za mikromobilnost“ [6].

## 2. Infrastruktura za vozila mikromobilnosti – svetska iskustva

U ovom poglavlju biće prikazana i analizirana iskustva sedam odabranih zemalja u pogledu načina korišćenja različitih infrastrukturnih kapaciteta od strane vozila za mikromobilnost. Države analizirane u ovom poglavlju su: Austrija, Francuska, Španija, Ujedinjeno Kraljevstvo, Nemačka, Kalifornija i Novi Zeland.

Na slici 1 dat je prikaz infrastrukture koja se može koristiti od strane e-bicikala, e-trotineta, segveja i e-unicikala kao najčešće korišćenih vozila za mikromobilnost.

	BICIKLISTIČKA INFRASTRUKTURA	KOLOVOZ	TROTOAR	PEŠAČKA ZONA
AUSTRIJA				
FRANCUSKA				
ŠPANIJA				
UJEDINJENO KRALJEVSTVO				
NEMAČKA				
KALIFONIJA				
NOVI ZELAND				

Slika1. Infrastruktura za vozila mikromobilnosti

Sa slike 1 može se izvesti nekoliko interesantnih zaključaka. Pre svega može se videti da je Kalifornija najliberalnija po pitanju dostupnosti infrastrukture za vozila za mikromobilnost [7]. Sa druge strane Ujedinjeno Kraljevstvo zabranjuje upotrebu segveja i e-unicikala na svim površinama izuzev privatnih poseda [8]. Takođe, u ovoj zemlji se aktivno razmatra regulisanje upotrebe e-trotineta, zbog čega se u njoj trenutno mogu koristiti samo e-bicikli kao jedini predstavnici grupe vozila za mikromobilnost.

Interesantno je pomenuti i primer Španije u kojoj se segveji, pored navedene, mogu kretati još i infrastrukturom za vozila javnog prevoza, kao i infrastrukturom za taksi vozila [9]. Generalno, Španija je jedina zemlja koja omogućava korišćenje dodatne infrastrukture izuzev one koja je već pomenuta u ovom radu.

Kada su ostale zemlje u pitanju, Evropa generalno podržava korišćenje biciklističke infrastrukture i kolovoza (za e-bicikle i e-trotinete), dok se zabranjuje korišćenje trotoara. Nemačka se u tom smislu izdvaja jer biciklističkom infrastrukturom i kolovozom dozvoljava kretanje i segvejima i unicklima. Slična situacija je i sa Novim Zelandom, sa jednim izuzetkom: naime, u ovoj zemlji je dozvoljeno kretanje e-trotineta trotoarom.

Na kraju, važno je napomenuti i to da, iako je u većini zemalja već izvršeno integrisanje e-bicikala i e-trotineta u saobraćajne sisteme, ostala vozila za mikromobilnost još uvek nemaju adekvatnu zakonsku potporu, što stvara dodatne probleme pri tretiranju celokupnog podsistema mikromobilnosti.

### 3. Preporuke za korišćenje uličnih prostora u funkciji mikromobilnosti

U ovom poglavlju biće izvršen prikaz i kratka diskusija predloga infrastrukture koja se može koristiti od strane vozila za mikromobilnost na teritoriji Republike Srbije. Predlozi su definisani na osnovu ekspertskih procena, stavova korisnika i potencijalnih korisnika, kao i primera najbolje svetske prakse (videti sliku 2).

Infrastruktura	Kategorija vozila			
	E-bicikl „pedalek“	„Brzi“ e-bicikl	E-trotinet	Ostala vozila
Gradske magistrale	✗	✗	✗	✗
Gradske saobraćajnice	✓	✓	✗	✗
Sabirne ulice	✓	✓	✓	✗
Pristupne ulice	✓	✓	✓	✗
Biciklističke staze i trake	✓	✓	✓	✓
Pešačko-biciklistička infrastruktura	✓	✗	✓	✓
Pešačke staze	✓	✗	✓	✓
Trotoari	✓	✗	✓	✓
Pešačke zone/ulice	✓	✗	✓	✓
Žute trake	✗	✗	✗	✗
Tramvajske baštice	✗	✗	✗	✗
Integrirane ulice, deljeni prostor	✓	✓	✓	✓

✓ - dozvoljeno; ✗ - zabranjeno; ✓ - uslovno dozvoljeno; ✗ - uslovno zabranjeno;

Slika 2. Predložena infrastruktura za vozila mikromobilnosti

Ono što je važno napomenuti na početku jeste usvojeni sistem kategorizacije ulične mreže, odnosno prostora. Za potrebe ovog rada pod uličnim prostorom podrazumeva se celokupan javni prostor smešten izvan već izgrađenih objekata javne ili privatne namene. Kada je reč o samoj mreži, u postojećem stanju, vozilima za mikromobilnost dozvoljeno je kretanje svom dostupnom infrastrukturom. Shodno tome, raspoloživa infrastruktura klasifikovana je tako da obuhvati sve mrežne kapacitete prisutne na analiziranom području, imajući u vidu velike razlike u karakteristikama mreže u gradovima i naseljima u Republici Srbiji. Na taj način raspoloživi kapaciteti klasifikovani su tako da obuhvate: infrastrukturu koju koriste prvenstveno motorizovani korisnici, infrastrukturu koju prvenstveno koriste nemotorizovani korisnici i infrastrukturu koju dele nemotorizovani i motorizovani učesnici u saobraćaju.

Sa slike 2 može se uočiti da su praćeni primeri i iskustva najbolje svetske prakse, u skladu sa prostorno-saobraćajnim mogućnostima lokalnih područja. U tom smislu, preporučeno je da se biciklističkom infrastrukturom mogu kretati sve kategorije vozila za mikromobilnost. Integriranim ulicama i deljenim prostorima uslovno se mogu kretati sva vozila za mikromobilnost, pri čemu je potrebno ograničiti brzinu kretanja do 10km/h.

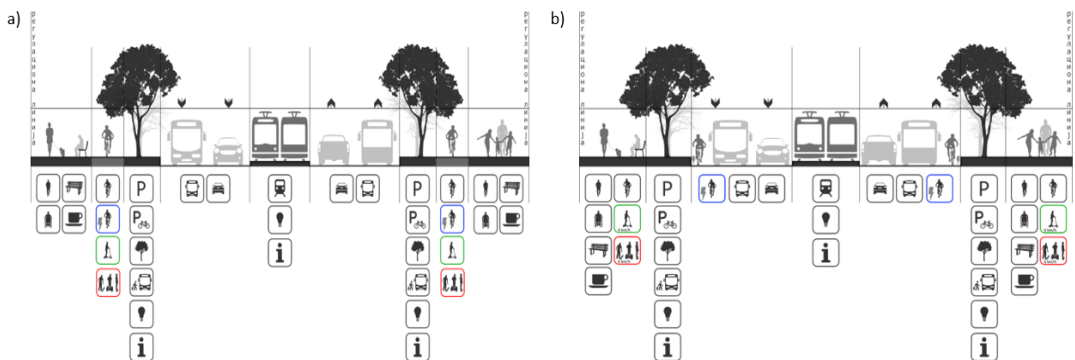
Kada je u pitanju pešačka infrastruktura predloženo je da se svim vozilima mikromobilnosti, izuzev „brzih“ e-bicikala, dozvoli kretanje pešačkim stazama, trotoarima i pešačkim zonama/ulicama, uz uslov da se brzina kretanja ograniči do 6km/h. Slična

situacija je i sa pešačko-biciklističkom infrastrukturom, s tim što bi u ovom slučaju brzinu kretanja trebalo ograničiti do 10km/h.

U slučaju infrastrukture za motorizovan saobraćaj, preporučeno je da se e-biciklima dozvoli kretanje gradskim saobraćajnicama, sabirnim i pristupnim ulicama (slično kao i klasičnim biciklima), dok je e-trotinetima uslovno dozvoljeno korišćenje sekundarne gradske mreže i to samo u situacijama kada ne postoji povezana mreža biciklističke infrastrukture. Interesantno je napomenuti da je žutim trakama i tramvajskim bašticama predloženo zabraniti kretanje vozila za mikromobilnost. Izuzetak predstavljaju „brzi“ e-bicikli, čije se korišćenje žutih traka može razmotriti, ukoliko se ovom infrastrukturom dozvoli kretanje mopeda i drugih vozila sa sličnim tehničko-eksploatacionim i konstruktivnim karakteristikama. U tom slučaju potrebno je dodatno usaglasiti postojeću regulativu za kretanje dvotočkaša, sa regulativom za kretanje vozila mikromobilnosti.

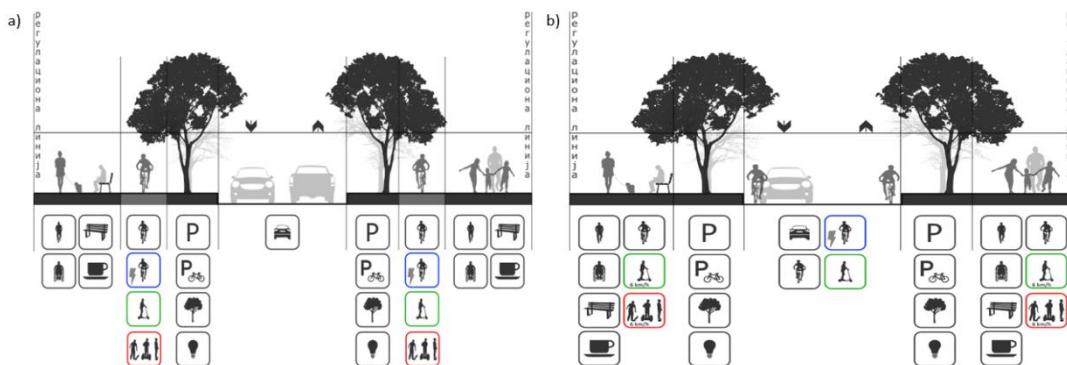
U cilju lakšeg sagledavanja prostornih okvira i načina korišćenja mreže različitog ranga, u nastavku rada dati su primeri karakterističnih poprečnih profila, pri čemu su vozila za mikromobilnost označena piktogramima sa odgovarajućim grafičkim simbolom i zasebnim kodom boja.

Na slici 3 dati su profili primarne gradske saobraćajnice sa (a) i bez (b) izdvojene biciklističke infrastrukture. Sa slike 3 se može videti da je jedino e-biciklima dozvoljeno korišćenje dela kolovoza (pod istim uslovima kao i klasičnim biciklima), na saobraćajnicama gde nema izdvojene biciklističke infrastrukture (slika 3b). U tom slučaju ostala vozila za mikromobilnost bi delila infrastrukturu sa pešacima. Ukoliko postoji izdvojena biciklistička infrastruktura sva vozila za mikromobilnost trebalo bi da koriste istu (slika 3a).



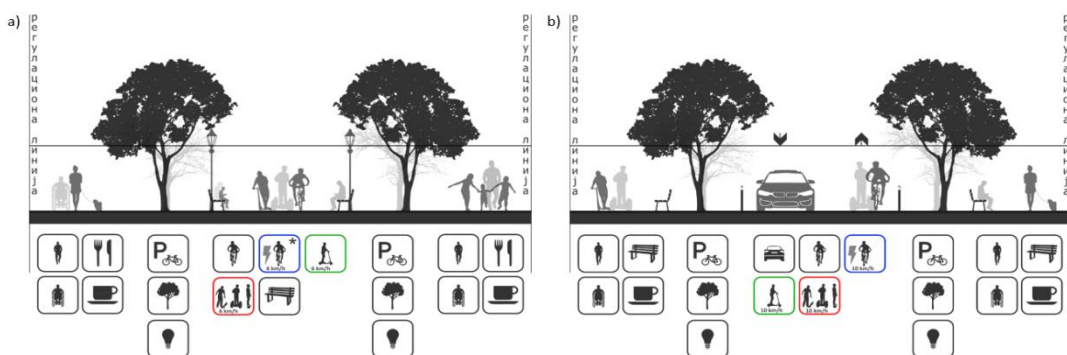
Slika 3. Poprečni profil primarne gradske saobraćajnice sa (a) i bez (b) izdvojene biciklističke infrastrukture

Na slici 4 prikazan je profil sekundarne gradske saobraćajnice sa (a) i bez (b) izdvojene biciklističke infrastrukture. Slika 4 ukazuje na sličnu preraspodelu uličnog prostora kao što je to slučaj i u prethodnom primeru, sa izuzetkom u kretanju e-trotineta. Naime, na sekundarnoj mreži saobraćajnica, pored e-bikalala, deo kolovoza mogu koristiti i e-trotineta, pod istim uslovima kao i tradicionalni bicikli. Ono što je važno napomenuti na ovom mestu jeste obaveza da se, u slučaju deljenja infrastrukture sa pešacima, vozila mikromobilnosti moraju pridržavati ograničenja brzine kretanja od 6km/h.



Slika 4. Poprečni profil sekundarne gradske saobraćajnice sa (a) i bez (b) izdvojene biciklističke infrastrukture

Na slici 5 prikazani su primeri poprečnih profila pešačke zone (a) i integrisane ulice (b), kao specifičnih ali i čestih projektantskih rešenja centralnih urbanih zona gradova.



Slika 5. Poprečni profil pešačke zone (a) i integrisane ulice (b)

Sa slike 5a može se uočiti da je centralno područje generalno namenjeno kretanju vozila za mikromobilnost, dok nemotorizovani učesnici mogu koristiti punu širinu profila. U konkretnom slučaju preporuka je da se brzina kretanja vozila za mikromobilnost ograniči do 6km/h (odnosno do brzine kretanja pešaka), kako se ne bi ometalo i ugrožavalo kretanje nemotorizovanih korisnika. Važno je napomenuti i to da je „brzim“ e-biciklima zabranjeno kretanje pešačkim zonama, zbog čega je piktogram ove kategorije vozila naznačen zvezdicom.

Sa druge strane, kada su u pitanju integrisane ulice i deljeni prostori (slika 5b), kao i u prethodnom slučaju postoji sličnost u preraspodeli prostora poprečnog profila za vozila mikromobilnosti. Naime, iako se svi učesnici mogu kretati celom širinom profila, prostor se obično raspodeljuje tako da se najbrži korisnici kreću sredinom kolovoza, a sporiji ivicama. U ovom slučaju najbrži učesnici u saobraćaju bili bi vozači motornih vozila i najčešće „brzi“ e-bicikli. Shodno tome, preporuka je da se za sve korisnike integrisanih ulica i deljenih prostora brzina kretanja ograniči do 10km/h, u cilju održanja zahtevanog nivoa bezbednosti saobraćaja.

#### 4. Zaključak

U ovom radu su prikazani najznačajniji rezultati studijsko-razvojnog projekta pod nazivom: „Vozila za mikromobilnost“, izrađenog na poziv Agencije za bezbednost saobraćaja, koji se odnose na preporuke u definisanju infrastrukture za kretanje vozila

mikromobilnosti na području Republike Srbije. Preporuke su formirane na osnovu ekspertskih procena, stavova korisnika i potencijalnih korisnika, kao i iskustava najbolje svetske prakse. Shodno dobijenim rezultatima pomenutih istraživanja važno je istaći da velike razlike između gradova u pogledu raspoložive infrastrukture, topografije terena, prostornih mogućnosti, a pre svega zahteva korisnika i potencijalnih korisnika ukazuju na to da pitanje mikromobilnosti treba tretirati u skladu sa svim navedenim specifičnostima na lokalnom nivou, poštujući sve zainteresovane strane podjednako. Na taj način može se obezbediti aktivna integracija mikromobilnosti u postojeće transportne sisteme gradova, koji su efikasni, bezbedni i podjednako dostupni svim korisnicima.

## Literatura

- [1] Institute for Transportation & Development Policy (ITDP), “Leveraging E-bikes and E-scooters for more livable cities”, 2019.
- [2] J. Frisby, “Fastest Electric Scooters: 12 Adrenaline Inducing Scooters”, *Electric Scooter Insider*, 2022. [Online]. Available: <https://www.electricscooterinsider.com/fastest-electric-scooters/>.
- [3] A. Trpković, B. Stanić, S. Tica, S. Jevremović, and P. Živanović, “Micromobility Revolution - Challenges and Potentials”, in *Towards a Humane City*, 2019, pp. 231–237.
- [4] B. Şengül and H. Mostofi, “Impacts of e-micromobility on the sustainability of urban transportation—a systematic review”, *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 13, 2021.
- [5] S. Gössling, “Integrating e-scooters in urban transportation: Problems, policies, and the prospect of system change”, *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 79, p. 12, 2020.
- [6] Agencija za bezbednost saobraćaja, “Vozila za Mikromobilnost”, 2021.
- [7] National Association of City Transportation Officials (NACTO), “Shared Micromobility in the US,” 2019.
- [8] T. Reed, “Micromobility Potential in the US, UK and Germany”, 2019.
- [9] thinkspain Team, “Nationwide restrictions on hoverboard and segway use,” *thinkspain*, 2018. [Online]. Available: <https://www.thinkspain.com/news-spain/30905/nationwide-restrictions-on-hoverboard-and-segway-use>.



## Summary

### REDISTRIBUTION OF STREET SPACE AS A FUNCTION OF MICROMOBILITY

*Abstract: Traffic systems are often the first bearers and indicators of technological changes brought by the development of modern cities. Currently, one big challenge is the new range of transport options that are categorized as micromobility. The development of this subsystem is very fast, so much that cities are having a hard time responding to new demands. This new technological wave brought with it various doubts, among which somehow, quite naturally, the question of using the available street space, i.e. infrastructure, arose. Serbia is one of the countries that has recognized the importance and potential of vehicles for micromobility and is currently working on improving the regulations and examining the possibilities for their implementation. In accordance with the above, the aim of this paper is to present the experiences of the best world practice, as well as the recommendations for the integration of micromobility vehicles within the existing street spaces in the territory of the Republic of Serbia.*

*Key words: Micromobility, traffic design, infrastructure, street space*

## PROJEKTOVANJE PROLAZA PUTEVA KROZ NASELJE

*Stefan Tasić, Saobraćajni fakultet, Beograd, stefan.tasic997@gmail.com*

*Rezime: Prolaz puteva kroz naselje je jedan od najsloženijih i najčešćih saobraćajnih i urbanih problema, i sa sobom povlači širok spektar problema različite prirode, od negativnog uticaja u saobraćajnom toku i interakcije različitih kategorija korisnika, preko uticaja na bezbednost u saobraćaju do ekoloških pitanja. Odlaganje i zapostavljanje ovog problema može prouzrokovati nastanak još većih negativnih posledica, a rešavanje će u tom slučaju biti višestruko teže i finansijski zahtevnije. Putevi u naselju, kao saobraćajna infrastruktura koja „levitira“ između vangradske i gradske saobraćajnice, nisu adekvatno tretirani u regulatornim i stručnim dokumentima. Zbog toga se ovaj rad bavi teorijskim znanjima kako bi se definisao obuhvat ovog problema, kao i definisao setove mera za njihovo unapređenje.*

*Ključne reči: put, naselje, projektovanje, gradska mreža*

### 1. Uvod

Razmatranjem definicija, saobraćajna infrastruktura se može razgraničiti na gradsku ili vangradsku infrastrukturu, odnosno na puteve i ulice. Problem se javlja kada se saobraćajnica koja je karakteristična za vangradsku sredinu, nađe u izgrađenom urbanom tkivu naselja ili grada. Ovakvi slučajevi se karakterišu kao prolasci puteva kroz naselje, i predstavljaju problem koji je rasprostranjen uglavnom u zemljama koje nemaju uspostavljen sistem kontrole pristupa na javne puteve, kao posledica nekontrolisanog širenja naselja duž vangradskih saobraćajnica.

Uzrok razvijanja ovog problema jeste dugotrajno zapostavljanje istog, kao i nedostatak regulative, uputstava, planske i projektne dokumentacije, a često i finansijskih sredstava. Problemi koji su karakteristični za puteve koji prolaze kroz naselje su iz domena životne sredine, odnosno zagađenja i (ne)uređenja prostora, ali i iz saobraćajnog domena, tačnije negativnog uticaja na saobraćajni tok, efikasnosti transportnog sistema i (ne)bezbednosti saobraćaja.

Ovaj rad se bavi teorijskim znanjima kako bi se definisao obuhvat problema koji se javlja pri prolasku puta kroz naselje, kao i definisanje setova mera za njihovo unapređenje, u cilju celokupne analize postojećeg stanja odabranih puteva koji prolaze kroz naselje, kako bi se predložile mere za probleme koji su uočeni na ovim putevima.

### 2. Metodologija rada

Rad je sačinjen iz dva dela, pri čemu se prvi deo odnosi na literarni pregled, i prikaz najznačajnijih karakteristika prolazaka puteva kroz naselje. Ovaj deo rada obuhvata analizu prirode nastanka problema, karakteristike deonica u naselju, njihov uticaj na saobraćajni sistem i okolinu, definisanje načina tretiranja ovakvih puteva i mera za njihovo unapređenje.

Nakon teorijske analize posmatranog problema, u drugom delu rada obavljeno je praktično istraživanje, pri čemu su prethodno obrađena znanja primenjena na realnim problemima, odnosno vršena je analiza deonica puteva I B i II A reda, beleženje njihovih karakteristika i sačinjavanje fotodokumentacije elemenata putnog profila značajnih za analizu problema.

### 3. Obuhvat problema

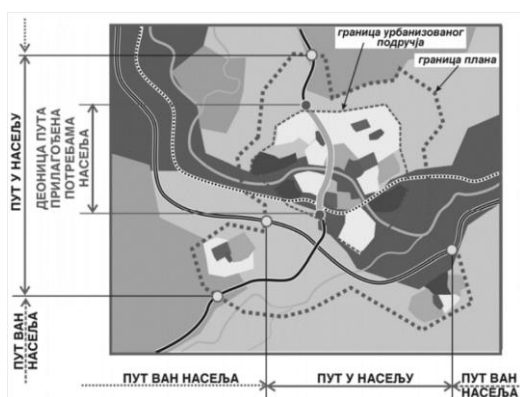
Funkcije vangradskih puteva i gradskih ulica su potpuno suprotne. Dok je putevima u cilju brzo i efikasno povezivanje udaljenih područja, u slučaju gradskih ulica se to odnosi na pristupačnost i efikasno povezivanje delova grada, uglavnom na malim rastojanjima. Kada se deonica vangradskog puta nađe u urbanoj gradskoj strukturi, javljaju se problemi jer dolazi do poremećaja u funkciji same saobraćajnice, što dalje dovodi do nastajanja niza problema koji su navedeni u ovom poglavlju.

#### 3.1. Funkcija puta u naselju

Priroda putnog saobraćaja podrazumeva povezivanje međugradске putne mreže u tzv. kontaktnom području grada. Međugradski put u području naselja po pravilu ima dve osnovne funkcije:

- obezbediti kontinuirani i nesmetani prolazak tokova vozila uz zaštitu gradskih sadržaja od negativnog uticaja putnog saobraćaja
  - omogućiti brzo i efikasno vođenje tokova koji imaju cilj ili izvor u gradskom području
- Između funkcija povezivanja, opsluživanja i boravka na određenom području izraženi su suprotni zahtevi, rešenje ovih zahteva zasniva se na funkcionalnoj klasifikaciji kao osnov za planersko uređenje putne mreže i putnog prostora.

Putevi izvan izgrađenih područja po pravilu ostvaruju funkciju povezivanja. U zoni izgrađenih područja kroz koje prolazi vangradski put (Slika 1) preklapanje funkcija je pravilo tako da se u takvim situacijama prvenstveno teži razdvajanju funkcije povezivanja od funkcije opsluživanja i boravka (segregacija).



Slika 2. Vrste deonica u području naselja [5]

#### 3.2. Kontrola pristupa

Saobraćajnice imaju za cilj da obezbede brzo i efikasno saobraćajno povezivanje, uz očuvanje nivoa usluge i bezbednosti saobraćaja, a takođe i obezbeđivanje pristupa

pojedininim sadržajima u blizini puta. Ova dva zadatka je nemoguće istovremeno postići, prema tome, projektovanje ovakvih saobraćajnica podrazumeva pronalaženje kompromisa, odnosno balansa između njih. „U Sjedinjenim Američkim Državama, pojam pristupa se definiše kao prilazni put kojim vozila ulaze na ili izlaze sa privatne imovine u neposrednoj blizini javnog puta.“ [4], „Upravljanje pristupom u literaturi SAD-a se objašnjava kao sistemska kontrola lokacija, rastojanja, planiranja, projektovanja i korišćenja pristupnih puteva.“ [4]

### 3.3. Uticaj na efikasnost i bezbednost

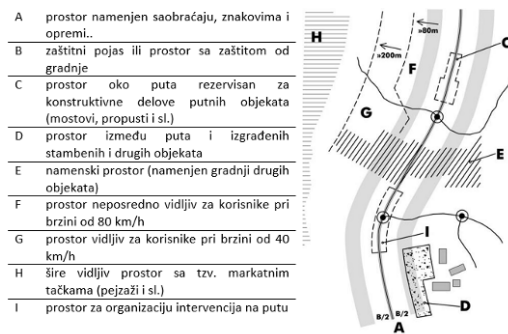
Tranzitna kretanja koja zadržavaju putni pravac ometena su učestalim uključenjima i isključenjima sa puta od strane lokalnih korisnika, ovakva ometanja odražavaju se i na disperziju brzine tranzitnih korisnika, koji su u ovakvim slučajevima dužni da kretanje prilagode uslovima u saobraćaju. Svako korigovanje brzine na glavnom pravcu posledično dovodi do poremećaja u saobraćajnom toku, formiranju šok talasa i slično

Problem pri ulasku u naselje je što su vozači priviknuti na uslove i način vožnje na vangradskoj deonici, ukoliko put nije adekvatno tretiran, i na projektantski ili neki drugi način ne utiče na vozače da svoje kretanje prilagode uslovima koji važe u gradu ovo će se negativno odraziti po bezbednost u saobraćaju.

## 4. Mere unapređenja

### 4.1. Uređenje prostora u zoni puta

Svaki kategorisani put treba da ima regulacioni plan koji definišu uređenje i građenje prostora oko puta. Najvažnija tema jeste tipizacija prostora u zoni puta, odnosno funkcionalno definisanje određenih zona (delova terena) i njihovog odnosa sa okolnim sadržajima, što je prikazano na Slici 2. [3]



Slika 3. Tipizacija prostora na deonici [3]

### 4.2. Segregacija i integracija

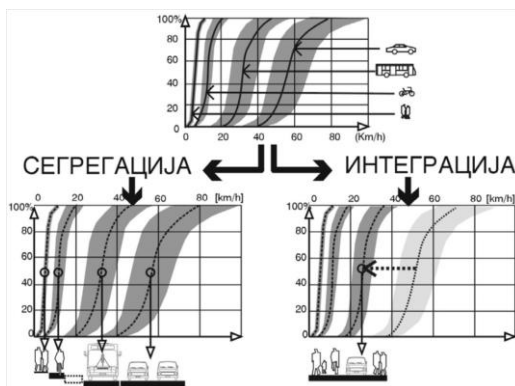
Uspešno funkcionisanje gradske saobraćajne strukture se postiže osmišljenim nivoom razdvajanja (segregacije) ili spajanja (integracije) različitih vidova prevoza, ali i razdvajanja po prostornom kriterijumu na primarnu (gradsku) i sekundarnu (lokalnu) putnu mrežu [2].

Formiranje prostorno nezavisnih mreža predstavlja najviši nivo segregacije, odnosno [2]:

- gradski nezavisni sistem - (npr. metro)
- nezavisna mreža biciklističkih i/ili pešačkih kretanja

Srednji nivo segregacije predstavlja razdvajanje različitih vidova kretanja u poprečnom profilu saobraćajnice, dok se ukrštanja sa ostalim tokovima regulišu vremenskom segregacijom (svetlosna saobraćajna signalizacija).

Ovakva organizacija kretanja u okviru profila može garantovati efikasno funkcionisanje svih kategorija korisnika individualno, kao i veću bezbednost i adekvatne brzine u skladu sa vrstom kretanja (Slika 3).



Slika 3. Uticaj segregacije i integracije na brzinu [2]

#### 4.3. Upravljanje kontrolom pristupa

Upravljanje pristupom se u literaturi SAD-a objašnjava kao sistemska kontrola lokacija, rastojanja, planiranja, projektovanja i korišćenja pristupnih puteva. Federal Highway Administration's upravljanje pristupom definiše kao proces koji omogućava pristup okolnom zemljištu dok simultano omogućava očuvanje saobraćajnog toka na putnoj mreži, kroz očuvanje brzine, kapaciteta puta i bezbednosti saobraćaja. U mnogim državama SAD-a upravljač puta je taj koji reguliše pravo pristupa vlasnicima parcela uz saobraćajnicu. U suprotnom niko drugi nema pravo da se direktno i bez odobrenja priključi na javni put. [1] Rešavanje postojećih problema velikog broja pristupa se može ostvariti izgradnjom sabirne saobraćajnice, čime će pristupi povezani na putu naselju biti ukinuti, a funkciju sabiranja tokova vrši će sabirna saobraćajnica koja će ih izvesti na državni put u jednoj tački.

#### 4.4. Projektantske i građevinske mere

- Mere sa većim građevinskim radovima [6]
  - Izgradnja obilaznice,
  - Sabirne saobraćajnice,
  - Denivelisanih ukrštanja,
  - Kružne raskrsnice,
  - Izgradnja centralnih ostrva,
  - Biciklističkih staza i traka...
- Mere za prinudno usporavanje i umirivanje saobraćaja [6]
  - Veštačke izbočine i platforme na kolovozu,
  - Suženje kolovoza,
  - Obeležavanje zona škola,

- Smirivanje saobraćaja na ulazu u naselje...
- Mere koje obuhvataju elemente svetlosne signalizacije i primenu specifičnih elemenata saobraćajne opreme [6]
  - Koordinacija svetlosnih signala,
  - Detektori brzine sa displejom,
  - Unapređenje zone preglednosti na raskrsnicama
- Mere koje se odnose na oznake na putu (horizontalna signalizacija) [6]
  - Primena savremenih materijala pri izradi horizontalne signalizacije
  - Poprečne vibracione trake
- Mere primene elemenata od metalnih, čeličnih, betonskih ili drugih materijala [6]
  - Primena ograde za usmeravanje kretanja pešaka
- Mere koje se odnose na unapređenje osvetljenja [6]
  - *Podšavanje snopa svetla tako da izdvaja pešački prelaz od ostatka okoline*
  - *Osvetljavanje trotoara, raskrsnica..*
- Mere uređenja rastinja u zoni puta i uklanjanja elemenata koji negativno utiču na pažnju vozača [6]

## 5. Analiza karakteristika puteva i-b i ii-a reda koji prolaze kroz naselje

U ovom poglavlju je izvršena analiza deonica puteva koji prolaze kroz naselje, i to puta I B reda, br. 38 i puteva II A reda, br. 158 i 217.

### 5.1. Put II-A reda, br. 158 – kroz Aleksinac

Put br. 158 je državni put II A reda koji se pruža od Leskovca do Male Krsne (opština Smederevo) i čija trasa prati trasu autoputa E-75 Beograd – Niš, saobraćajno povezujući gradove na trasi kao što su Niš, Aleksinac, Ražanj, Paraćin, Čuprija, Jagodina, Velika Plana i veliki broj sela.



Slika 4. Prolaz puta br. 158 kroz Aleksinac



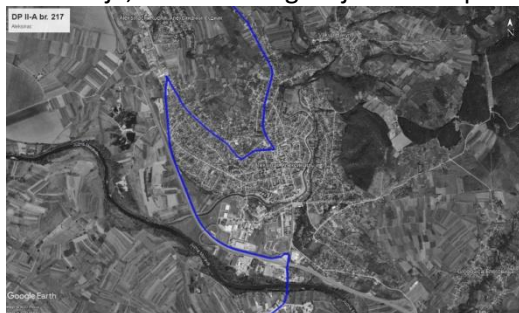
Slika 5. Parkiranje na raskrsnici u Aleksincu, put br. 158

Kao što se vidi sa Slike 4, put br. 158 ne zalazi direktno u urbano gradsko jezgro, cilj ove saobraćajnice je da vodi tranzitne tokove van gradske sredine. Profil pri ulasku u naselje iz pravca Niša ne pruža vozaču informaciju da je na ulazu u naseljeno mesto. Nakon horizontalne krivine vozačima se samo saobraćajnim znakom saopštava da se nalaze u naselju. Ne postoje izgrađeni trotoari i kolovoz je u lošem stanju.

Još jedan od problema su parkirana vozila koja delimično stoje u saobraćajnoj traci a delimično na bankini, jer se na uglu raskrsnice nalazi firma koja zapošljava veliki broj radnika, a pomenuta raskrsnica je nepravilne geometrije, odnosno dolazni pravac puta formira oštar ugao ukrštanja, što posledično čini veću zonu raskrsnice (Slika 5).

## 5.2. Put II-A reda, br. 217 – kroz Aleksinac

Put br. 217 počinje u Aleksinačkoj opštini, tačnije kod mesta Vukanja, a završava se u Knjaževcu usput omogućujući vezu Aleksinca i Sokobanje. Pored toga što omogućuje vezu sa autoputem, ovaj put je važan turistički pravac na kojem se nalazi Bovansko jezero, Sokobanja, takođe omogućuje vezu sa planinom Rtanj i Ozren.



Slika 6. Prolazak puta br. 217 kroz Aleksinac



Slika 7. Raskrsnica puteva br. 217 i 158, ulaz u Aleksinac - zapad

Mesto na kojem put br. 217 zapravo ima prvi kontakt sa urbanom gradskom sredinom jeste raskrsnica nedaleko od uključenja za autoput kod Aleksinačkih Rudnika (Slika 7). Trokraka raskrsnica sa oštrim uglom ukrštanja, koja je kanalisana ali zapuštena i ne odgovara današnjim standardima. Profil puta u naselju čini jedna saobraćajna traka po smeru širine 3.25m. Trotoari su izvedeni sa obe strane, dovoljne širine, s tim što je jedna strana odvojena zelenim pojasom od kolovoza zbog terenskih uslova.

Deonica 21702 prolazi pored dve škole. U zoni srednje tehničke škole zabeležena je primena elemenata za usporavanje saobraćaja u vidu platformi na kojima je obeležen pešački prelaz. Trotoar sa strane škole je iznad nivoa kolovoza zbog terenskih karakteristika i odvojen je zelenim pojasom.

Osnovna škola je svojim oblikom parcele sa dve strane izložena putu. Obeležavanje zone škole je u ovom slučaju ozbiljnije izvedeno primenom horizontalne i vertikalne signalizacije, aplikativnim materijalima koji na zvučni i vibracioni način upozoravaju vozača (Slika 8).



Slika 8. Uređenje zone škole u Aleksincu, put br. 217



Slika 9. Raskrsnica na uglu osnovne škole, put br. 217

Primenjena je i zaštitna ograda čija bi funkcija trebala da bude vođenje i zaštitu pešaka, u ovom slučaju dece, do pešačkog prelaza u cilju bezbednog prelaska preko ulice, ali ista nije izvedena na adekvatan način. Na mestima na kojima deca izlaze iz školskog dvorišta je predviđen i ulaz za vozila koja snabdeavaju školu potrepštinama, tako da se na tim, nalazi se prekid u ogradi. Još jedan od problema jeste kratkotrajno (nepropisno i nebezbedno) zaustavljanje u cilju ispraćanja ili pokupljanja dece iz škole, najčešće u traci ili delimično na trotoaru. Ugao osnovne škole, predstavlja pružanje pravca puta, zbog čega je i škola „opkoljena“ državnim putem sa dve strane. (Slika 9)

Još jedan od karakterističnih problema na delu trase nakon osnovne škole prema izlazu iz naselja (ka Sokobanji) predstavlja preglednost na manjim raskrsnicama. Jedan od takvih pristupa prikazan je na Slici 10.



Slika 10. Pristup na put br. 217

Sporedna saobraćajnica koja je prikazana na Slici 10, u praktičnim uslovima ne ispunjava ni minimalne kriterijume preglednosti, čime direktno utiče na povećani rizik od nastanka nezgode. Ovome dodatno doprinose vozila koja mogu biti parkirana na trotoaru, ugrožavajući time i samo kretanje pešaka, čime su isti primorani da se kreću kolovozom.

### 5.3. Put I-B reda, br. 38 – kroz Kruševac, primer dobre prakse

Put br. 38 je državni put I B reda koji počinje od mesta Makrešane u blizini Kruševca a završava se u Beloljnu (opština Prokuplje), pri tom prolazeći kroz Blace.





Slika 11. Prolazak puta br. 38 kroz Kruševac



Slika 12. Prolazak puta kroz Kruševac, put br. 38

Put br. 38 pri prolasku kroz Kruševac, malim delom zahvata naseljeno područje (Slika 11) pri tom svojim projektnim karakteristikama je gotovo u potpunosti prilagođen uslovima u naselju. Pre svega izabrana je trasa koja nema kontakta sa centralnom zonom grada. Profil saobraćajnice čine dve saobraćajne trake po smeru, izuzetak je slučaj na samom ulasku puta u naselje kod tržnog centra „Roda“, gde je izvršeno namensko zatvaranje jedne saobraćajne trake kako bi se tok vozila koji ulazi u grad usporio i prilagodio uslovima u gradu (Slika 12). Širina trake je u skladu sa rangom saobraćajnice, a razdelni pojas postoji na istim mestima gde su izvedene dve saobraćajne trake po smeru. Na oba kraja ulaza u naselje izvedene su raskrsnice sa kružnom tokom saobraćaja, a pored njih i pri prolasku kroz naselje postoje još dva kružna toka. Dizajn odnosno uređenje prostora stvara ugođaj pri boravku, ali prisustvo drvoreda u pojedinim situacijama zaklanja vertikalnu signalizaciju (Slika 13).

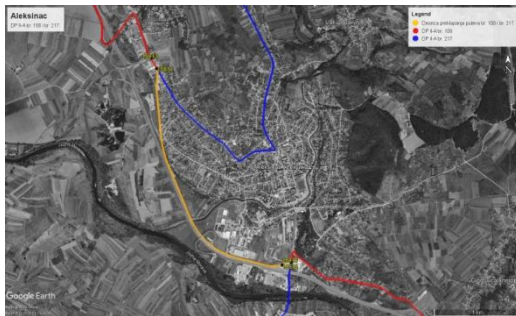


Slika 13. Signalizacija za vođenje saobraćajnih tokova kroz Kruševac, put br. 38

Širine trotoara su znatno veće od minimalnih dimenzija, a na kratkom potezu kod TC. „Park“ izvršena je segregacija pešaka od kolovoza, zelenim razdelnim pojasom.

#### **5.4. Predlog uređenja puteva br. 158 i 217 pri prolasku kroz Aleksinac**

Na osnovu analize postojećeg stanja puteva, u ovom poglavlju biće dat predlog unapređenja takvih deonica u naselju. Kao predmet rada uzete su deonice puteva br. 158 i br.217 pri prolasku kroz Aleksinac, čije su trase prikazane na Slici 14.



Slika 14. Trase puteva br. 158 i 217 kroz Aleksinac



Slika 15. Predlog preuređenja u kružnu raskrsnicu na ulazu puta br. 158 u Aleksinac

Problematicni profil kolovoza koji je opisan u analizi postojećeg stanja potrebno je urediti kako bi se vozačima dalo do znanja da se nalaze na ulazu u naselje. Profil mora da obezbedi širinu saobraćajne trake od 3.25m sa obostranim trotoarima minimalne širine 1.6m.

Raskrnicu gde ovaj put menja pravac, koja je okarakterisana kao problematična, poželjno je pretvoriti je u kružnu raskrnicu (Slika 15), pre svega zato što predstavlja mesto nakon kojeg kreće ulazak u izgrađenu gradsku strukturu. Isto se odnosi i na situaciju na zapadnom delu puta, gde put br. 217 ulazi u gradsku sredinu (Slika 16). I na jednom i na drugom predlogu je izvršena segregacija biciklističkih i pešačkih tokova od ostalog dinamičkog saobraćaja.



Slika 16. Predlog preuređenja u kružnu raskrnicu na zapadnom ulazu puta br. 217 u Aleksinac

Što se tiče osnovne škole, pešačke prelaze je poželjno izvesti sa izgradnjom centralnog ostrva i izvesti ih sa ogradom tako da pešaci budu primorani da sagledaju nadolazeći tok vozila. (Slika 17) Problem nepropisnog zaustavljanja u cilju ispraćanja i pokupljanja dece iz škole, može se rešiti uređenjem Kiss&Ride prostora sa zadnje strane škole u lokalnoj ulici. Problem velikog broja pristupa na put može se rešiti izgradnjom sabirne saobraćajnice koja ima zadatak da prikuplja saobraćajne tokove sa privatnih parcela i omogući im vezu na jednom uređenom mestu. Na prikazanom primeru na Slici 18, broj od oko tridesetak pristupa na put, mogao bi da se svede na tri tačke spajanja sa putem u naselju.



Slika 17. Izgradnja centralnog ostrva u zoni škole



Slika 18. Izgradnja sabirnih saobraćajnica

## 6. Zaključak

Putevi u naselju, kao saobraćajna infrastruktura koja „levitira“ između vangradske i gradske saobraćajnice, nisu adekvatno tretirani u regulatornim i stručnim dokumentima. Ovo posledično ima široku rasprostranjenost problema puta u naselju na prostoru naše države.

Ovim radom pružene su smernice kako i nakoji način je potrebno tretirati puteve koji prolaze kroz naselje. Pre svega definisati da li se radi o deonici čija se dominantna funkcija ogleda u sprovođenju daljinskih kretanja, ili je deonicu vangradskog puta u naselju potrebno prilagoditi naselju i uslovima koji važe u istom, odnosno prilagoditi mrežu distribuciji gradskih kretanja, uz prisustvo tranzitnih saobraćajnih tokova. Jasnim razgraničenjem, upravljač puta na lakši način može odlučiti koji će set mera primeniti na ovaj tip saobraćajnice u naselju.

Put u naselju za sobom povlači širok spektar problema različite prirode, zbog toga je bitno na vreme delovati primenom različitih mera. Odlaganje i zapostavljanje ovog problema može prouzrokovati nastanak još većih negativnih posledica, a rešavanje će u tom slučaju biti višestruko teže i finansijski zahtevnije.

## Literatura

[1] Despotović, S.: Projektovanje prolaza puteva kroz naselja sa posebnim osvrtom na kontrolu pristupa, master rad, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2018.

[2] Maletin, M., Anđus, V., Katanić, J.: Tehnička uputstva za planiranje i projektovanje gradske putne mreže (PGS-M/06), Građevinski fakultet, Beograd 2006.

[3] Stanić, B., Osoba, M., Tubić V.: Saobraćajno oblikovanje prolaza puteva kroz naselja i gradove, Saobraćajni fakultet, Beograd

[4] Tubić, V., Vidas, M.: Uticaj kontrole pristupa na bezbednost saobraćaja i nivo usluge puteva, Zbornik radova konferencije „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“, Zaječar, Srbija, 2014.

[5] Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta, (Sl. glasnik RS, broj 50/11), Beograd, 2011.

[6] Priručnik za unapređenje bezbednosti puteva sa predlogom mera i mogućnostima lokalnog upravljača puta i zemljišta za smanjenje uticaja puta i okoline na nastanak saobraćajnih nezgoda, Agencija za bezbednost saobraćaja, Beograd 2016.

## Summary

### DESIGNING THE PASSAGE OF ROADS THROUGH THE SETTLEMENT

*Abstract: One of the most common and frequent traffic and urban problems is the passage of roads through the cities, and it takes with it a wide range of problems of a different nature, from negative impact on traffic flow and interaction of different category of users, through impact on road safety to environmental issues. Roads in settlements, as traffic infrastructure which “levitates” between suburban and urban roads, are not adequately treated in regulatory and professional documents. Therefore this work is about theoretical knowledge in order to define the scope of this problem, as well to define sets of measurements for their improvement.*

*Keywords: road, settlement, design, urban city traffic network*

## UNAPREĐENJE BICIKLISTIČKE INFRASTRUKTURE – STUDIJA SLUČAJA GRADA SMEDEREVA

Nikola Stojanovski, mast. inž. saobraćaja, Urbanistički zavod, Beograd,  
nikola.stojanovski@urbel.com

Doc. dr Ana Trpković, dipl. inž. saobraćaja, Saobraćajni fakultet, Beograd,  
a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

Sreten Jevremović, dipl. inž. saobraćaja, Saobraćajni fakultet, Beograd,  
s.jevremovic@sf.bg.ac.rs

*Rezime: Biciklistička infrastruktura je neizostavan deo urbanih prostora. Razvijanje biciklističkog saobraćaja podrazumeva prilagođavanje javnih saobraćajnih površina formi pogodnoj za biciklizam i osigurava razvijanje održivog saobraćaja u gradovima. U okviru rada se prikazuju ulazni elementi za projektovanje i planiranje biciklističke infrastrukture u urbanim prostorima, kao i lokacije buduće infrastrukture za predmetnu urbanu sredinu, grad Smederevo. Daje se akcenat savremenim tehnikama prostornog oblikovanja biciklističke infrastrukture na javnim površinama korišćenjem postojećih regulacija saobraćajnih površina. Pored bicikliranja u rekreativne svrhe, najveći akcenat merama je dat svakodnevnom bicikliranju koji podrazumeva odlazak/dolazak na posao biciklom, u školu, u pozorište, kupovinu i ostalo. Forma planirane biciklističke infrastrukture predstavlja sintezu usvojenih urbanističkih planova Smedereva i njihovo međusobno povezivanje održivim vidovima kretanja. Takođe, rad otkriva i potencira razvoj grada i iskorišćenje najvećih turističkih potencijala, smanjenje korišćenja putničkih automobila, kao i promovisanje zdravog i održivog urbanog stila života.*

*Ključne reči: saobraćaj, biciklizam, projektovanje, planiranje*

### 1. Uvod

Izgradnja biciklističkih infrastrukturnih sistema započinje mnogo pre njihove fizičke realizacije kroz sistemski niz uređenih postupaka izrade idejnih rešenja. Rad se zasniva na formiranju idejnih rešenja biciklističke infrastrukture na teritoriji grada Smedereva u cilju izgradnje iste. Rad predviđa pozitivne i negativne efekte realizacije idejnih rešenja i u svim fazama donosi pravovremene i optimalne odluke u pogledu lokacije, nivoa usluge, bezbednosti saobraćaja, ekoloških posledica i potrebnih finansijskih sredstava za izgradnju biciklističke infrastrukture. U Republici Srbiji postoje definisane saobraćajne norme za projektovanje biciklističke infrastrukture. Rad se pretežno oslanja na SRDM priručnike za projektovanja puteva i biciklističke infrastrukture. Neka od strateških dokumenata na koja se rad ogleda su Plan održive urbane mobilnosti Beograda, kao i Strategija održivog urbanog razvoja Republike Srbije do 2030. godine. Imajući u vidu da se u Smederevu paralelno odvijaju akcije kako na rehabilitaciji i rekonstrukciji postojećih, tako i na izgradnji novih puteva, neophodno je doneti niz strateških i konceptijskih odluka na nivou saobraćajne mreže Smedereva, kao i da je potrebno izraditi idejna rešenja kako bi se stvorile neophodne postavke za izgradnju biciklističke infrastrukture saglasne evropskoj praksi.

## 2. Metodologija

### 2.1. Analiza postojećeg stanja

Na području grada, za biciklistički saobraćaj, postoji kombinovana pešačko – biciklistička staza duž obale Dunava na potezu od veslačkog kluba do ulaza za teretna vozila u Staru Železaru. Postojeća kombinovana pešačko-biciklistička staza je lošeg zastora. Na pojedinim delovima staza je neravnomerna zbog uticaja prirode. Staza je dužine oko 2,3 km. Nema definisane pešačke i biciklističke prelaze. Usled neintegrisanosti, dolazi do prekida toka kod druge kapije Stare Železare, kao i kod glavnog šetališta u Smederevu, Ulice Kralja Petra I. Duž staze u najvećem procentu se kreću pešaci. Glavni problem jeste nedovoljna širina staze, kao i velika disperzija u brzinama pešaka i biciklista. Na grafiku 1. se može videti prosečna brzina kretanja bicikliste na posmatranoj stazi, a potez staze oivičen je crnim linijama odnosno na grafiku 1. od 1,5 km do 3,9 km. Jasno se može primetiti velika disperzija brzine usled nailaska pešaka, nedovoljne širine staze, kao i lošeg zastora. U ostalim delovima grada ne postoje staze za bicikliste. Bicikliste je najčešće moguće videti u centralnoj gradskoj zoni ili kako se kreću duž glavnih gradskih magistrala usled nepostojanja biciklističkih staza ili traka.



Grafik 1: Istraživanje prosečne brzine kretanja na postojećoj stazi

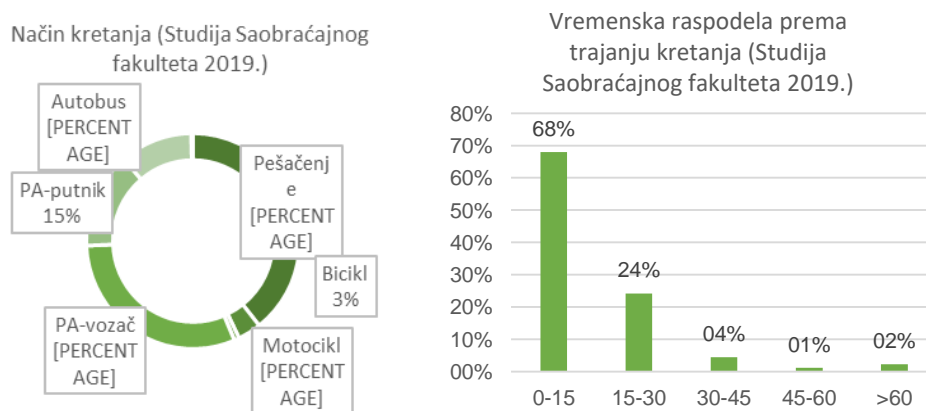
Položaj na obali Dunava uz znatne površine sa malim nagibom čini da reljef grada Smedereva ne predstavlja ograničavajući faktor korišćenja prostora. Izuzetak su nestabilni tereni na dunavskoj obali i tereni sa nešto jačom erozijom. Reljef na potezu prema jugu koji uokviruje mesnu zajednicu Carina ne zadovoljava kriterijume uspona (uspon veći od 10%). Na tom potezu spadaju Ulice Đure Daničića i Vojvode Stepe. Takođe, kriterijum ne ispunjavaju Ulica Fočanska sa Ulicom Narodnog fronta jer imaju nagib preko 10%. Najpogodnije uslove za formiranje biciklističke staze ima celokupni potez akvatorije od odmarališta Jugovo do Tvrđave (Marine), kao i prema kovinskom mostu radi formiranja neprekidnog toka kroz industrijsku zonu do petlje Kovinski most.

Srednja godišnja temperatura od 20,8 °C jeste idealna temperatura za svakodnevno bicikliranje.

Saobraćajna mreža Smedereva je radijalno-prstenasta i ona je tipična za većinu starih gradova. Ovakav, skoro spontani razvoj, podržan je putnom mrežom sastavljenom od radijalnih pravaca usmerenih prema centru grada. Takva prostorna struktura nepovoljno utiče na individualni motorizovani saobraćaj koji se usmerava ka gradskom jezgru.

## 2.2. Analiza karakteristika kretanja

Prema istraživanju karakteristika kretanja grada Smedereva, prema podacima iz Generalnog urbanističkog plana iz 2011. godine, procenat korišćenja putničkih automobila je 2004. godine iznosio 17%. Danas iznosi 31% (grafik 2). Povećani broj kretanja putničkim automobilom je posledica povećanja dohotka stanovnika.



Grafik 2: Karakteristike kretanja na osnovu studije

Kretanje biciklom održava svoj procenat u modalnoj raspodeli i ono se nalazi u granicama od 3% do 4% u periodu od 1982. do 2019. godine. Prilikom vršenja saobraćajnog istraživanja zabeležen je veliki broj domaćinstava koja poseduju bicikl, ali ga ne koriste. Bicikl u Smederevu se pretežno koristi u rekreativne svrhe, dok je mali broj stanovnika koji svoj transportni zahtev za odlazak na posao realizuju biciklom.

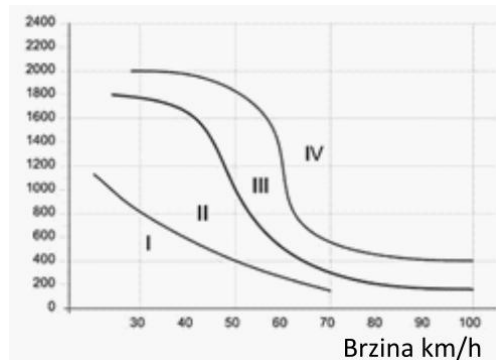
Na osnovu vremenske raspodele prema trajanju kretanja stanovnika na grafiku 2. najveći procenat kretanja do 15 minuta iznosi 68%. Većina sadržaja grada se nalazi na prihvatljivom pešačkom i biciklističkom rastojanju.

Stanovnici koriste putničke automobile za kratka rastojanja. Ovakav problem najviše proističe usled saobraćajnog sistema koji je pravljen za putničke automobile bez biciklističke infrastrukture.

## 2.3. Kriterijumi za planiranje biciklističke infrastrukture u gradu Smederevu

Preporučljivo je da se duže deonice izvedu u jedinstvenom profilu, pošto prelazak sa samostalne biciklističke površine na mešovitu ili prelazak sa jednostranog profila na dvostrani i slično proizvodi više dodatnih konfliktnih tačaka. Vrsta biciklističkih površina je određivana na osnovu brzine i saobraćajnog opterećenja [7]. Sa grafika 3. se može videti koji od kriterijuma za odabir biciklističkih staza je korišćen kod kojih su:

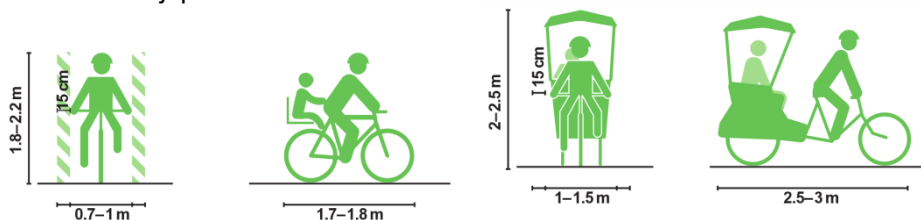
- I – biciklisti na kolovozu, zajedno sa motornim saobraćajem,
- II – biciklistička traka,
- III – biciklistička staza,
- IV – biciklistički put.



Grafik 3: Kriterijum za odabir biciklističke infrastrukture

Minimalna širina saobraćajnog profila bicikliste iznosi 0.7m. Definisana su saobraćajna profila (slika 1.) biciklista u koje spadaju [8]:

1. tipski biciklisti – najčešći tip biciklista koji se pojavljuje na uličnoj mreži,
2. triciklisti – zauzimaju veću biciklističku površinu,
3. biciklisti koji prevoze teret.



Slika 1: Saobraćajni profili različitih tipova biciklista

### 3. Predlog mera

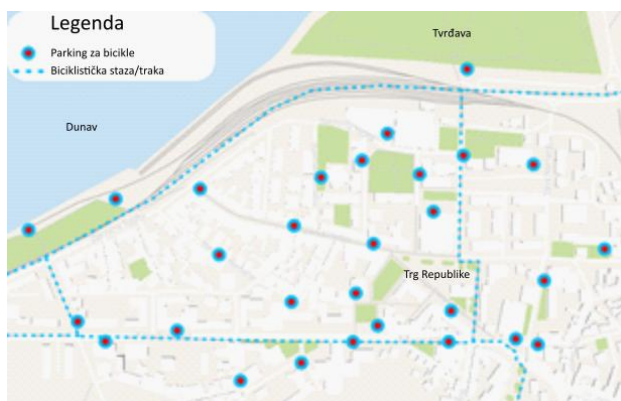
U narednom delu prikazane su predložene lokacije biciklističke infrastrukture u centralnoj zoni grada, kao i grafička rešenja ulica sa predloženim stazama i trakama.

#### 3.1. Trase biciklističkih staza/traka

Pored bicikliranja u rekreativne svrhe, najveći akcenat merama je dat svakodnevnom bicikliranju koje podrazumeva odlazak građana na posao biciklom, dece u školu, odlazak biciklom u pozorište, kupovinu. Planirane biciklističke staze/trake prolaze pored objekata koji privlače najveći broj kretanja Smederevaca i vode ih do radnih zona. Pored formiranja staza odnosno projektovanja trasa kojima Smederevci žele da se kreću, staze su povezane sa EuroVelo 6 biciklističkom rutom. Sa razvojem biciklističke infrastrukture, smanjiće se urbano širenje, dolazi do povećanja gustina stanovanja i prestaje koridorsko širenje, kao što je to slučaj prema Jugovu ili Petrijevu. Sa saobraćajnim razvijanjem, grad će početi da formira sekundarne centre (Stara Železara, Leštar, Carina) i smanjiće dolazak korisnika u centar grada putničkim automobilom. Centar postaje rasterećeniji, sa manjim zagađenjem vazduha, čistijim ulicama i manjom bukom. Na slici 2. je prikazano idejno



rešenje položaja budućih biciklističkih staza/traka. Predloženo je da se izgradi 17,4 km biciklističke infrastrukture i 61 parking mesto za bicikliste.



Slika 2: Planirane trase biciklističke infrastrukture u centralnoj gradskoj zoni

### 3.2. Goranska ulica

Goranska ulica predstavlja okosnicu faznog razvoja biciklističke infrastrukture, sobzirom da spaja postojeću pešačko-biciklističku stazu i najveće letovalište grada, Jugovo. Planirana je kontinualna dvosmerno jednostrana staza sa adekvatno obeleženom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom što se može primetiti na slici 3. Idejno rešenje položaja staze u Goranskoj ulici je regulaciono zapisan u Planovima grada prošlog milenijuma, ali nije pronašao svoje rešenje u planovima nižeg reda do danas.



Slika 3: Idejna rešenja Goranske ulice

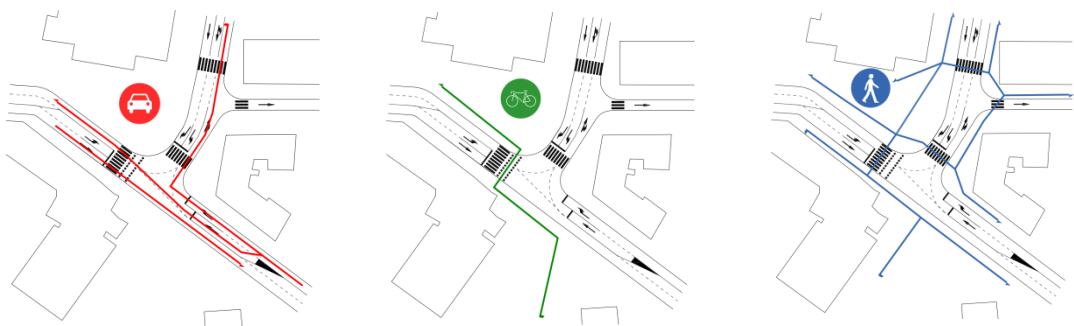
### 3.3. Raskrsnica Save Nemanjića – Ulica Slobode sa kontaktnim područjem

Posmatrana raskrsnica se nalazi u strogom centru grada. Regulisana je svetlosnim signalima. U postojećem stanju je raskrsnica predimenzionisana i zauzima veliku površinu javnog prostora. Sastoji se od centralnog ostrva sa spomenikom Dositeju Obradoviću. Raskrsnica se nalazi ispred jednog od najlepših objekata u Smederevu, Gimnazije. Jedan od problema koji je primećen jeste da, prilikom prelaska pešaka tokom trajanja zelenog talasa sa jedne strane kolovoza na drugu preko centralnog ostrva, dolazi do situacije da se pojedini korisnici ne opsluže usled kratkog zelenog talasa. Površina koju pešaci imaju za manipulisanje je nedovoljna za toliki broj prisutnih pešaka u vršnom satu ili tokom perioda trajanja velikih odmora okolnih škola.

Na osnovu analize postojećeg stanja i zahteva korisnika, daje se predlog izgleda novoprojektovanog stanja na slici 4. Osnovna zamisao je da površinu, koja se nalazi pod saobraćajnicama, treba oduzeti motornom saobraćaju i formirati veliki plato ispred Gimnazije. Takođe, zamisao je da se dva pešačka prelaza koja su veza sa centralnim ostrvom svedu na jedan kako bi se smanjila površina koju pešaci imaju da prelaze, kao i njihovi vremenski gubici.

Bezbednost raskrsnice je uslovno povećana jer je broj čvorova smanjen. Površina ispred Gimnazije se sastojala od tri čvora, pri čemu predloženo rešenje definiše dva čvora.

Biciklisti imaju jedan, dvosmerni biciklistički prelaz da pređu kome se prikazuje isti signal, kao i na pešačkoj lanterni. Bicikliste treba voditi preko novoformiranog platoa do čvora Karađorđeva – Kneza Mihajla.



Slika 4: Idejno rešenje sinteze Trgova i raskrsnice Save Nemanjića – Ulica Slobode

### 3.4. Omladinska ulica

Postojeći profil dela Omladinske ulice sastoji se jedne saobraćajne trake koja funkcioniše u jednosmernom režimu, kao i od reda obostranog, podužnog, parkiranja za putničke automobile.

Predloženo rešenje definiše ukidanje jednog reda parkiranja za putničke automobile i obeležavanje dvosmerne jednostrane biciklističke trake. Predloženu biciklističku traku je potrebno odvojiti zaštitnom (bafer) zonom od motorizovanog saobraćaja (slika 5).



Slika 5: Idejno rešenje Omladinske ulice

### 3.5. Karađorđeva ulica

Karađorđeva ulica je gradska magistrala koja je pozicionirana duž celog centra grada i kao takva vrši važnu funkciju opsluživanja stanovnika. Karađorđeva ulica je važan gradski link koja povezuje sve delove grada. Profil ulice se sastoji od dve saobraćajne trake sa širinom od 3,5m. Duž ulice su pozicionirana parking mesta pod uglom od 90 stepeni. U pojasu regulacije se nalazi komunalna oprema, kao i urbani mobilijar. Duž ulice se kreću svi vidovi transporta osim teških teretnih vozila (nosivosti preko 3,5 tone). Parking mesta pod uglom od 90 stepeni smanjuju kapacitet ulice usled težeg manevra za parkiranje vozila.

Poprečno kretanje pešaka je izrazito. Duž ulice se ne nalazi biciklistička staza/traka, a parking mesta za bicikle možemo primetiti na svega par mesta.

Ograničenje brzine ulice je na 50 km/h. Kada pogledamo eksploatacionu brzinu motorizovanog saobraćaja, ona iznosi oko 40 km/h u ulici u vanvršnom satu, dok u vršnom satu ona pada na 30 km/h.

Rešenje za posmatranu gradsku magistralu (slika 6.) jeste uvođenje dvosmerne biciklističke trake u profilu ulice širine 3,0m, proširenje trotoara, sadnja novih stabala prečnika krošnje do 5,0m i postavljanje žardinjera.



Slika 6: Idejno rešenje Karađorđeve ulice

#### 4. Zaključak

Porast stepena motorizacije u gradovima Srbije je podstakao novu metodu planiranja i projektovanja javnih površina. Konvencionalno projektovanje je zamenilo održivo projektovanje. Uzima se u obzir ekonomski, ekološki i društveni značaj i u prvom planu se stavljaju stanovnici urbanih područja. Održivo projektovanje se oslanja na stav da svaki način prevoza može biti koristan u stvaranju izbalansiranog sistema. Postojeći model saobraćaja grada favorizuje korišćenje putničkih automobila, što znatno utiče na kvalitet života građana Smedereva, životnu sredinu i buku.

Rešenja koju su se pronašla jesu smirivanje saobraćaja, korišćenje postojećih širina ulica i korišćenje proporcija sa ciljem maksimalnog iskorišćenja javnih površina bez izostavljanja biciklista u poprečnom profilu, kako bi se poboljšao život građana i smanjio nivo buke i zagađenje vazduha. Forma treba da prati funkciju, a ulice sa primarnom funkcijom opsluživanja pešačkog i biciklističkog saobraćaja je najefikasniji način za smanjenje upotrebe putničkih automobila i stvaranje kvalitetne urbane sredine.

#### Literatura

- [1] „Generalni urbanistički plan grada Smedereva,“ JP urbanizam, Smederevo, 2011.
- [2] RZS, „Statistički godišnjak Republike Srbije,“ Beograd, 2019.
- [3] Making space for Cycling, London: Cyclenation, Second publication, 2014.
- [4] M. Maletin, „Planiranje saobraćaja i prostora,“ Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2004.
- [5] M. Maletin, „Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradovima,“ ORION ART, Beograd, Drugo izdanje, 2009.
- [6] A. Trpković, „Ulična mreža - Projektni elementi saobraćajnica,“ Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
- [7] J. P. Putevi Srbije, Funkcionalni elementi i površine puteva; Biciklističke površine, Beograd: Javno preduzeće Putevi Srbije, 2012.
- [8] NACTO, Global Street Design Guide, New York: NACTO, First publishing, 2016.
- [9] A. Trpković, „Ulična mreža - Osnovni pojmovi,“ Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
- [10] B. Mirković, Osnovi urbanizma 2/B, Beograd: Građevinska knjiga, 1983.
- [11] M. Maletin, V. Anđus i J. Katanić, Tehnička uputstva za projektovanje lokalne gradske putne mreže (PGS-LM/08), Beograd: Građevinski fakultet, Institut za saobraćajnice i geotehniku, 2008.
- [12] C.R.O.W., Bicycle Infrastructure Design Guide, Holland, 2006.
- [13] M. Maletin, V. Anđus i J. Katanić, Tehnička uputstva za projektovanje deonica primarne gradske putne mreže (PGS-PM/07), Beograd: Građevinski fakultet, Institut za saobraćajnice i geotehniku, 2007.
- [14] D. Tošković, Uvod u prostorno i urbanističko planiranje, Beograd: AKADEMSKA MISAO, 2006.
- [15] J. P. Urbanizam, „Plan detaljne regulacije stari put za Šalinac kroz industrijsku zonu Smedereva,“ JP Urbanizam, Smederevo, 2019.
- [16] M. Maletin, V. Anđus i J. Katanić, Tehnička uputstva za planiranje i projektovanje gradske putne mreže (PGS-M/06), Beograd: Građevinski fakultet, Institut za saobraćajnice i geotehniku, 2006.

## Summary

# IMPROVEMENT OF BICYCLE INFRASTRUCTURE - CASE STUDY OF THE CITY OF SMEDEREVO

*Abstract: Bicycle infrastructure is an indispensable part of urban spaces. Developing bicycle traffic means adapting public traffic areas to a form suitable for cycling and ensures the development of sustainable traffic in cities. The paper presents input elements for the design and planning of cycling infrastructure in urban areas, as well as the locations of future infrastructure for the urban environment in question, the city of Smederevo. Emphasis is placed on modern techniques of spatial design of cycling infrastructure on public areas using existing traffic area regulations. In addition to cycling for recreational purposes, the greatest emphasis of the measures is given to everyday cycling, which includes going to/coming to work by bike, to school, to the theater, shopping and more. The form of the planned bicycle infrastructure represents a synthesis of the adopted urban plans of Smederevo and their mutual connection with sustainable modes of movement. Also, the work reveals and emphasizes the development of the city and the utilization of the greatest tourist potentials, the reduction of the use of passenger cars, as well as the promotion of a healthy and sustainable urban lifestyle.*

*Key words: traffic, cycling, design, planning*

## ХУМАНИ ИНЖЕЊЕРИНГ У НАСЕЉИМА И ГРАДОВИМА- АСПЕКТ ПРИСТУПАЧНОСТИ

Анђела Лазаревић, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду,  
andjelalazarevicc98@gmail.com

Јелица Комарица, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду,  
jelicakomarica98@gmail.com

*Резиме: Брз развој урбанизације у градовима надмашује брзину којом се врши пројектовање и изградња неопходне саобраћајне инфраструктуре. Све већи број корисника на мрежи, без обзира на њихову физичку, старосну или интелектуалну карактеристику, захтева подједнаку могућност приступа било ком објекту или јавној површини. Приступачност у саобраћају представља резултат примене одређених техничких стандарда у области планирања и пројектовања који треба да омогући несматан приступ, кретање, коришћење услуга, рад и боравак, свим корисницима. Приступачност у Србији није довољно прецизно уређена законима, правилницима и стандардима, све је већи број примера саобраћајница у којима поједине групе корисника, нарочите оне са ограниченом мобилношћу, немају подједнаке услове током кретања. Један од могућих начина за решавање датог проблема јесте примена пројектантских мера у оквиру концепта хуманог инжењеринга. Сходно томе, циљ овог рада је да се кроз преглед домаће и стране литературе утврди на који начин и по којим принципима се врши пројектовање саобраћајница, односно њених пројектних елемената и то са аспекта приступачности свих поменутих група корисника. У наставку рада, биће утврђено постојеће стање деонице Булевар Пека Делчавића у Београду, при чему ће бити дат предлог идејног решења са посебним освртом на неоторизоване учеснике у саобраћају. Главни допринос овог рада огледа се у томе што дати предлози решења за уочене проблеме утичу на бољу искоришћеност простора, са минималном променом ширине попречног профила, уз пружање могућности доносиоцима одлука да примене поменута идејна решења у реалности.*

*Кључне речи: приступачност, пројектни елементи, хумани инжењеринг, особе са ограниченом мобилношћу*

### 1. Увод

Више од скоро једног века, улице у градовима су се пројектовале првенствено за потребе кретања путничких аутомобила. Међутим, са све већим развојем одрживих видова кретања, настаје потреба за пројектовањем улица чија ће инфраструктура бити прилагођена свим корисницима и начинима кретања, што се може постићи применом хуманог инжењеринга. Концепт хуманог инжењеринга заснован је на стварању јединственог, безбедног и пријатног окружења за све учеснике у саобраћају подједнако, пружањем различитих пројектантских решења. Ова решења често имају вишеструку корист поред тога што су једноставна, дуготрајна и буџетски мање захтевна. Основна идеја овог концепта односи се на подстицање интеракције међу учесницима у саобраћају, а самим тим и на побољшање безбедности истих.

Поред наведеног, све чешће се може уочити да је број корисника на мрежи који чине особе са ограниченом способношћу кретања, у константном порасту, при чему се обезбеђивање приступачности простора и објеката у пројектантском процесу, сматра важним захтевом који има знатно ширу друштвену важност. Приступачност представља резултат примене техничких стандарда у планирању, пројектовању, грађењу, реконструкцији, доградњи и адаптацији објеката и јавних површина, помоћу којих се свим људима, без обзира на њихове физичке, сензорне и интелектуалне карактеристике или године старости, осигурава несметан приступ, кретање, коришћење услуга, рад и боравак [1]. Међутим, област приступачности је у Србији недовољно прецизно уређена законима, правилницима и стандардима.

Попречни профил великог броја саобраћајница у Београду је такав да не омогућава несметано кретање особа које имају отежано кретање. Предмет овог рада биће анализа приступачности у улици Булевар Пека Дапчевића која испуњава све прописане стандарде по питању пројектних елемената, с тим да то није случај у погледу приступачности. Стога, циљ овог рада је да се кроз преглед домаће и стране регулативе утврди на који начин и по којим принципима се врши пројектовање улица са аспекта приступачности свих група корисника, узимајући у обзир концепт хуманог инжењеринга, а затим и да предлог идејног решења предметне деонице.

## 2. Принципи пројектовања – преглед домаће и стране регулативе

Улица је простор између стамбених објеката у неком насељу/граду и не само да обезбеђује учесницима у саобраћају мобилност, омогућава им да путују са једног места на друго, али представља и место где се људи састају, комуницирају, раде и проводе слободно време. Одлуке о томе како распоредити и пројектовати улични простор има огроман утицај на квалитет живота. Имајући то у виду, сваки град/држава у складу са прописаним стандардима и принципима пројектовања има различите ширине пројектних елемената, прилагођених учесницима у саобраћају.

У Табели 1 приказана је упоредна анализа пројектних елемената који чине једну улицу у Србији, Њујорку и Индији, чиме се може закључити да је највећа разлика у ширини тротоара, која је најмања у Србији, а највећа у Њујорку.

Табела 1. Ширина пројектних елемената у Србији [2][3][4][5], Њујорку [7] и Индији [8]

Држава	Ширина пројектних елемената (m)					
	Саобраћајна трака	Тротоар	Бицикличка трака	Разделно острво	Трака за паркирање	Аутобуско стајалиште
Србија	3m	1,5m(min)	1m(min)	2m(min)	2,3m	3,1m(min)
Њујорк	3,05m	6,1m	1,5m	3,05m	2,7m	/
Индија	2,75m	3m	1m	1,5m	2m	3m

Међутим, да би задовољили потребе свих корисника, пројектанти морају имати јасно разумевање широког спектра способности које се јављају у популацији. Тротоари, као и коловоз, треба да буду пројектовани тако да служе свим корисницима и то деци, старијим људима, родитељима са колицима, пешацима који имају оштећење вида и особама које користе инвалидска колица и друга помоћна средства. С обзиром на то, димензије пројектантских елемената деоница ће се значајно разликовати од оних стандардних (Табела 1), јер морају бити прилагођене особама са ограниченом мобилношћу.

У Табели 2 приказана је упоредна анализа пројектних елемената прилагођених особама са ограниченом мобилношћу који чине једну улицу у Србији, Торонту (САД) и Лондону (УК).

Табела 2. Карактеристике пројектних елемената у Србији [2][5][6], Торонту [9] и Лондону[10]

Карактеристике пројектних елемената				
Држава/Град	Тротоар/Пешачка стаза (m)	Нагиб тротоара (%)	Паркинг место 90о (m)	Аутобуско стајалиште (m)
Србија	1,80	< 5%	5,00 x 2,20	/ x 2,00 (3,00)
Торонто	1,68	5% (max)	5,39 x 3,66	/ x 3,00 (min)
Лондон	2,00	5% (max)	4,80 x 2,40	9,00 x 4,40

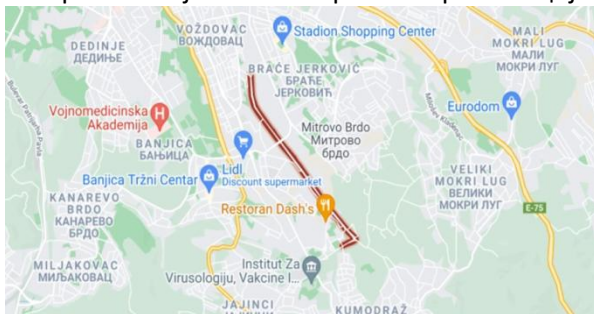
Подаци указују да је највећа разлика у димензијама пројектних елемената у ширини паркинг места, док су остале карактеристике истих, приближно једнаке.

На основу приказаних података у табелама, може се закључити да се принципи пројектовања улица у Србији минимално разликују од принципа пројектовања у много већим државама и градовима.

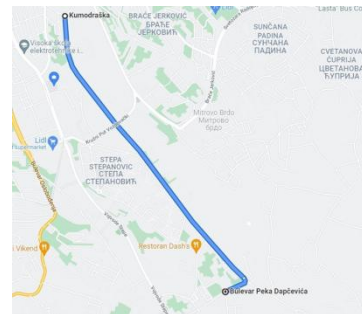
### 3. Методологија истраживања

#### 3.1. Подручје истраживања

Предметна деоница Булевар Пека Дапчевића, налази се на подручју града Београда, на територији општине Вождовац. Према постојећој категоризацији улица Булевар Пека Дапчевића припада категорији градских артерија у оквиру примарне мреже саобраћајница. Представља главну саобраћајну везу између појединих насеља и то Кумодраж, Браће Јерковић, Бањица и Медаковић, али и омогућава повезивања саобраћаја са кружним током Аутокоманда преко Кумодрашке улице, одакле се уливају сви важни токови из центра града. Налази се у зони мешовитог садржаја, и њом саобраћају 3 аутобуске линије јавног градског превоза. На Сликама 1 и 2 приказана је њена макро и микро локација.



Слика 1. Макро локација деонице



Слика 2. Микро локација деонице

#### 3.2. Пројектни елементи деонице

Деоница је дужине од око 3km и целом својом дужином је двосмерна, са две саобраћајне траке по смеру. Ширина коловоза дуж улице износи 19m, односно ширина саобраћајних трака је 3,5m. У попречном профилу улице налази се и разделно острво које раздваја смерове кретања и има ширину 2m. Са обе стране коловоза реализовани су тротоари ширине 1,5 метара. Дуж целе деонице не постоје обележена места за паркирање на коловозу, нити тактилне површине и пешачке

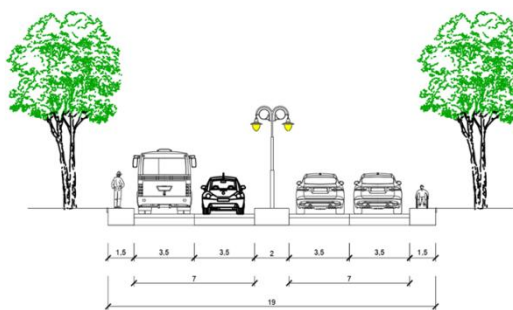


рампе намењене особама са ограниченом мобилношћу. Такође, на деоници нису испројектоване површине за бициклички саобраћај.

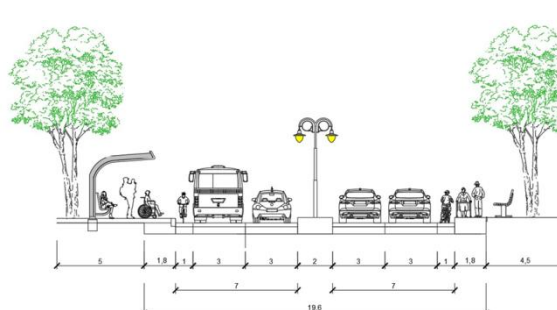
Постојеће димензије елемената могу представљати проблем за особе са ограниченом мобилношћу. Ширина тротоара може бити проблематична за кориснике у инвалидским колицима, приликом мимоиласка са другим корисницима, који користе неку врсту помагала. Главни проблеми приступачности, уочени у зонама пешачких прелаза и разделног острва, односе се на непостојање спуштених ивичњака који би омогућили несметано савладавање висинске разлике између тротоара и коловоза.

#### 4. Предлози мера унапређења приступачности

На основу анализе постојећег стања деонице Булевар Пека Дапчевића, могло се увидети да постоји проблем у степену остварености приступачности. Освртајући се на законску регулативу у Републици Србији и концепт хуманог инжењеринга, дат је предлог мера, које би допринеле унапређењу приступачности на предметној деоници, а поред тога и већој интеракцији међу корисницима. На наредним сликама (Слике 3 – 4) дат је приказ попречног профила у постојећем и новопроектваном стању деонице, како би се увиделе промене које представљају мере унапређења.



Слика 3. Попречни профил деонице у постојећем стању



Слика 4. Попречни профил деонице у новопроектваном стању

Када су у питању тротоари, предлог је проширење на минималну ширину од 1,8m, а где постоји могућност ширина може бити и већа од 1,8m. Мере, када су у питању пешачки прелази, су спуштање ивичњака где ће ширина закошеног дела бити најмање 45cm, док ће максимални нагиб закошеног дела бити 10%. У укошеном делу ивичњака треба да постоји тактилна трака, минималне ширине од 40 cm. Семафорисани пешачки прелази потребно је да буду опремљени посебном звучном сигнализацијом, која ће бити од помоћи особама са оштећеним видом.

Предлози мера који се односе на уочене проблеме на разделном острву, подразумевају пре свега да се пролаз кроз пешачко острво изведе у нивоу коловоза. Ширина пролаза треба да буде једнака ширини пешачког прелаза, тј. најмања ширина сме да износи 180 cm. Површина пролаза кроз пешачко острво изводи се са тактилним пољем упозорења, на целој површини пролаза кроз острво.

Када је реч о паркирању, предлог је изградња вануличних паркиралишта на слободним површинама, али и изградња одређеног броја паркинг места у ниши уз саму улицу. Потребно је да се обезбеде паркинг места за особе са инвалидитетом.

Најмања ширина паркинг места за особе са посебним потребама мора да буде 3,5m, и неопходно је да буду обезбеђено 1,5m између два суседна паркинг места.

Предлог за пројектовање аутобуских стајалишта је да постоји површина од минимум 3m у равни пешачких површина, коју ће користити путници при чекању. Потребно је визуелно обележити зону уласка у возило контрастом и да се изведе тактилним пољем безбедности минималне површине 90x90cm. Такође, смањењем ширине саобраћајне траке (3,5m) на минималну могућу за градске услове (3m), обезбеђује се простор за једносмерну бицикличку траку од 1m са обе стране коловоза. Тиме се поред повећања безбедности бициклиста утиче и на промовисање бицикличког саобраћаја као и интеракције корисника који се крећу овим видом превоза са осталим учесницима у саобраћају.

Додатне предложене мере односе се на улични мобилијар ради повећања комфора корисника и оне подрзумевају постављање клупа дуж тротара, озелењавање и садњу дрвећа, садница украсног цвећа дуж острва и сл.

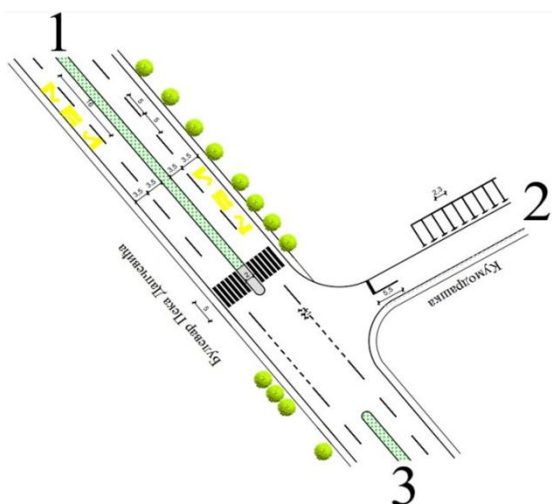
## **5. Идејно решење сегмента деонице булевар пека дапчевића**

Након дефинисања проблема на деоници Булевар Пека Дапчевића са аспекта приступачности, пројектовања њених пројектних елемената, али и дефинисања мера којим би се побољшало стање на поменути деловима деонице, неопходно је дати адекватан предлог идејног решења. Мере које су дате као предлог решења односе се на поменуте грађевинске, саобраћајно-техничке, регулаторне мере, као и оне додатне којим би се додатно допринело бољој приступачности посматраног простора.

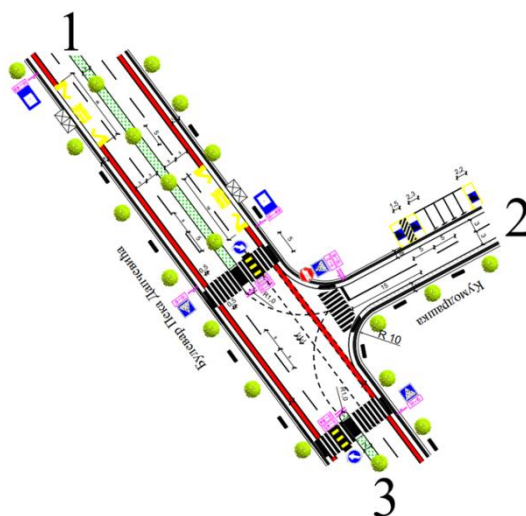
Како је дуж целе деонице уочен скоро исти проблем, у наставку ће бити приказана раскрсница коју чини предметна деоница и улица Кумодрашка. Предметна трокрака раскрсница је у постојећем стању испројектована без адекватне хоризонталне и готово без вертикалне сигнализације. Проблем настаје јер је саобраћај на овој раскрсници регулисан само уз помоћ исте, стога је у новопроектваном стању неопходно применити одговарајуће мере.

Приметно је да су обележени пешачки прелази на свим крацима раскрснице, обележне су и линије водиле. У постојећем стању не постоји ниједан саобраћајни знак, док у новопроектваном су додати знаци „аутобуско стајалиште“ (III-49), знак за обавезно заустављање (II-2), знак II-45 којим се означава обавезан смер кретања и уз њега знак III-84. Сваки пешачки прелаз треба да буде обележен знаком III-6. Тротоар је проширен на 1,8 m, такође су спуштени ивичњаци између коловоза и пешачких површина. Дуж тротоара су додате тактилне стазе, ради лакше оријентације особа са оштећеним видом. На краку 2 је обележен одређен број паркинг места за особе са инвалидитетом. Бицикличке траке, ширине 1m, су додате са обе стране коловоза.

На наредним сликама (Слике 5 – 6) приказано је испројектовано стање пре и након реконструкције раскрснице Булевар Пека Дапчевића – Кумодрашка.



Слика 5. Постојеће стање



Слика 6. Новопроектвано стање

Ради што лакшег разумевања и приказивања идејног решења раскрснице Булевар Пека Дапчевића – Кумодрашка, на наредним сликама (Слике 7 - 8) су приказани поједини делови исте у постојећем и новопроектваном стању.



Слика 7. Приказ сегмента деонице у постојећем стању



Слика 8. Приказ сегмента деонице у новопроектваном стању

Поред неопходне саобраћајне сигнализације која мора бити постављена без обзира на друге проблеме саме деонице, може се уочити подједнак приступ пре свега моторизованог и немоторизованог саобраћаја, а затим и корисника са ограниченом способношћу кретања. Пројектовањем бицикличких трака, и проширењем пешачких тротоара, повећава се приступ немоторизованог саобраћаја, поред доминантног учешћа моторизованог. Са друге стране, постављањем тактилних површина и спуштених ивичњака повећава се приступачност особама са ограниченом мобилношћу, али и безбедност најрањивијих учесника у саобраћају.

## 6. Закључак

Имајући у виду да се концепт хуманог инжењеринга залаже за међусобну једнакост и комуникацију свих учесника у саобраћају, то значи да простор треба да буде подједнако пријатан и комфоран за све кориснике. Међутим, у пракси је веома тешко реализовати и одржавати један такав простор, што због техничко-технолошких и саобраћајних карактеристика окружења, тако и због демографских карактеристика корисника.

Са друге стране, остваривање приступачности је један од корака на путу ка остваривању људских права особа са инвалидитетом, која је вековима дискриминисана. Приступачност треба да буде схваћена као „алат“ на путу ка остваривању права за све. Циљ овог рада је била анализа приступачности у улици Булевар Пека Дапчевића, кроз коју су представљене мере у односу на уочене проблеме, водећи се концептом хуманог инжењеринга, како би се олакшао приступ свим корисницима, а посебан акценат је стављен на спречавање дискриминације особа са ограниченом мобилношћу. Сви предлози решења имају за циљ да допринесу бољој искоришћености постојећег простора, због чега је дошло до минималне промене попречног профила. Тренутно стање постојеће деонице у великој мери фаворизује моторизовани саобраћај, с тога би предложене мере допринеле развоју урбане мобилности, односно пешачког и бицикличког саобраћаја.

Овај рад, дакле, представља предлог примене мера које прате стандарде пројектовања пројектних елемената, што би допринело подједнакој приступачности саобраћајне инфраструктуре свим учесницима у саобраћају.

### Литература

- [1] <https://disabilityinfo.me/ljudska-prava/pristupacnost/item/1437-pristupacnost-objektima-i-univerzalni-dizajn-sta-kaze-zakon-a-kako-je-u-praksi> датум и време приступа: 30.08.2022. у 18:00h
- [2] ЈП „Путеви Србије“: ПРИРУЧНИК ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПУТЕВА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ, (Одељак 5.6 – Бицикличке површине), Београд, Република Србија, 2012.
- [3] ЈП „Путеви Србије“: ПРИРУЧНИК ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПУТЕВА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ, (Одељак 5.7 – Пешачке површине и површине за хендикепиране), Београд, Република Србија, 2012.
- [4] ЈП „Путеви Србије“: ПРАВИЛНИК О УСЛОВИМА КОЈЕ СА АСПЕКТА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА МОРАЈУ ДА ИСПУЊАВАЈУ ПУТНИ ОБЈЕКТИ И ДРУГИ ЕЛЕМЕНТИ ЈАВНОГ ПУТА, ("Службени гласник РС", бр. 50/11), Београд, Република Србија 2011.
- [5] Министарство саобраћаја: Правилник о основним условима које морају да испуњавају аутобуска стајалишта на јавном путу, („Службени гласник РС”, бр. 106/20), Београд, Република Србија, 2020.
- [6] Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре: О ТЕХНИЧКИМ СТАНДАРДИМА ПЛАНИРАЊА, ПРОЈЕКТОВАЊА И ИЗГРАДЊЕ ОБЈЕКТА, КОЈИМА СЕ ОСИГУРАВА НЕСМЕТАНО КРЕТАЊЕ И ПРИСТУП ОСОБАМА СА ИНВАЛИДИТЕТОМ, ДЕЦИ И СТАРИМ ОСОБАМА („Сл. гласник РС", бр. 22/2015), Београд, Република Србија, 2015.
- [7] National Association of City Transportation Officials, Urban Street Design Guide, New York, NY 10041, october 2012.
- [8] Institute for Transportation and Development Policy, Better Street Better Cities: A guide to street design in Urban India, Mumbai: ITDP, 2011.
- [9] Toronto, C. O. (2004). Accessibility Design Guidelines. Diversity Management and Community Engagement Corporate Policy/Healthy City Office.
- [10] Mobility, I. (2012). A Guide to Best Practices on Access to Pedestrian and Transport Infrastructure. Retrieved March, 10, 2016.

## Summary

### HUMAN ENGINEERING IN SETTLEMENTS AND CITIES - ACCESSIBILITY ASPECT

*Abstract: The rapid development of urbanization in cities, exceeds the speed with which the design and construction of the necessary traffic infrastructure is carried out. An increasing number of online users, regardless of their physical, age or intellectual characteristics, require equal access to any facility or public area. The term accessibility in traffic is the result of the application of certain technical standards in the field of planning and design, which should enable unhindered access, movement, use of services, work and residence to all users. Since accessibility in Serbia is not regulated precisely enough by laws, regulations and standards, there is an increasing number of examples of roads and zones in which certain groups of users, especially those with limited mobility, do not have equal conditions while moving. One of the possible ways to solve this problem is the application of design measures within the concept of human engineering. Accordingly, the aim of this paper is to determine, through a review of domestic and foreign literature, the manner and principles of designing roads, as well as of its designing elements, from the aspect of accessibility of all mentioned groups of users. In the continuation of the work, the existing condition of the section of Bulevar Peka Dapcevic in Belgrade will be determined, and a proposal of the conceptual solution will be given with special reference to non-motorized traffic participants. The main contribution of this paper is reflected in the fact that the proposed solutions for the observed problems affect the better use of space with minimal change in the width of the transverse profile, while providing to the decision makers possibility to implement these ideas in reality.*

*Keywords: accessibility, project elements, human engineering, people with reduced mobility*

## PROJEKTOVANJE DELJENIH PROSTORA – PRIMER DELA MREŽE U PANČEVU

Miroslav Milošev, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu,  
miroslavmilosev882@yahoo.com

Sreten Jevremović, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, s.jevremovic@sf.bg.ac.rs

*Rezime: Deljeni prostori podrazumevaju ulice ili prostore projektovane sa ciljem poboljšanja kretanja i komfora pešaka, smanjujući dominaciju motornih vozila i omogućavajući svim korisnicima da zajednički koriste prostor umesto da prate jasno definisana pravila koja podrazumevaju uobičajeni projekti. U projektantskom smislu ovakva saobraćajno-urbanistička rešenja se svojom geometrijom, postavljenom signalizacijom, elementima opreme, urbanim mobilijarom i prostornim uređenjem razlikuju od tradicionalnih pristupa projektovanja. Iako počeci razvoja ovakvih urbanih celina datiraju još iz 50-ih godina prošlog veka, osnovna ideja i cilj ovih rešenja ostali su nepromenjeni. Zajednički prostor predstavlja način da se unapredi osećaj prostora na ulici dok se održava njena sposobnost da se prilagodi kretanju vozila, pri čemu zajedničko korišćenje korisnika vozila i pešaka treba da se vrši na kolovozu, a ne na bokovima ulice koji su pre svega rezervisani za nemotorizovane korisnike. Posmatrajući naše gradove može se zaključiti da su primeri deljenih prostora retki i najčešće neadekvatno projektovani. Jedan od razloga svakako je i nepostojanje regulative kojom bi bio precizno definisan pojam deljenih prostora, osnovne karakteristike, kriterijumi primene, način ponašanja korisnika i ostali važni elementi, čime bi se stvorila neophodna osnova za njihovu adekvatnu implementaciju. Shodno navedenom, u ovom radu je izvršeno istraživanje dela mreže u Pančevu koji sa korisničkog aspekta poseduje karakteristike deljenog prostora, ali čije projektantsko rešenje ne odgovara generalnim principima projektovanja ovakvih područja. Cilj ovog rada je da se na osnovu sprovedenog istraživanja pruže osnovne smernice i preporuke za saobraćajno uređenje i projektovanje pomenutih područja u čijem bi fokusu bili nemotorizovani korisnici.*

*Ključne reči: deljeni prostori, saobraćajno projektovanje, regulatorni okvir, projektantska rešenja*

### 1. Uvod

Deljeni prostor je koncept projektovanja uličnog prostora gde se uklanjaju fizičke barijere između motorizovanih i nemotorizovanih korisnika, čime se oni podstiču da zajednički koriste ulicu. Iako se projektovanje deljenog prostora može svrstati u tehnike smirivanja saobraćaja, upravo je razlika u izgledu ulične scene ključna. Ovakav dizajn objedinjuje regulisanje kretanja automobila (uglavnom pri nižim brzinama) i socijalnu integraciju korisnika prostora kroz različite aspekte, u transportni sistem [ 1 ].

Ne postoje jasno utvrđena pravila za projektovanje, već svako rešenje zavisi od specifičnih okolnosti posmatranog područja i kreativnosti projektanta. Ipak, postoje neka opšta pravila. Ako pešaci ne osećaju da mogu bezbedno da se kreću celom širinom ulice, verovatno će se kretati na bokovima kreirajući prostor za automobile, što je ekvivalentno

segregaciji [2]. Zato je neophodno smanjiti brzine vozila, efikasnije iskoristiti prostor, kreirati sadržaj i povećati socijalizaciju, učiniti ulicu atraktivnom [3].

Ovaj rad je jedinstven po tome što se bavi temom koja u Srbiji nije dovoljno zastupljena. Može se reći da ne postoji dovoljno projektantskog iskustva, a postojeća rešenja se malo odlikuju karakteristikama deljenog prostora. Takođe, u radu je pristupljeno kreiranju projektantskog rešenja analizom postojećeg stanja koristeći savremeni softverski alat. Video detekcija za analizu saobraćaja preuzima primat u odnosu na starije tehnologije (induktivne petlje), a posebno je važna pri istraživanju nemotorizovanog saobraćaja. Praktično ne postoji pouzdaniji način detekcije nemotorizovanih korisnika.

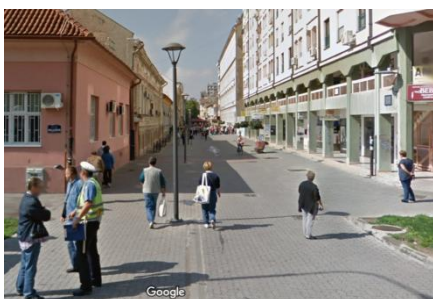
Predstavljeno je jedno idejno rešenje u ulici koja pored potencijala za deljeni prostor, predstavlja izazov zbog osnovne škole koja se tu nalazi. Fokus je na smanjenju brzine automobila i diskusiji o potrebnom prostoru za njihovo manevrisanje.

## 2. Metodologija rada

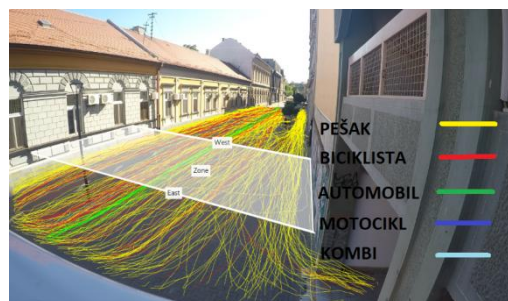
Za potrebe ovog rada su izvršene dve grupe istraživanja – terensko istraživanje i analiza saobraćajnog toka pomoću softvera.

Terensko istraživanje je obavljeno 16. juna 2022. godine u periodu od 8:00 do 20:00, tako što je GoPro kamerom (na visini od 4.00m) 12 sati sniman saobraćajni tok bez prekida. Mesto istraživanja je bila Ulica Jovana Jovanovića Zmaja u Pančevu (Slika 1). Takođe su utvrđene karakteristike ulice, poput širine profila i sadržaja koji se tu nalazi.

Analiza saobraćajnog toka je izvršena u softveru kompanije Good Vision. Reč je o savremenom kompjuterskom alatu pomoću koga je moguće automatski ispitati osnovne karakteristike toka poput protoka i brzine, ali i izvršiti klasifikaciju učesnika, utvrditi njihove trajektorije, vreme putovanja, konflikte, okupiranost zone i slično. Izgled analizirane scene u softveru je prikazan na Slici 2. Na osnovu rezultata je dobijena realna slika stanja u ovom prostoru, što je omogućilo predlog rešenja koje bi kretanje učesnika učinilo praktičnijim i ravnopravnijim.



Slika 1: Ulica J.J Zmaja



Slika 2: Analiza putanja u softveru

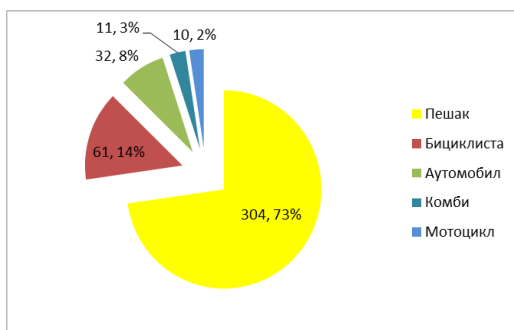
## 3. Rezultati istraživanja i mogućnosti softvera

Analizirana ulica predstavlja primer deljenog prostora u centralnom gradskom jezgru i u njoj se nalazi osnovna škola, kancelarije lokalne uprave, lokali sa komercijalnim sadržajem i stambena zgrada. Iako je saobraćajnom signalizacijom zabranjeno kretanje motornih vozila osim onih sa posebnom dozvolom, utvrđeno je da obim saobraćaja nije beznačajan. U tabeli 1 su date karakteristike predmetne ulice.

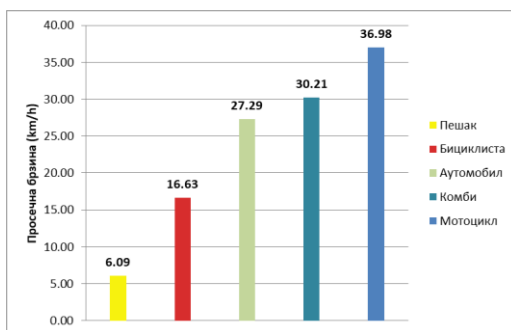
Tabela 1: Karakteristike Ulice J.J. Zmaj

Širina profila	12.00m
Efektivna širina	6.00m
Podužni nagib	/
Kolovozni zastor	У добром стању, плочник
Vršni sat	12-13h, 418 учесника

Na Dijagramu 1 je prikazana struktura saobraćajnog toka u vršnom satu. Motorizovana vozila čine 13% od ukupno 418 učesnika. Mnogo bitnija odlika su brzine koje ta vozila ostvaruju, što je prikazano na Dijagramu 2.

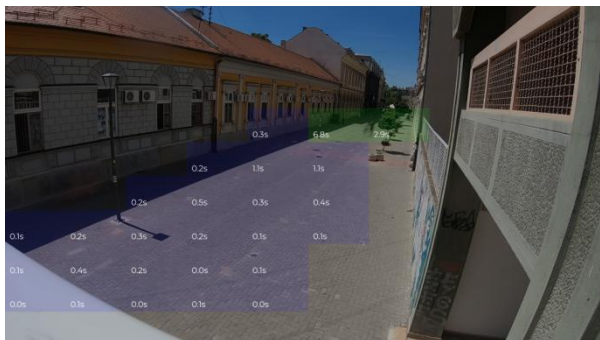


Dijagram 1: Struktura saobraćajnog toka



Dijagram 2: Prosečne brzine učesnika

Iako se de fakto radi o pešačkoj zoni, ostvarene brzine ukazuju na to da vozači ovaj prostor više percipiraju kao, na primer, ulicu u naselju. Najveća ostvarena brzina iznosi 63.5km/h. Istraživanjem je utvrđeno još nekoliko karakteristika ove ulice. Pre svega, ustanovljeno je u kom delu prostora se korisnici najduže zadržavaju, što je prikazano na Slici 3.



Slika 3: Prosečno vreme zadržavanja u prostoru

Sa obzirom na to da je period od 12 do 13 časova vreme kada počinje popodnevna smena u školi, posledično se učenici najduže zadržavaju ispred same škole. Upravo je na slici 3 zelenom bojom i označen taj prostor. Takođe je uočeno da se vozila na samom početku ulice, koji nije obuhvaćen u snimku, često zaustavljaju (čak i parkiraju), iako to nije dozvoljeno. Objašnjenje je u tome da se na početku ulice nalazi služba hitne pomoći, lokali i prodavnica. Posledično, u određenim periodima dolazi do nagomilavanja većeg broja vozila na tom mestu.

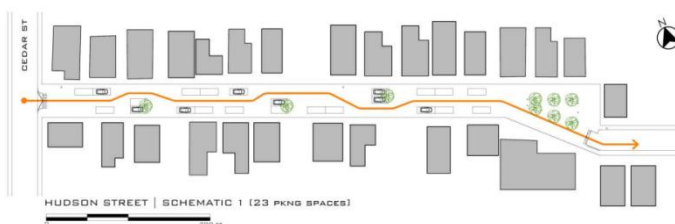


#### 4. Diskusija i predlog rešenja

Ulica Jovana Jovanovića Zmaja svojom lokacijom i sadržajem neminovno privlači različite grupe korisnika na mreži. Sa obzirom na to da predstavlja ulaz u gradski park koji je pešačka zona, neophodno je smiriti saobraćaj i prednost dati nemotorizovanim korisnicima.

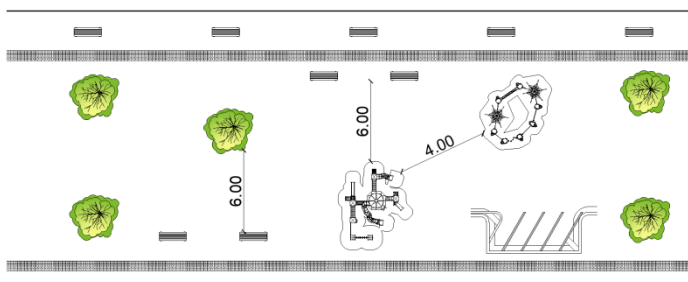
Postojeći dizajn ulice indirektno nameće korisnicima da se kreću kao i kada se nalaze u klasičnoj ulici. Dokaz za to su trajektorije (Slika 2) na osnovu kojih se vidi da se pešaci pretežno kreću na bokovima, dok je sredina ulice namenjena za motorna vozila. Upravo taj središnji deo tj. efektivna širina i iznosi 6m, što je sasvim dovoljno da se vozila komforno mimoidu. Nemotorizovanim korisnicima ostaje po 3.00m na bokovima, kako obično i izgledaju konvencionalna rešenja. Zbog takvog dizajna motorna vozila ostvaruju velike brzine i direktno ugrožavaju bezbednost drugih učesnika. Potrebno je predložiti rešenje koje će fizički nametnuti male brzine kretanja za vozače. Takođe, trebalo bi urediti početak ulice gde dolazi do nepropisnog parkiranja i zasutavljanja. Ideja je da se obezbedi nekoliko mesta za kratkotrajno parkiranje (do 15 minuta), čime bi se suzio profil na početku ulice i vozači naveli da već na tom mestu uspore i obrate pažnju.

Sa obzirom na to da u našoj regulativi deljeni prostor nije jasno definisan (eventualno se može protumačiti kao zona usporenog saobraćaja) i ne postoje smernice za njegovo projektovanje, idejno rešenje je kreirano prateći woonerf koncept. Ovaj koncept (Slika 4) se odnosi na defleksiju trase automobila postavljanjem sadržaja koji bi ta vozila morala da zaobiđu.



Slika 4: Woonerf koncept (Collarte, 2012)

U ovom primeru je defleksija izvršena naizmeničnim postavljanjem parking mesta sa obe strane ulice. Kako u Ulici J.J. Zmaj smeju da se kreću samo vozila sa dozvolom, trebalo bi postaviti drveće i sadržaj koji bi deci poslužio za igru, a prolazak drugih ljudi učinio zanimljivim (Slika 5).



Slika 5: Idejno rešenje deljenog prostora u Ulici J.J. Zmaj

Na ovaj način se ispunjava jedan od osnovnih principa urbanističkog projektovanja, a to je da ulica treba da pruža osećaj užitka dok se ljudi kreću kroz nju. Predloženi sadržaj bi doveo do socijalne interakcije između dece, koja bi imala priliku da se igraju na specijalizovanom igralištu. Položaj drveća i igrališta navodi vozače da idu cik-cak, čime su onemogućeni da razviju veće brzine. Pored toga, igrališta su izdignuti i jasno uočljivi objekti,

tako da vozači već iz daljine mogu da ih uoče i prilagode svoju vožnju. Na početku ulice sa leve strane su postavljena četiri parking mesta, koja bi služila vozačima za kratkotrajno zadržavanje, na primer roditeljima da sačekaju decu ili vozilima za dostavu robe. Neophodno je jasno naznačiti njihovu funkciju i propisno kontrolisati upotrebu. Takođe, parking mesta su u ravni sa trotoarom, nisu izdignuta niti na drugi način fizički odvojena. Još jedna važna odlika novog dizajna je taktilna staza. Na taj način je omogućeno slepim i slabovidim osobama da se neometano kreću. Staza je postavljena na bokovima, nema rizika od konflikta sa vozilima. Kada je reč o dimenzijama elemenata ulice, nije moguće dati precizne vrednosti. Uslov od 1.60m širine za pešake je u svakom trenutku ispunjen, a biciklisti takođe imaju dovoljno prostora. Glavna nedoumica je prostor namenjen vozilima. Zamisao je da širina može biti i manja od 6.0m (na primer u delu između dva igrališta), ali ne manja od 4.0m i da ubrzo posle toga postoji širi deo gde vozila sigurno mogu da se mimoiđu. Vrednosti su orijentacione i minimalne, jer je pretpostavka da se vozila kreću brzinama manjim od 10km/h i nije potrebno mnogo prostora za manevrisanje.

## 5. Zaključak

Može se reći da Ulica J.J. Zmaja predstavlja dvostruki poduhvat – kreiranje deljenog prostora i zone škole. Činjenica da se njome kreće veći broj dece mlađeg uzrasta zahteva posebnu pažnju sa aspekta bezbednosti. Takođe, obaveza da se omogući pristup motornim vozilima zahteva još veću obazrivost.

Rešenja za deljeni prostor se mogu naći, a potom prilagoditi, u već poznatim koceptima kao što je woonerf koji se odnosi na stambene ulice, tehnike smirivanja saobraćaja koje koriste fizičke prepreke i zone škola gde je ideja da se ceo prostor ispred škole pretvori u svojevrсно igralište.

Analizom trajektorija korisnika, i njihovih brzina projektanti lako mogu da uoče kako se korisnici ponašaju u prostoru i na koje aspekte treba obratiti pažnju. Potrebno je da putanje vozila što više odstupaju od pravolinijskog obrasca, a putanje pešaka da budu celom širinom ulice. Diskusija o širini koju treba dati vozilima prilikom mimoilaženja je posebno važna. Predloženo je da u pojedinim delovima na kraćoj dužini, prostor za vozila može biti uži (npr. 4.00m). U takvim uslovima je teško mimoići se, te bi brzina morala biti prilično niska ili bi čak jedno vozilo moralo da propusti drugo. Iako se broj konflikata ovakvim dizajnom smanjuje [4], pešaci i biciklisti nose veći rizik nego vozači [5]. Zato je potrebno dobro ispitati konflikte i rizik svesti na minimum. Takođe, moguće je da ovakvo rešenje poveća samopouzdanje pešaka prilikom interakcije sa vozilima, ali ne deluje da menja ponašanje vozača [6].

Fokus budućih istraživanja ove teme treba da bude na percepciji korisnika u ovakvim prostorima tj. da se utvrdi koji faktori na njih najviše utiču, da se definišu osnovni elementi koje bi jedan deljeni prostor trebalo da ima i na kraju, da postoje orijentacione vrednosti veličina tih elemenata. Takođe, trebalo bi ispitati kriterijume za implementiranje ovakvih rešenja, kako bi projektanti lakše donosili odluke. Naposljetku, sve ovo bi trebalo da rezultira priručnikom i adekvatnom regulativom.

## Literatura

- [1] Iannis Kaparias, Michael G.H. Bell, T. Biagolli, L. Bellezza, and B. Mount, "Behavioural analysis of interactions between pedestrians and vehicles in street designs with elements of shared space," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 30, pp. 115-127, February 2015.
- [2] Ioannis Kaparias, Michael G.H. Bell, Ashkan Miri, Carol Chan, and Bill Mount, "Analysing the perceptions of pedestrians and drivers to shared space," *Transportation Research Part F*, pp. 297-310, 2012.
- [3] Natalia Collarte, "The Woonerf Concept "Rethinking a Residential Street in Somerville", " *Journal of Design for Resilience in Architecture and Planning*, 2012.
- [4] Ioannis Kaparias et al., "Analysis of Pedestrian–Vehicle Traffic Conflicts in Street Designs with Elements of Shared Space," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2393, no. 1, 2013.
- [5] Rob Methorst, Juergen Gerlach, Dirk Boenke, and Jens Leven, "Shared Space: Safe or Dangerous? A contribution to objectification of a popular design philosophy," in *WALK21*, Rotterdam, 2007.
- [6] Iannis Kaparias, Michael G.H. Bell, T. Biagolli, L. Bellezza, and B. Mount, "Behavioural analysis of interactions between pedestrians and vehicles in street designs with elements of shared space," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 30, pp. 115-127, February 2015.

## Summary

### SHARED SPACE DESIGN – A CASE STUDY IN PANCEVO CITY

*Abstract: The term shared space refers to streets or spaces designed with aim to improve pedestrian flow and comfort, thus putting down a motor vehicles' domination and allowing other users to mutually use it, instead of following strictly defined rules which are common in conventional projects. From a designer's perspective, these traffic-urbanistic solutions differ from conventional ones with their geometry, traffic furniture, signalization and space arrangement. Although this concept dates from the 1950s, a basic idea and goal have remained the same. Shared space represents a way to improve a sense for space in a street, while mutual use from vehicles and pedestrians should be performed along and across the street and not on its sides which are usually reserved for pedestrians. Having observed cities in Serbia it may be concluded that shared space is a rare example and often poorly designed. One of the reasons is surely the lack of manuals which would define essential features of shared space, implementation criteria, user behaviour and other important components. This paper presents a research of a street in Pancevo City which has shared space features, but its design does not meet basic criteria for this concept. This paper aims to provide some primary guidelines for a redesign of this street and shared space in general which would put priority on unauthorized participants.*

*Key words: shared space, traffic design, regulatory framework, design solutions*

## UTICAJ GEOMETRIJSKIH ELEMENATA PRELAZA BICIKLISTIČKE STAZE PREKO KOLOVOZA NA BRZINU KRETANJA BICIKLISTA

*Nemanja Garunović, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, garunovic@uns.ac.rs*

*Vuk Bogdanović, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, vuk@uns.ac.rs*

*Vladana Tešić, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, tesicvladana@gmail.com*

*Nenad Saulić, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, n.saulic@uns.ac.rs*

*Rezime: Način izvedbe pojedinih geometrijskih elemenata biciklističke staze direktno utiču sa jedne strane na bezbednost, a sa druge na udobnost korišćenja saobraćajnice. Polazeći od pretpostavke da parametri saobraćajnog toka mogu da zavise od geometrijskih elemenata saobraćajnice, u okviru ovog rada izvršena je analiza karakteristika biciklističkog saobraćajnog toka na prelazu biciklističkih staza. Kao geometrijski faktor uticaja posmatran je način izvedbe veze između biciklističke staze i prelaza, koja može biti sa ivičnjakom ili bez ivičnjaka. Istraživanje je sprovedeno na dve lokacije u gradu Novom Sadu, u okviru kog je izvršena je uporedna analiza između uzorka brzina prikupljenih na lokaciji prelaza biciklističke staze preko kolovoza sa ivičnjakom i bez ivičnjaka. Cilj predmetnog istraživanja je da se utvrdi kako način izvedbe prelaza (sa ivičnjakom ili bez ivičnjaka), kao faktor koji u velikoj meri utiče na udobnost korišćenja biciklističke staza/prelaza, utiče na karakteristike biciklističkog toka, konkretno brzine.*

*Ključne reči: biciklistički saobraćaj, brzina, ivičnjak, prelaz biciklističke staze*

### 1. Uvod

Bilo da se radi o svakodnevnoj upotrebi bicikla za potrebe putovanja ili u svrhu rekreacije, korišćenje bicikla zavisi od karakteristike biciklističke infrastrukture. Projektna rešenja elemenata biciklističke infrastrukture treba da budu takva da omoguće direktna i udobna putovanja u atraktivnom i bezbednom saobraćajnom okruženju [1]. U postupku planiranja i projektovanja biciklističke infrastrukture potrebno je razmotriti sledeće zahteve: bezbednost, direktnost, koheziju, privlačnost i udobnost vožnje biciklom [2].

Bezbednost, prevashodno biciklista kao osetljive grupe učesnika u saobraćaju, predstavlja osnovni zahtev koji mora biti ispunjen [2]. Narušena bezbednost biciklista izražena je na mestima gde nastaje ukrštanje i mešanje biciklističkih tokova sa tokovima motornog saobraća, a osnovni rizik predstavlja velika razlika između masa i brzina učesnika (motornih vozila i biciklista). U skladu sa tim, pored smanjenja broja konfliktnih tačaka i fizičkog razdvajanja tokova, kontrola brzine na ovom mestima jedan je od ključnih faktora bezbednosti. Kontrola brzine može se postići različitim tehničkim i regulativnim merama, kako za tokove motornih vozila, tako i za biciklističke tokove [3]. Pored toga, brzina biciklističkog toka, odnosno brzina putovanja, ima ključnu ulogu u postupku ocene uslova odvijanja biciklističkog saobraćaja [4].

Sa druge strane, vožnja biciklom treba da bude udobna, odnosno u što je moguće manjoj meri naporna i stresna. Da bi se postigla udobnost biciklistima je potrebno obezbediti trasu na kojoj će realizovati što je moguće manji broj neplaniranih zaustavljanja od izvora do cilja putovanja. Takođe, izbor materijala i drugih elemenata na trasi treba da bude sveden na one koji ne izaziva vibracije, udare i ne predstavlja prepreke. Loš izbor materijala i elemenata infrastrukture može vožnju da učini složenu u tom smislu da zahteva veći stepen koncentracije za pravovremeno uočavanje smetnje, više napora za kontrolu ravnoteže i u krajnjem slučaju nastanak oštećenja bicikla [1].

### **1.1. Povod i cilj istraživanja**

Prelaz biciklističke staze preko kolovoza (PBSK) kao deo kolovoza koji je namenjen kretanju biciklista u isto vreme predstavlja i mesto nastanak konfliktnih tačaka između biciklističkih tokova i tokova motornih vozila. Da bi PBSK mogao biti okarakterisan kao takav on mora da povezuje krajeve deonice biciklističkih staza duž saobraćajnice. U praksi, spoj biciklističke staze i kolovoza može biti izveden upotrebom različitih tipova ivičnjaka, ili bez ivičnjaka, pri čemu se ključna razlika ogleda visinskoj razlici između nivoa kolovoza i biciklističke staze. Posmatrajući sa aspekta udobnosti najbolje rešenje predstavlja ono kojim se spoj ove dve površine izvodi bez ivičnjaka i prelaznih elemenata. U ovom slučaju nivo biciklističke staze se dovodi u nivo kolovoza prelaznim rampama sa malim padom i povezuje u jedinstvenu površinu, te na ovom mestima ne bi trebalo da dođe pojave tačka na kojim mogu nastati vibracije i udari. Drugo često primenjivano rešenje je ugradnja ivičnjaka kao jasne granice između biciklističke staze i kolovoza. U zavisnosti od tipa ivičnjaka razlikuje se i visinska razlika, koja po preporukama ne bi trebala da iznosi više od 3,0 cm [1]. U svakom slučaju, ugradnjom ivičnjaka dolazi do promene tipa podloge i dalje do pojava vibracija ili blažih (prihvatljivih) udara, što je sa aspekta udobnosti manje povoljno rešenje u odnosu na prelaz bez ivičnjaka.

Polazeći od prethodno iznetih činjenica, cilj rada je da se ispita da li je primenom ivičnjaka kojim se ostvaruje prihvatljiva razlika 3,0 cm (u daljem tekstu „ivičnjak prihvatljive visine“), moguće uticati na smanjenje brzine biciklističkog toka na PBSK kao mestu ukrštanja biciklističkih i vozačkih tokova te na taj način uvažiti zahtev bezbednosti. Sa druge strane, smanjenjem brzine utiče se nepovoljno na uslove odvijanja biciklističkog saobraćaja, a pored toga promenom tipa površine mogu se očekivati pojave vibracija i udara što se nepovoljno oslikava na zahtev udobnosti. U skladu sa tim definisane su sledeće hipoteze:

$H_0$ : Primenom ivičnjaka prihvatljive visine moguće je uticati na značajno smanjenje brzine biciklističkog toka na prelazima biciklističke staze preko kolovoza, i

$H_1$ : Primenom ivičnjaka prihvatljive visine nije moguće je uticati značajno na smanjenje brzine biciklističkog toka na prelazima biciklističke staze preko kolovoza.

U slučaju dokazivanja nulte hipoteze  $H_0$  moglo bi se smatrati da je upotreba ivičnjaka prihvatljive visine opravdana sa aspekta zahteva bezbednosti. U suprotnom slučaju, odbacila bi se nulta hipoteza te bi se u fokus morao postaviti značaj funkcije udobnosti, što bi u konkretnom slučaju značilo da se primena ivičnjaka prihvatljive visine ne bi mogla smatrati opravdana.

## 2. Metodologija istraživanja

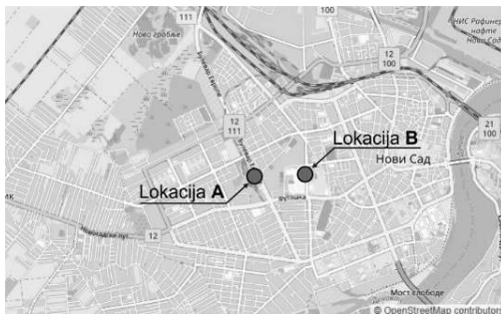
Za potrebe valorizovanja definisanih pretpostavki izvršeno je istraživanje u uslovima realnog saobraćajnog toka na dve karakteristične lokacije, odnosno prelaza biciklističke staze preko kolovoza (PBSK), u gradu Novom Sadu. Predmetnim istraživanjem utvrđena je prosečna brzina biciklističkog toka na:

Lokacija A: lokaciji PBSK koja je izvedena SA IVIČNJACIMA prihvatljive visine, i

Lokacija B: lokaciji PBSK koja je izvedena BEZ IVIČNJAKA.

### 2.1. Izbor lokacija i način merenja brzine

Lokacija A nalazi se u ulici Bulevar Evrope, na planiranom priključku raskrsnice sa ulicom Branka Baijća, a Lokacija B nalazi se u ulici Hajduk Veljkova, na kolskom prilazu ka zatvorenom parkiralištu (Slika 1). Na izabranim lokacijama tokom perioda istraživanja nisu postojali zahtevi za protokom motornih vozila (Lokacija A) ili je broj vozila bio zanemarljivo mali (Lokacija B). Izbor lokacija prelaza biciklističke staze preko kolovoza na kom nema i je broj motornih vozila zanemarljivo mali izabran je sa ciljem da se eliminiše eventualni uticaj konfliktnog toka vozila na brzinu pojedinačnog bicikliste. Pojedinačni slučajevi nastanka potencijalnog konflikta između motornog vozila i bicikliste na Lokaciji B nisu uzeti u razmatranje prilikom analize.



Slika 1: Položaj lokacija na uličnoj mreži grada Novog Sada



Slika 2: Prikaz referentnih linija prilikom obrade video snimka

Prikupljanje podataka izvršeno je analizom video zapisa. Snimanje video zapisa izvršeno je video kamerom postavljenom na neuočljivom mestu za učesnike u saobraćajnom toku. U tom slučaju očekuje se da učesnici (biciklisti) nisu ometeni saznanjem da su da se njihova brzina meri (beleži) [5,6]. Istraživanje je izvršeno u oktobru mesecu 2021. godine. Za vreme snimanja na obe lokacije bili su približno isti vremenski uslovi (vedro, bez kiše, temperatura vazduha 20-25°C).

Pre početka snimanja na PBSK i samoj biciklističkoj stazi definisane su referentne tačke na određenoj (poznatoj) udaljenosti. Nakon toga, video snimak je obrađen u video plejeru koji omogućava dodavanje referentnih linija pozicioniranih u referentnim tačkama (Slika 2). U narednom koraku svakom biciklisti koji se pojavi u zoni osmatranja dodeljen je jedinstveni identifikacioni broj i zabeleženo njegovo trenutno vreme prolaska kroz definisane preseke. Na ovaj način dobija se opis događaja u prostoru i vremenu odakle slede dalje analize koje se odnose na brzinu biciklističkog toka. Pored podatka o brzini prikupljeni su podaci polu (muško, žensko) i uzrastu (dete, tinejdžer, odrasli, stari).

## 2.2. Karakteristike prikupljenog uzorka

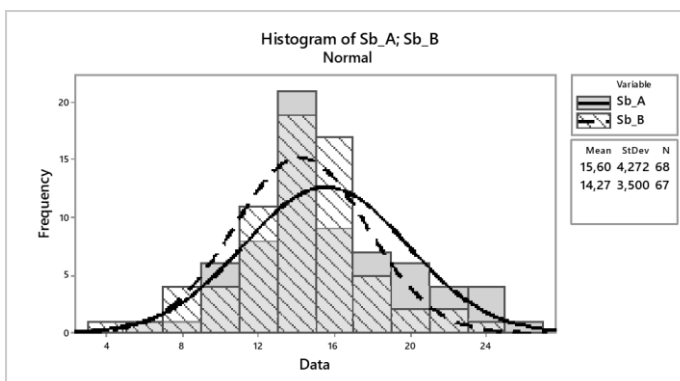
U okviru predmetnog istraživanja prikupljen je uzorak od ukupno 135 biciklista, od čega 68 na Lokaciji A i 67 na lokaciji B. Posmatrajući raspodelu učesnika prema polu na Lokaciji A 61,8% biciklista je muškog, a 38,2% ženskog pola, dok je na Lokaciji B ovaj odnos približno jednak i u procentima iznosi 50,7% biciklista i 49,3% biciklistinja. Posmatrajući uzorak po uzrastu na obe lokacije u najvećem broju slučajeva su odrasli (A:69,1%; B:61,2%) i tinejdžeri (A:13,3%; B:17,9%). U tabeli 1 prikazani su parametri koji opisuju osnovne karakteristike prikupljenog uzorka, a na Grafiku 1 uporedni histogram posmatranih skupova podataka o brzinama sa očekivanom krivom Normalne raspodele.

Tabela 1: Deskriptivni statistički parametri brzine

Varijabla	N	Mean	SE_Mean	StDev	Min	Q1	Medijana	Q3	Maks
Sb_A*	68	15,598	0,518	4,272	6,466	13,378	14,559	17,976	26,053
Sb_B**	67	14,272	0,428	3,500	4,725	12,302	14,289	15,962	23,360

\*Sb\_A - srednja prostorna brzina biciklista (km/h) na prelazu biciklističke staze, lokacija A

\*\*Sb\_B - srednja prostorna brzina biciklista (km/h) na prelazu biciklističke staze, lokacija B



Grafik 1: Histogram brzina Sb\_A i Sb\_B

U cilju primene adekvatnog testa za poređenje dva skupa podataka ispitana je distribucija posmatranog uzorka. Analizom je ispitana saglasnost sa Normalnom raspodelom, kako bi se doneo zaključak o tome da li je za analizu adekvatnija primena testa značajnosti razlike između aritmetičkih sredina dva nezavisna uzorka ili testa kojim se ispituje jednakost medijana dva nezavisna uzorka. Za utvrđivanje saglasnosti uzorka sa Normalnom raspodelom korišćen je Anderson-Darling test, nakon čega su doneti sledeći zaključci:

- odbacuje se hipoteza da skup podataka o brzinama zabeleženih na Lokaciji A ima saglasnost sa Normalnom raspodelom ( $p$ -vrednost = 0,008);
- nije moguće odbaciti hipotezu da skup podataka o brzinama zabeleženih na Lokaciji B ima saglasnost sa Normalnom raspodelom ( $p$ -vrednost = 0,111).

## 3. Rezultati analize i diskusija

Srednja prostorna brzina merena na PBSK na lokaciji sa ivičnjakom iznosi 15,6 km/h dok na lokaciji bez ivičnjaka iznosi 14,3 km/h. Posmatrajući ostale deskriptivne parametre prikazane u Tabeli 1 može se doneti generalni zaključak da je veća prosečna brzina

ostvarena na lokaciji na kojoj postoji ivičnjak, sa razlikom od 1,33 km/h u odnosu na PBSK bez ivičnjaka. U praktičnom smislu ova razlika ne može se smatrati značajnom, pogotovo se uzme u obzir da je standardno odstupanje od srednje vrednosti u oba uzorka veće od utvrđene vrednosti razlike prosečnih brzina. Oba uzorka imaju slično oblikovanu distribuciju, i sa približno istim opsegom i središnjom vrednosti skupa (medijani).

Kako bi se dokazala razlika između brzina na posmatranim lokacijama potrebno je primeniti validan test kojim bi se pokazalo da li je utvrđena razlika statistički značajna. Na osnovu zaključaka donetih u okviru analize distribucije uzorka u tački 2.2 ovog rada usvojeno je da bi za uporednu analizu posmatranih skupova podataka u većoj meri odgovarala primena neparametarskog statističkog testa, odnosno ispitivanje jednakost medijana ( $\eta$ ). S obzirom na to da oba uzorka imaju slično oblikovanu distribuciju primenjen je „Mann-Whitney“ test, a rezultati testa prikazani su tabeli 2.

Tabela 2: Rezultati „Mann-Whitney“ testa

Mann-Whitney Test ( $Sb_A$ ; $Sb_B$ ) / $H_0: \eta_A = \eta_B$ ; $H_1: \eta_A \neq \eta_B$		
$\eta_A - \eta_B$	95,0 CI za $\eta_A - \eta_B$	p-vrednost
0,919	(-0,305;2,202)	0,1357

Na osnovu rezultata sprovedenog testa nije moguće odbaciti nultu hipotezu testa „Mann-Whitney“ testa ( $H_0: \eta_A = \eta_B$ ), s obzirom na to da je utvrđena p-vrednost veća od zadatog praga značajnosti  $\alpha=0,05$ . U konkretnom slučaju, rezultati testa pokazuju da se ne može odbaciti mogućnost da su medijane posmatranih skupova brzina jednake, ne može se reći da su medijane različite. U skladu dobijenim rezultatima moguće je odbaciti prvobitno postavljenu hipotezu  $H_0$  i prihvatiti alternativnu hipotezu  $H_1$  odnosno doneti zaključak da primenom ivičnjaka prihvatljive visine nije moguće je uticati na značajno smanjenje brzine biciklističkog toka na prelazima biciklističke staze preko kolovoza.

#### 4. Zaključak

U okviru ovog rada izvršena je uporedna analiza karakteristika brzina na dva prelaza biciklističke staze preko kolovoza. Osnovna razlika dva posmatrana prelaza je način povezivanja kolovoza i biciklističke staze (upotrebom ivičnjaka ili bez ivičnjaka). Istraživanje je izvršeno sa ciljem da se utvrdi da li je upotrebom ivičnjaka prihvatljive visine moguće uticati na smanjenje brzine biciklističkog toka u zonama konflikta.

Analizom dobijenih rezultata na posmatranim lokacijama utvrđeno je da je ivičnjak kao prelazi element ne utiče na smanjenje brzine biciklističkog toka, odnosno da ne postoje značajna kako statistička tako i praktična odstupanja u brzinama. U skladu sa tim nije moguće konstatovati da ivičnjak može biti razmatran kao faktor smanjenja brzine te time uticati na primarni zahtev bezbednosti na PBSK. Prema tome, konačan zaključak analize je da na ovim mestima fokus mora biti postavljen na značaj funkcije udobnosti, što bi u konkretnom slučaju značilo da se primena ivičnjaka prihvatljive visine ne bi mogla smatrati opravdana.

S obzirom na to da je predmetno istraživanje ograničeno samo na dve lokacije ono se u ovom koraku može okarakterisati kao pilot, te je kao pravac daljih istraživanja ostavljena mogućnost proširenja uzorka izborom dodatnih lokacija ovog tipa.



## Zahvalnica

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja projekta "Razvoj inovativnih rešenja u funkciji unapređenja saobraćaja i transporta", osnovanog od strane Departmana za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija.

## Literatura

[1] Deffner, Jutta; Hefter, Tomas; Rudolph, Christian; Ziel, Torben Eds. (2012): Handbook on cycling inclusive planning and promotion. Capacity development material for the multiplier training within the mobile2020 project. Frankfurt/Hamburg

[2] CROW (2007): Design manual for bicycle traffic. Record 25. Utrecht, Netherlands

[3] RTA (2005): NSW Bicycle Guidelines. Roads and Traffic Authority NSW

[4] Transportation Research Board (2010): Highway Capacity Manual, Volume 3: Interrupted Flow. TRB, Washington DC

[5] Ivanović, B., Garunović, N., & Tomanović, Z. (2014). Research on the length of passing distance in the real traffic flow. Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, 66(9), 823–830. <https://doi.org/10.14256/JCE.1062.2014>

[6] Garunović, N., Bogdanović V., Mitrović Simić, J., Kalamanda, G., Ivanović, B. (2019). The influence of the construction of raised pedestrian crossing on traffic conditions on urban segments. Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, 72(8), 681-691. <https://doi.org/10.14256/JCE.2705.2019>

## Summary

### THE INFLUENCE OF THE CYCLE CROSSING TRACK DESIGN ELEMENTS ON CYCLISTS SPEED

*Abstract: Type and design of the cycle track directly affect safety on the one hand, and the comfort of using the road on the other. Based on the assumption that the traffic flow parameters can depend on the design elements of the road, in this paper analysis of the cycling speed characteristics at the bicycle crossing was done. The research was conducted at two locations in the City of Novi Sad. The main differences between locations were type of cycle crossing track, that can be fit with or without kerbs as a physical separator between road pavement and cycle tracks. The aim of the research was to define how to kerbs implementation on cycle crossing track affect average cycling speed.*

*Key words: bicycle traffic, cycling speed, kerb, cycle crossing track*

## ANALIZA I SIMULACIJA PEŠAČKIH KRETANJA ZA VREME SPECIJALNOG DOGAĐAJA SA PREDLOGOM MERA-PRIMER SPORTSKI CENTAR RADNIČKI

Stefan Knežević, mast. inž. saobraćaja, CEP Centar za planiranje urbanog razvoja,  
stefan@cep.rs

*Rezime: U saobraćajnom smislu aktivnosti koje izazivaju značajne promene u normalnom svakodnevnom realizovanju saobraćaja definišu se kao specijalni događaji. Planirani specijalni događaji predstavljaju javne aktivnosti sa tačno određenim vremenskim rasporedom, trajanjem i mestom, koje bi mogle uticati na normalno realizovanje saobraćaja u okruženju. Pešačenje je najzastupljeniji vid prevoza. Ali za razliku od vozila, pešaci se ne pridržavaju strogih pravila. Spontano se zaustavljaju, menjaju smer ili naglo menjaju pravac kretanja. U tom smislu je potrebno obratiti dodatnu pažnju pri planiranju i projektovanju pešačkih koridora. Modelovanje grupe posetilaca javnog prostora ima najveći prioritet kada je u pitanju bezbednost kretanja posetilaca u javnim objektima. Takođe je bitno obezbediti udobnost kretanja posetilaca i omogućiti uspešno realizovanje događaja. Uz pomoć softvera PTV VISWALK mogu se pored modelovanja pešačkih kretanja, prepoznati uska grla koja mogu dovesti do nepotrebnog vremena čekanja i ispitati operativne procedure (dužina reda na izlazu ili na prodajnim šalterima i vreme čekanja). U ovom radu biće prikazana analiza i modelovanje pešačkih kretanja pri izlasku sa sportskog centra Radnički nakon završetka specijalnog događaja sa maksimalnim brojem posetilaca kako bi se ispitale prostorne mogućnosti i vreme evakuacije na ulicu Vojvode Šupljikca u Beogradu.*

*Ključne reči: pešački saobraćaj, projektovanje i modelovanje pešačkih kretanja, PTV VISWALK*

### 1. Uvod

Predmet rada je lokacija sportskog centra Radnički u beogradskoj opštini Zvezdara. Pristup stadiona na lokalnu mrežu se prema projektu ostvaruje u zoni raskrsnice ulica Vojvode Šupljikca i Radivoja Koraća. Navedene ulice su u jednosmernom režimu saobraćaja i profili ulica nemaju potrebne dimenzije koje bi zadovoljile zahteve svih korisnika na mreži (širine trotoara). Simulacijom kretanja posetilaca stadiona u softverskom paketu PTV VISWALK, biće modelovano stanje nakon izgradnje novog stadiona.

Cilj rada je simulacija pešačkih kretanja tokom izlaska posetilaca sa stadiona. Rezultati simulacije daju vremena putovanja posetilaca do interne saobraćajnice u okviru objekta.

Radom je obuhvaćena analiza postojećeg stanja i delova objekta stadiona zbog razumevanja svih nivoa, stepeništa, prepreka i preseka, kao projektovanje saobraćaja i saobraćajne signalizacije. U modelu je simuliran ukupan broj posetilaca, odnosno 1244.

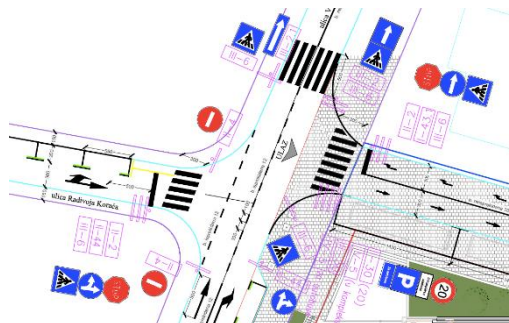
Objekat sportsko rekreativnog centra je namenjen planiranom specijalnom događaju poput futsalske, rukometne utakmice, a stadion se može koristiti i u svrhe organizovanja drugih manifestacija.

Planirani specijalni događaji definišu se kao javne aktivnosti sa tačno određenim vremenskim rasporedom, trajanjem i mestom, koje bi mogle uticati na normalno realizovanje saobraćaja, u smislu porasta saobraćajnih zahteva i/ili smanjenja potrebnih saobraćajnih kapaciteta.

## 2. Metodologija

Analizom postojećeg stanja izvršena je detaljna analiza planske i tehničke dokumentacije, zakona i regulatornih okvira koji se odnose na projektovanje i planiranje. Ova faza omogućava definisanje ograničenja, mogućnosti i ciljeve koje treba ispuniti. Radom su definisani ciljevi koji teže ka stvaranju uslova u saobraćaju koji će omogućiti efikasniji, produktivniji i bezbedniji saobraćaj u predmetnoj zoni sportskog centra Radnički.

Planirano rešenje obuhvata objekte sportsko centra Radnički na KP 7011 i KP 7012 KO Zvezdara, Beograd. Planirani pešački i kolski pristup lokaciji je ostvaren na jugozapadnoj strani iz ulice Vojvode Šupljikca (slika 1).



Slika 1: Planirani pristup stadionu iz ulice vojvode Šupljikca

Projektovana rešenja objekta i saobraćajnih profila biće testirana primenom mikrosimulacionih modela. Kao alat korišćiće se specijalizovani softverski paket PTV VISSIM 2021 i PTV VISWALK 2021, čije licence poseduje Centar za planiranje urbanog razvoja, CEP.

Kao ulazni podaci o protoku saobraćaja u postojećem stanju korišćen je transportni model grada Beograda iz 2015. godine, dok se za broj posetilaca koristi ukupan broj mesta koja su projektovana u objektu stadiona, a to je 1244 mesta (1044 mesta na tribinama, 10 mesta za invalide, 50 mesta na VIP tribinama, 12 novinarskih mesta i 128 mesta na severnoj i južnoj tribini).

Osnovni cilj modelske simulacije je odgovor na dva ključna pitanja:

- Kako projektovani stadion utiče na efikasnost i bezbednost posetilaca i vozača i
- Ponašanje pešaka pri izlasku sa stadiona i vreme putovanja od tribina do bezbednog mesta na internim saobraćajnicama.

Pri modelovanju organizovan je niz sastanaka sa arhitektama koje su projektovale objekat stadiona, kako bi stadion bio verodostojan i svi nivoi, stepeništa i zidovi bili prikazani u modelu i uzeti u obzir.

U PTV VISWALK-u, pešaci su kategorisani u različite tipove i klase pešaka. Unutar svakog tipa pešaka, pešaci imaju slične tehničke karakteristike i fizičko ponašanje pri

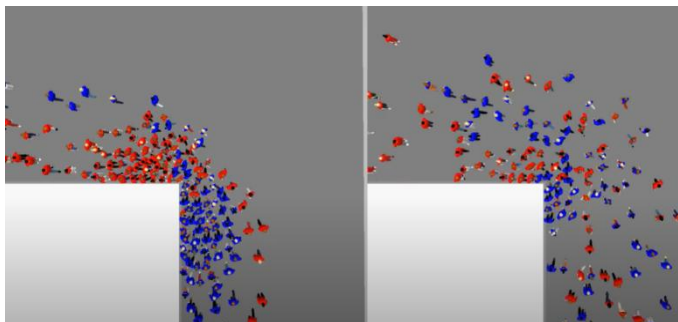
hodanju. Za svaki tip pešaka definisano je maksimalno ubrzanje, izgled pešaka (kosa, odelo itd.) i svaki ima svoj način ponašanja pri hodanju (walking behaviour). Korišćeni pešački tipovi su muškarci, žene, osobe u kolicima, itd.

Svaka ruta počinje definisanjem izvora i cilja kretanja i definisanjem broja pešaka na izvoru kretanja. Rute mogu biti i parcijalne, s tim da moraju da se završavaju na ciljnoj statičnoj ruti. Parcijalnim rutama pešaci mogu odstupiti od statične rute i zatim se vratiti na statičnu rutu. Delimične rute su korišćene u slučajevima kada su pešaci imali više mogućnosti da stignu do cilja.

Dinamički potencijal (**Dynamic potential**) je metoda zasnovana na ruti koja se koristi za potragom najbolje/najbrže rute kojom pešaci mogu proći unutar jednog nivoa.

I za dinamički potencijal i za metodu delimičnih ruta smanjenje vremena putovanja je odlučujući faktor za ponašanje pri pešačenju..

Izračunavanje potencijala dinamičke rute zahteva dosta vremena za računanje. Dinamičko potencijalno polje za određenu rutu izračunava se samo dok ima pešaka koji stvarno koriste rutu. Uporedni primer statične rute i dinamičkog potencijala je prikazan na slici ispod. Sa slike se može primetiti da pešaci koji se kreću u smeru sever-jug obojeni u crvenu boju, dok su pešaci koji se kreću u smeru jug-sever plave boje. U slučaju statične rute dolazi do većeg nagomilavanja pešaka na objektu koji zaobilaze, dok se drugom slučaju pešaci mnogo realije kreću i prave manju gustinu (slika 2).



Slika 2: Statična ruta(levo) i dinamički potencijal(desno)

Metoda dinamičkog potencijala ne može se primeniti na više nivoa i nema za cilj da pronađe najbrži put kroz više nivoa, zbog toga su u radu korišćene statične rute na nivoima sa gustinom pešaka na pojedinim mestima na nivou sprata.

Definisane su vrednosti broja posetilaca na svakom nivou, odnosno na svakoj tribini. Korišćena je metoda jednovremenog pojavljivanja pešaka na površini za kretanje pešaka. Broj pešaka na svakoj tribini odgovara tačnom broju prema projektu, zbog mogućnosti programa i definisanja tačnog broja. Broj posetilaca na svakoj tribini je izračunat na osnovu formule (1).

$$\text{Broj}_{\text{posetilaca}} = \frac{\text{interval jednovremenog pojavljivanja posetilaca}}{3600 \text{ sekundi}} [\text{broj posetilaca}] \quad (1)$$

Paremetri koji su korišćeni u izradi modela su:

- Parametar  $\lambda$  se koristi za podešavanje jačine uticaja drugih osoba i objekata na pešaka. Veća vrednost podrazumeva da se sile osoba iza pešaka manje nego sile osoba ispred pešaka.
- Parametar **ASocIso** i **BSocIso** zajedno utiču na jednu od dve sile koje zajedno čine odbojnu silu između dva pešaka. Parametar određuje snagu sile u metrima po kvadratnoj sekundi. Parametar predstavlja radijus tela pešaka u metrima.
- Parametar **ReactToN** predstavlja izračunavanje ukupne sile za pešaka i uzima u obzir samo uticaj n najbližih pešaka.

### 3. Simulacija saobraćaja

Za simulaciju saobraćaja pešaka i vozila korišćen je dinamički potencijal i metoda delimičnih ruta. Delimične rute zasnovane na vremenu koje se zasnivaju na metodi dinamičkog potencijala, međutim, omogućavaju pešacima diskretan izbor različitih ruta u određeno vreme. Ako je dinamički potencijal aktivan za određeno mesto ili među mestima, pešaci će pokušati krenuti rutom za koju trenutno veruju da je najbrža. To znači da se pešaci žele kretati u smeru koji se prema heurističkoj matematičkoj metodi smatra najkraćim vremenom hoda do sledećeg mesta ili međumesta.

Ne konkretna tačka odlučivanja. Pešaci neprestano teže optimizaciji vremena putovanja. Ovo je ograničeno samo vremenskim korakom simulacije. Metodom dinamičkog potencijala, pešaci automatski biraju svoju putanju, a time i svoju rutu iz neprekidno neograničenog i mnogobrojnih mogućih putanja. postoji

Izračunavanje potencijala dinamičke rute zahteva dosta vremena za računanje. Dinamičko potencijalno polje za određenu rutu izračunava se samo dok ima pešaka koji stvarno koriste rutu.

Definisana su dva scenarija izlaska pešaka iz stadiona. Scenario 1 gde pešaci koriste izlaze i evakuacione izlaze na svim nivoima, sem na prizemlju kod ulaza za vozila hitne pomoći. Dok scenario 2 koristi sve izlaze, sem jugoistočnog gde je u simulaciji prikazana incidentna situacija sa ugljen monoksidom.

Dinamične rute su korišćene kod kretanja pešaka nakon izlaska iz objekta, odnosno pristup pešaka na ulicu Vojvode Šupljikca.

Definisanjem svih nivoa, stepeništa, vrata, ruta kretanja i površina za kretanje pristupilo se pravljenju 3D video simulacije koji se nalazi na youtube prezentaciji, ali i proračunima vremena putovanja i gustine pešaka na određenim površinama.

U modelu je korišćen scenario management i napravljena su dva scenarija koja su pomenuta. Scenario management omogućava laku izmenu podataka modela koja se manifestuju u oba scenarija ili u jednom u zavisnosti od zahteva šta se želi prikazati.

Tokom rada fokus je stavljen na simulaciju kretanja pešačkih tokova, odnosno na deo softvera PTV VISWALK, ali i na interakciju pešačkih i vozačkih tokova u ulici Vojvode Šupljikca.

### 3.1. Scenariji

Scenario 1 (SC1) koristi sve izlaze osim ulaza za vozila hitne pomoći u prizemlju. Na sledećoj slici (slika 1) je prikazan izlaz posetilaca stadiona nakon prve sekunde. Može se primetiti da svi posetioци sa prizemlja kreću da izlaze u središnji izlaz. Posetioци sa nivoa +1 kreću svako svom bližem stepeništu i svi izlaze na stepeništa koja se nalaze u uglovima objekta.



Slika 3: Prva sekunda izlaska sa stadiona – SC1

Vreme potrebno da svi posetioци napuste stadion i pristupe ulici Vojvode Šupljikca je 9 minuta, što neće biti slučaj u scenariju 2.

Scenario 1 je prikazan na sledećem linku: <https://youtu.be/pzTxEeggdTU>

Scenario 2 je prikazan na sledećem linku: <https://youtu.be/ONN6kpCVeAQ>

Odnosno QR-kodu:



Slika 4: QR-kod SC1



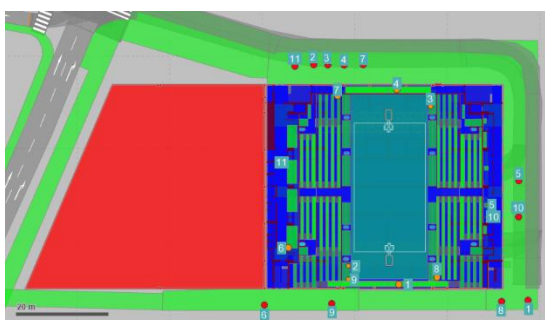
Slika 5: QR-kod SC2

U scenariju 2 posetioци ne koriste sve izlaze i to ne koriste jugoistočno stepenište, ali koriste izlaz za vozila hitne pomoći. Na sledećoj slici (slika 4) je prikazan izlaz posetilaca stadiona nakon prve sekunde. Može se primetiti da svi posetioци sa prizemlja (leva tribina) kreću da izlaze u središnji izlaz, dok desna tribina izlazi na bliži izlaz u prizemlju. Posetioци sa nivoa +1 kreću svako svom bližem stepeništu i svi izlaze na stepenište u levom uglu.



Slika 6: Prva sekunda izlaska sa stadiona – SC2

Vreme potrebno da svi pešaci napuste stadion i izađu na ulicu Vojvode Šupljikca je 12 minuta, što predstavlja duže vreme pražnjenja stadiona za 3 minuta, ako jedno stepenište nije u funkciji. Na slici ispod su prikazani početni i ciljni čvorovi na osnovu kojih je analizirano vreme putovanja.



Slika 7: Analiza vremena putovanja od početnog do ciljnog čvora

Na osnovu tabele može se primetiti da se vreme kretanja smanjilo za 100 % kod rednog broja 1 i povećalo kod rednog broja 9. Razlog za to je analiza sa otvorenim vratima u prizemlju koja služe za ulazak vozila hitnih službi. Može se videti da se značajno povećalo vreme izlaska posetilaca iz zona (sektora) označenim brojevima 8 i 10 za čak više od 100 sekundi, razlog za to je ne korišćenje stepeništa na jugoistoku zbog incidentne situacije i jedinog izlaska sa ove strane stadiona.

Tabela 1: Vreme kretanja između izvora i cilja

Redni broj	SC 1 [s]	SC 2 [s]	Razlika SC 2 – SC 1 [s]
1	197	276	79
2	166	0	-166
3	103	100	-3
4	130	151	21
5	55	62	7
6	69	90	21
7	213	192	-21
8	136	258	121
9	0	8	8
10	190	293	103
11	258	229	-29

#### 4. Zaključak

Vreme kretanja u slučaju scenarija 1 do pristupa ulici Vojvode Šupljikca iznosi 9 minuta, dok potrebno vreme u scenariju 2 iznosi 12 minuta. U slučaju scenarija 2 vreme pražnjenja stadiona je za 3 minuta duže u odnosu na scenario 1. Scenario 2 nosi sa sobom i veće gustine pešaka na prostoru ispred stepeništa i na samom stepeništu.

Pristup pešaka ulici Vojvode Šupljikca sa maksimalnim brojem od 1244 posetilaca koje generiše sportski centar Radnički dovodi do zagušenja, koje je prikazano na video prezentaciji scenarija. Rešenja za slučaj zagušenja ulice Vojvode Šupljikca u uslovima maksimalnog opterećenja stadiona jeste izmena režima saobraćaja u ulici. Režim saobraćaja treba regulisati tako da se izvrši obustava saobraćaja u ulicama Vojvode Šupljikca i Radivoja Koraća za vreme trajanja specijalnog događaja na sportskom centru Radnički.

#### Literatura

- [1] Projekat za građevinsku dozvolu objekta SPORTSKO REKREATIVNOG CENTRA SD RADNIČKI. 2021. Centar za planiranje urbanog razvoja - CEP, Beograd,
- [2] Plan detaljne regulacije za komplekse sporta i obrazovanja na uglu ulica Vojvode Šupljikca i Vatroslava Jagića, gradske opštine Zvezdara i Vračar (Službeni list grada Beograda, br. 107 - 05), 2020,
- [3] Stanić B. (2016), „UPRAVLJANJE KVALITETOM PUTNE MREŽE I SAOBRAĆAJNE OPREME - pisana predavanja“, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Srbija,
- [4] Dunn Engineering Associates, P.C. (2007), "Managing travel for planned special events handbook: executive summary", US Department of Transportation,
- [5] Litman, T. (2006), „Lessons From Katrina and Rita: What Major Disasters Can Teach Transportation Planners“, Victoria Transport Policy Institute,
- [6] PTV GROUP, PTV VISWALK - Pedestrian simulation software, objavljen na sajtu PTV GROUP, internet adresa: [https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-viswalk/?\\_ga=2.174623777.246173735.1631091566-1440764850.1628252573](https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-viswalk/?_ga=2.174623777.246173735.1631091566-1440764850.1628252573), posećen dana 01.09.2022.



## Summary

### **ANALYSIS AND SIMULATION OF PEDESTRIAN MOVEMENTS DURING A SPECIAL EVENT WITH A PROPOSED MEASURE - EXAMPLE RADNIČKI SPORTS CENTER**

*Abstract: In terms of traffic, activities that cause significant changes in normal daily traffic are defined as special events. A planned special event (PSE) is a public activity with a scheduled time, location and duration that may impact the normal operation of the surface transportation system due to increased travel demand and/or reduced capacity attributed to event staging. Walking is the most common mode of transportation. But unlike vehicles, pedestrians don't follow strict rules. Pedestrians spontaneously stop, change direction or suddenly change the direction of movement. Modeling a group of visitors to a public space has the highest priority when it comes to the safety of the movement of visitors in public facilities. It is also important to ensure the comfort of the visitors and enable the successful implementation of the event. With the PTV VISWALK software, in addition to modeling pedestrian movements, bottlenecks that can lead to unnecessary waiting time can be identified and operational procedures examined (queue length at the exit or at sales counters and waiting time). This paper will present the analysis and modeling of pedestrian movements when leaving the Radnički sports center after the end of a special event with the maximum number of visitors to examine the spatial possibilities and time of evacuation to Vojvode Šupljikca Street in Belgrade.*

*Key words: pedestrian traffic, design and modeling of pedestrian movements, PTV VISWALK*

## PRAKTIČNA PRIMENA MOBILNIH BROJAČA SAOBRAĆAJA U CILJU PLANIRANJA SAOBRAĆAJNE MREŽE

Aleksandar Petrić, GMP Gramont-NS, Novi Sad, [aleksandar.petric@gmpns.co.rs](mailto:aleksandar.petric@gmpns.co.rs)

Goran Đokić, GMP Gramont-NS, Novi Sad, [goran.djokic@gmpns.co.rs](mailto:goran.djokic@gmpns.co.rs)

Milana Krnjajac, GMP Gramont-NS, Novi Sad, [milana.krnajac@gmpns.co.rs](mailto:milana.krnajac@gmpns.co.rs)

*Rezime: Predmet rada je praktična primena mobilnih brojača saobraćaja u cilju planiranja saobraćajne mreže na deonicama puteva u naselju i van naselja. U radu su istaknute brojne prednosti mobilnih brojača saobraćaja, kao i određena ograničenja. Brojanje saobraćaja sprovodi se radi prikupljanja podataka o intenzitetu i strukturi saobraćajnih tokova, što je važan ulazni parametar za dalju analizu. Rezultati analize frekvencije saobraćaja čine osnovu za regulisanje i planiranje saobraćaja; daju uvid u postojeće stanje saobraćaja, i ukazuju na potrebe za rekonstrukciju postojećih, izgradnju novih saobraćajnih pravaca i ostale mere poboljšanja postojećeg i budućeg saobraćaja.*

*Ključne reči: brojanje saobraćaja, analiza frekvencije saobraćaja, mobilni brojači, planiranje saobraćaja*

### 1. Uvod

Za opisivanje saobraćajnog toka definisani su osnovni parametri, i to: protok vozila, gustina i brzina saobraćajnog toka, vreme putovanja i jedinično vreme putovanja vozila u toku, vremenski interval i rastojanje sleđenja vozila u toku. [1]. Ovi parametri se utvrđuju analizom frekvencije saobraćaja, a ulazni podaci za ovu analizu se dobijaju brojanjem saobraćaja. Brojanje saobraćaja može biti statičko ili dinamičko, a obavlja se ručno ili automatski, pri čemu automatski brojači saobraćaja mogu biti fiksni ili mobilni u zavisnosti od načina postavljanja. U radu je prikazana praktična primena automatskih mobilnih brojača saobraćaja. Brojanje saobraćaja pruža uvid u trenutno stanje saobraćaja, a dalja analiza i obrada dobijenih podataka predstavljaju osnovu za planiranje izgradnje buduće saobraćajne mreže i rekonstrukcije postojeće, planiranje načina regulisanja saobraćaja, i mera za poboljšanje postojećeg i budućeg saobraćaja.

Rad se sastoji od pet poglavlja. Nakon uvodnog dela, opisan je postupak postavljanja i način rada mobilnih brojača saobraćaja. U trećem poglavlju je opisano prikupljanje podataka sa mobilnih brojača, a zatim način obrade i analize prikupljenih podataka, kao i ograničenja na koja se nailazi prilikom primene brojača u praksi. Peto poglavlje sadrži zaključak rada.

### 2. Mobilni brojači saobraćaja

Postoji više tipova mobilnih brojača saobraćaja, a u radu su opisani brojači proizvođača „MH Corbin“ model NC300 (Slika 1), jer su korišćeni u praksi, u primerima koji su prikazani u radu.



Slika 1: Mobilni brojač „MH Corbin“ NC300

Ovi mobilni brojači su automatizovani i potpuno samostalni, odnosno ne zahtevaju spoljne senzore kao kod mehaničkih brojača (indukcione petlje ili nagazne cevi), što im daje prednost u odnosu na druge vrste mobilnih brojača. Dizajnirani su tako da obezbede veliku tačnost pri merenju broja vozila, brzine kretanja i dužine vozila, temperature podloge, a njihovo postavljanje i uklanjanje je vrlo jednostavno i brzo.

### **2.1. Postavljanje i način rada mobilnih brojača saobraćaja**

Svi senzori i delovi koji čine brojač su smešteni u aluminijumsko kućište. Prilikom postavljanja brojača na odgovarajuće mesto za brojanje, on se postavlja ispod poliuretanskog zaštitnog poklopca, koji izgledom podseća na rampu ili platformu, a pričvršćuje se za podlogu pomoću osam vijaka. Zbog toga su ovi brojači prilično otporni na spoljašnje meteorološke i mehaničke uticaje, kao što su: kiša, nevreme, prašina, i slično. Još jedna karakteristika koja odlikuje ove brojače je kućište malih dimenzija, koje pruža potpunu sigurnost i zaštitu senzora, a sa druge strane, slabo je uočljivo vozačima u saobraćaju, što obezbeđuje tačnije informacije o stvarnom trenutnom stanju.

Mobilni brojači se mogu postaviti direktno na mesto gde je potrebno snimiti saobraćajni tok, odnosno direktno na kolovoz, most, parking, u garaži, ili u oblasti gradnje na makadamu, jer senzor koji poseduju može u različitim uslovima obezbediti podatke neophodne za analizu saobraćajnog toka. Prednost ovih brojača je to što za detekciju nije potreban fizički kontakt brojača sa vozilom, već je dovoljno da vozilo prođe iznad brojača. Senzor koristi VMI (*Vehicle Magnetic Imaging*) tehnologiju, pomoću koje se detektuju sva vozila koja prođu kroz magnetno polje brojača [2]. S obzirom da svako motorno vozilo ima delove sastavljene od čelika, kada vozilo prođe iznad brojača, delovi od čelika izazivaju određenu promenu u magnetnom polju brojača, koji dalje indukuje električni signal koji senzoru javlja da je došlo do promene u magnetnom polju. Na osnovu toga, brojač može odrediti tačan broj vozila, izmeriti brzinu kretanja vozila, i klasifikovati vozila na osnovu njihove dužine.

Prilikom postavljanja brojača na podlogu, važno je postaviti ga na sredinu saobraćajne trake (kako bi vozila prolazila iznad brojača), tako da strelica na brojaču bude usmerena u pravcu kretanja saobraćajnog toka. Treba izbegavati postavljanje brojača u blizini horizontalnih krivina ili širokih saobraćajnih traka gde vozila mogu zaobići brojač. Takođe, brojač ne treba postavljati na metalnim mostovima, jer se ne može neutralisati uticaj metalne konstrukcije na magnetno polje brojača, i samim tim brojanje vozila je ometeno, i može dovesti do nerelevantnih podataka. Ali ukoliko je brojanje na mostu neophodno za

istraživanje, brojač se može postaviti pre ili posle mosta. Na sledećoj slici je prikazan primer ispravno postavljenih mobilnih brojača u dvosmernoj ulici u naselju (Slika 2).



Slika 2: Mobilni brojači „MH Corbin“ NC300 postavljeni u dvosmernoj ulici u naselju

Dužina snimanja saobraćajnog toka primarno zavisi od kapaciteta baterije i gustine saobraćajnog toka. Ovi brojači poseduju komplet od tri punjive, litijum-jonske baterije, koje imaju veoma dug vek trajanja, i omogućavaju klasifikaciju 300.000 vozila u periodu od tri sedmice [2]. Stepennapunjenosti baterija se određuje pomoću HDM (*Highway Data Management*) softvera.

### 3. Prikupljanje, obrada i analiza podataka sa mobilnih brojača saobraćaja

Za preuzimanje snimljenih podataka i komunikaciju između brojača i računara koristi se HDM (*Highway Data Management*) softver i interfejs adapter. Brojač čuva podatke o svakom detektovanom vozilu, a zatim HDM preuzima snimljene podatke i smešta ih po intervalima koji su zadati od strane korisnika. Vremenski intervali snimanja se mogu podesiti na više načina u zavisnosti od cilja analize i mogu biti od 1 do 120 minuta. Na primer, brojači se mogu podesiti tako da prikupljaju podatke o vozilima tokom celog dana u vremenskim intervalima od 10 minuta ili 1 sat, ili drugačije. Takođe, mogu se postaviti da prikupljaju podatke o vozilima samo u vršnim periodima dana, sa vremenskim intervalima od 1 minut. Brojači NC300 koriste HDM verziju 9.4.3, koji objedinjuje podatke o broju vozila, brzini, klasifikaciji, gustini toka, vremenu sleđenja vozila, temperaturi podloge, i da li je kolovoz vlažan ili suv. Prikupljeni podaci prikazani su u formi izveštaja i grafikona, i sačuvani u .rtf (*Rich Text Format*) i .ttx (*Trados TagEditor*) fajlovima, a na sledećoj slici je prikazan primer (Slika 3).

## Date/Time/Volume/Average Speed/Temperature Report

Date And Time Range		Period Volume	Average Speed	Roadway Temperature	Roadway Surface Wet/Dry
HI-Star ID: 3393      Begin: sep.08.06 08:00      End: sep.08.06 16:00 Street: Bubanj Potok      Lane: Od Lestana      Hours: 8.00 State: Sr      Oper: SAL      Period: 10 City: Lestane      Posted: 97      Raw Count: 2587 County: Srbija      AADT Factor: 1      AADT Count: 7,761					
pet, 09.08.2006					
[14:30-14:40]		59	63 KPH	41 C	Dry
[14:40-14:50]		38	65 KPH	40 C	Dry
[14:50-15:00]		67	60 KPH	40 C	Dry
[15:00-15:10]		47	56 KPH	40 C	Dry
[15:10-15:20]		71	60 KPH	39 C	Dry
[15:20-15:30]		60	54 KPH	39 C	Dry
[15:30-15:40]		58	52 KPH	39 C	Dry
[15:40-15:50]		56	56 KPH	39 C	Dry
[15:50-16:00]		56	65 KPH	38 C	Dry
sep.08.06 08:00					
sep.08.06 16:00		2587	58 KPH	34 C	

Slika 3: Primer izveštaja u HDM-u

Kako bi se proširile mogućnosti prikaza i obrade izveštaja i grafikona sačuvanih u rtf fajlu, HDM se može integrisati sa *Microsoft Office*-om, pri čemu se brzo i lako mogu preneti svi prikupljeni podaci u Excel fajl.

#### 4. Analiza frekvencije saobraćaja u praksi i ograničenja mobilnih brojača saobraćaja

Pored svih pomenutih prednosti i jednostavnosti korišćenja mobilnih brojača, postoje i određena ograničenja na koja se nailazi u praksi.

Jedno od ograničenja je pogrešna klasifikacija vozila kada se kreću vrlo blizu jedan iza drugog. Ovo ograničenje je primećeno pri analizi frekvencije saobraćaja u urbanoj celini naseljenog mesta. Karakteristike lokacije su izrazito uske ulice, većinom jednosmerne, koje prolaze između objekata, pretežno prizemnih kuća, zbog čega ne postoji mogućnost proširenja kolovoza, a pešaci i biciklisti se kreću po kolovozu, jer ne postoje površine namenjene njihovom kretanju. Nakon obrade podataka sa brojača, primećeno je da je zabeležen prolazak par autobusa i teretnih vozila. Znajući da tim ulicama ne prolaze autobusi i teretna vozila, ustanovljeno je da je brojač pogrešno klasifikovao vozila. S obzirom da se klasifikacija vozila vrši na osnovu dužine vozila, brojač je vozila koja su prošla vrlo blizu jedno iza drugog prepoznao i klasifikovao kao autobus ili teretno vozilo.

Sledeće ograničenje odnosi se na neklasifikovana vozila. Prilikom brojanja često se pojavi oko 3% neklasifikovanih vozila. Do toga dolazi kada vozila zaobiđu brojač, odnosno prođu pored umesto iznad brojača. Naime, ovo ograničenje je zapaženo brojanjem saobraćaja van naselja, na mestima gde su saobraćajne trake veće širine, kada je brojač postavljen u horizontalnoj krivini, a posebno na deonicama puta gde je dozvoljeno preticanje vozila. Vozilo koje prođe pored brojača, prođe kroz njegovo magnetno polje i bude identifikovano, ali brojač ne može odrediti dužinu vozila, pa samim tim ga ne može klasifikovati.

Jedan od uslova za sprovođenje postupka brojanja predstavlja neophodnost zaustavljanja saobraćaja prilikom postavljanja i uklanjanja brojača. Zbog toga, neophodno

je dobro isplanirati i organizovati postavljanje i uklanjanje brojača, jer u suprotnom taj proces bi narušio bezbednost svih učesnika u saobraćaju. U praksi se primenjuju različita rešenja za prevazilaženje ovog ograničenja, u zavisnosti od karakteristika lokacije. Na primer, kada se brojači postavljaju u manje prometnim ulicama i na parkinzima, potrebno je angažovati vozilo koje će stajati ispred mesta gde se postavlja ili uklanja brojač sa uključena sva četiri pokazivača pravca, i potrebno je postaviti trougaoni znak upozorenja ispred zaustavljenog vozila na propisan način, a osoba koja postavlja brojač treba na sebi imati fluorescentni prsluk. Ovo je jednostavniji postupak postavljanja i uklanjanja brojača, koji se može primeniti i na bulevarima i prometnijim ulicama, a sa složenijim karakteristikama lokacije, i postupak postavljanja i uklanjanja brojača je složeniji. Na primer, kada je potrebno brojače postaviti na autoput, zbog velikih brzina kretanja vozila, postupa se kao u slučaju kratkotrajnih radova na putu. U tom slučaju, neophodno je angažovati projektnu organizaciju radi izrade projekta saobraćaja i saobraćajne signalizacije za vreme izvođenja radova, i izvođače radova koji će postupiti po projektu. Vreme trajanja samog postavljanja i uklanjanja brojača sa podloge je oko 15 minuta, što je prilično kratko, ali sam proces planiranja i organizacije postavljanja i uklanjanja brojača je složeniji i zahteva više vremena.

Mobilni brojači imaju visoku jediničnu cenu koštanja. A za studije i istraživanja je potrebno upotrebiti više brojača istovremeno, kako bi podaci bili relevantni, i kako bi se brojanjem mogle obuhvatiti sve potrebne lokacije, jer su predmet istraživanja često čvorišta, deonice puteva, kao i cela naselja i kordoni. Zbog toga je često isplativije angažovati projektne organizacije koje poseduju mobilne brojače saobraćaja, i imaju iskustva u radu sa istim. Za relevantnost podataka brojanje se mora obaviti u merodavnim periodima godine, i merodavnim danima u sedmici. Na primer, saobraćajni tok u vreme godišnjih odmora, školskih raspusta, većih manifestacija i slično, nije merodavan, jer te okolnosti utiču na značajnije promene u saobraćajnom toku. Pored toga, dani vikenda, kao i petak i ponedeljak se ne smatraju merodavnim danima za brojanje saobraćaja. I to je još jedan razlog za potrebu angažovanja projektnih organizacije koje su stručne u ovoj oblasti.

Kako bi se prevazišla ograničenja, vrlo je važno dobro proceniti koja je lokacija adekvatna za postavljanje brojača, odnosno na kom mestu će brojač dati najrelevantnije podatke. Takođe je bitno isplanirati sve pre samog postupka postavljanja, jer je saobraćaj dinamičan, i lako može doći do propusta koji mogu imati loše posledice.

## 5. Zaključak

Predmet rada je praktična primena mobilnih brojača saobraćaja u cilju planiranja saobraćajne mreže. Predstavljen je način rada automatskih mobilnih brojača saobraćaja proizvođača „MH Corbin“ model NC300, njihove glavne karakteristike, prednosti, kao i određena ograničenja na koja se može naići u praksi. Opisan je način obrade, analize i prikazivanja podataka sa brojača. Brojanje saobraćaja sprovodi se radi prikupljanja podataka o intenzitetu i strukturi saobraćajnih tokova, što su ulazni parametri za analizu frekvencije saobraćaja, na osnovu koje se vrši saobraćajno i urbanističko planiranje, planiranje buduće saobraćajne mreže, rekonstrukcija postojeće i izgradnja novih saobraćajnih pravaca. Može se zaključiti da su mobilni brojači saobraćaja vrlo koristan alat

za dobijanje podataka o osnovnim parametrima saobraćajnog toka, a na osnovu kojih se dalje mogu raditi mnoge značajne prognoze i donositi važne odluke.

### Literatura

- [1] Kuzović, Ljubiša. 2000. Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [2] MH Corbin. *Operations Manual. Portable Traffic Analyzer NC300.*

### Summary

#### THE APPLICATION OF PORTABLE TRAFFIC ANALYZERS FOR THE PLANNING OF A TRAFFIC NETWORK

*Abstract: The subject of this paper is the application of a portable traffic analyzer in order to plan the traffic network in the settlement and outside the settlement. The paper highlights numerous advantages of portable traffic analyzers, and some limitations. Traffic counting is carried out in order to collect data on the intensity and structure of traffic flows, which is an essential input parameter for the following analysis. The results of traffic frequency analysis form the basis for traffic regulation and planning. It provides insight into the current state of traffic, as well as the needs for the reconstruction of existing, construction of new traffic routes, and other measures to improve existing and future traffic.*

*Key words: traffic counting, traffic frequency analysis, portable traffic analyzers, traffic planning*

## ANALIZA I KVALITET MJERENJA SAOBRAĆAJNE SIGNALIZACIJE I OPREME U FUNKCIJI BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA

*Osman Lindov, Fakultet za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo  
Bosna i Hercegovina, e mail: olindov@gmail.com*

*Adnan Omerhodžić, Fakultet za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo  
Bosna i Hercegovina, e mail: adnanomerhodzic@gmail.com*

*Rezime: U radu je prikazana analiza i kvalitet mjerenja saobraćajne signalizacije i opreme u funkciji bezbjednosti saobraćaja. Potrebno je da se kod svih gradilišnih radova na putnoj infrastrukturi izvrše odgovarajuća mjerenje kvaliteta saobraćajne signalizacije i opreme kako za onu koja je sastavni dio glavnog projekta tako i za onu privremenu koja se koristi u toku građenja. Materijali, proizvodi, oprema i radovi moraju biti izvođeni u skladu s normama i tehničkim propisima navedenim u projektnoj dokumentaciji, s tim da se kod postavljanja signalizacije i opreme na putu podrazumijeva provjera i usklađenost sa važećim mjerilima kvalitete. Prilikom mjerenja i analize kvaliteta ugrađene signalizacije i opreme obavezna je primjena odgovarajućih nacionalnih i EN regulativa. U radu su prikazane norme i standardi za saobraćajnu signalizaciju i opremu puta, načini mjerenja kao i potrebni mjerni instrumenti za bazična mjerenja.*

*Ključne reči: saobraćaj, signalizacija, mjerenja kvaliteta, bezbjednost.*

### 1. Uvod

Saobraćajna signalizacija i oprema služi prenošenju obavijesti o trenutnom ili budućem stanju saobraćajnog sistema i pravilima kretanja učesnika saobraćaja. Saobraćajna signalizacija i oprema se dijeli na horizontalnu, vertikalnu i svjetlosnu signalizaciju, te saobraćajnu opremu. U svrhu osiguravanja kvalitetne saobraćajne signalizacije i opreme, a samim time i zadovoljavajućeg nivoa bezbjednosti na putu u toku instalacije signalizacije i opreme na putu, odnosno neposredno prije puštanja u saobraćaj potrebno je izvršiti provjeru kvaliteta i ispunjavanja standarda, kao i koeficijenta prianjanja asfaltne površine. Isto tako, u određenim vremenskim razmacima nakon puštanja u saobraćaj, potrebno je provoditi ispitivanja saobraćajne signalizacije i opreme ceste. Ispitivanjem kvalitete saobraćajne signalizacije i opreme (koeficijenta trenja asfalta, oznaka na kolovozu i saobraćajnih znakova) dobiva se uvid u usklađenost svojstava sa uslovima propisanim zakonskim i podzakonskim aktima, te normama i standardima kako nacionalnim tako i EU normama. Osim toga, ispitivanja kvalitete omogućuju optimizaciju troškova održavanja saobraćajne signalizacije i opreme kao i ispitivanja u slučajevima saobraćajnih nezgoda[1]. Ispitivanja koja se provode u cilju osiguranja propisane kvalitete saobraćajne signalizacije i opreme puta mogu biti: prethodna ili ispitivanja pogodnosti, tekuća, kontrolna, redovna, dodatna kontrolna ispitivanja, arbitražna i ispitivanja prije isteka garantnog roka.



## 2. Materijali za označavanje puta i metode ispitivanja-en norma

Shodno EN 1436:2018. Materijali za označavanje puta - Performanse za označavanje puta za učesnike saobraćaja i metode ispitivanja, potrebno je sprovesti sljedeća mjerenja i ispitivanja na dijelu horizontalne i vertikalne signalizacije, te na asfaltnoj podlozi:

- Koeficijent osvijetljenja pod difuznim osvijetljenjem  $Q_d$  koeficijent osvijetljenja polja oznake puta u određenom smjeru osvijetljenjem na terenu (jedinica:  $mcd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1}$ ).

- Faktor osvijetljenja  $\beta$  omjer osvijetljenja polja oznake puta u određenom smjeru u odnosu na onaj savršenog reflektirajućeg difuzora identično osvijetljenog.

- Koeficijent retrorefleksirane svjetlosti RL koeficijent osvijetljenja L polja oznake puta u smjeru promatranja osvijetljenjem  $E_{\perp}$  na polju okomito na smjer svjetla (jedinica:  $mcd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1}$ ).

- Vrijednost testera otpora klizanja SRT kvaliteta otpornosti na klizanje mokre površine mjerena trenjem pri maloj brzini gumenog klizača na ovoj površini.

- Funkcionalno razdoblje vijeka trajanja tokom kojeg oznaka na putu ispunjava sve zahtjeve efikasnosti nivoa koje je određeno.

- Strukturirana oznaka puta s strukturiranom površinom koja nema područja označavanje puta pravilnih dimenzija i ravnine Napomena 1. do ulaska: Konstrukcije se mogu formirati uzorcima, profilima, slučajnom teksturom ili drugim karakteristikama.

- Tip I oznaka puta koja ne mora nužno imati posebna svojstva namijenjena poboljšanju retrorefleksije u vlažnim ili kišnim uslovima.

- Tip II oznaka puta s posebnim svojstvima namijenjenim poboljšanju retrorefleksije u mokrom ili kišnom stanju.

- Koordinate hromatike x,y koordinate u CIE 1931 dijagramu hromatike prostora boja CIE 1931. [2].

## 3. Analiza kvalitete materijala i mjerenja horizontalne signalizacije puta

Kvalitet i kvantitet vizuelnog vođenja učesnika u saobraćaju direktno ovisi o vidljivosti, te su retroreflektivna svojstva saobraćajnih oznaka na kolovozu od presudnog značenja za bezbjedno odvijanje saobraćaja na putu. Ocjena kvaliteta izvedenih oznaka na kolovozu bazira se na rezultatima ispitivanja odgovarajućim mjernim instrumentima. Ispitivanja kvalitete oznaka na kolovozu podrazumijevaju provođenje nekoliko testova (otpornost na klizanje, debljina suhog i mokrog filma itd.) među kojima najznačajniju ulogu imaju ispitivanja vidljivosti, odnosno retrorefleksije oznaka [3]. Ispitivanje retrorefleksije oznaka provodi se primjenom statičke ili dinamičke metode ispitivanja. U tabeli 1 prikazane su minimalne propisane vrijednosti za nove oznake na kolovozu, poput koeficijenta retrorefleksije, faktora osvijetljenja i otpornosti na klizanje [4].

Dinamička metoda ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolovozu podrazumijeva ispitivanje isključivo noćne vidljivosti, odnosno retrorefleksije dinamičkim mjernim uređajem u cijeloj njihovoj dužini. Mjerni uređaj vrši mjerenje sa vozila u pokretu kontinuirano u toku vožnje. Statička metoda ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolovozu podrazumijeva primjenu ručnih retroreflektometara koji se pozicioniraju na oznaku te mjere dnevnu i noćnu vidljivost oznaka. Postoje dvije metodologije koje propisuju broj i raspodjelu mjernih uzoraka [5]. Kentucky metoda ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolovozu se vrši u periodu između 30-og i 60-og dana od izvođenja oznaka. Ispitivanja se provode u ispitnom odsječku dužine 500 m na svakoj sekciji. Ispitni se odsječak uzima u

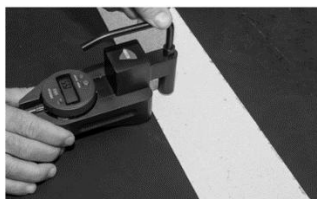
prvoj trećini dužine sekcije te se unutar odsječka provodi deset ispitivanja na međusobnom razmaku od 50 m. Na svih deset mikrolokacija izvrše se po 3 mjerenja dnevne i noćne vidljivosti te se prosječna vrijednost tih ispitivanja uzima kao mjerodavna [5]. Njemačka metoda ZTV M13 određuje broj ispitnih odsječaka prema dnevnom učinku izvođača oznaka. Lokacije ispitnih odsječaka biraju se prema načelu slučajnosti na reprezentativnim mjestima na kojima vladaju približno jednaki uslovi opterećenosti i karakteristike podloge unutar izvedene dionice. Mjerni odsječak za procjenu dnevne i noćne vidljivosti iznosi za neprekinute uzdužne oznake 50 m dužine, a za isprekidane uzdužne oznake 3 dužine linije. Unutar svakoga mjernoga odsječka bira se pet mjernih tačaka [5]. Jedan od najnaprednijih uređaja za mjerenje retrorefleksije elemenata horizontalne signalizacije predstavlja Retroreflektometar LTL3000. LTL3000 mjeri RL vrijednost (koeficijent retroreflektovanog osvjetljenja noću) i  $Q_d$  vrijednost (vidljivost dnevnog svijetla). RL je mjera svjetline oznake na putu koju vide vozači motornih vozila u svijetlu farova automobila. Reflektovana svjetlost i za RL i za  $Q_d$  mjeri se pod uglom od  $2,29^\circ$ , što odgovara udaljenosti posmatranja od 30 metara. Ovo je relevantno za situaciju gledanja vozača u normalnim uslovima.

Tabela 1: Minimalne propisane vrijednosti za oznake na kolovozu unutar garantnog roka

Vrijednost oznaka na kolovozu	Boja	Autoceste i brze ceste		Ostale ceste			
		Minimalna vrijednost		Minimalna vrijednost			
		Oznake Tipa 2		Oznake Tipa 1		Oznake Tipa 2	
		lcd/lxm <sup>2</sup>	razred	lcd/lxm <sup>2</sup>	razred	lcd/lxm <sup>2</sup>	razred
Koeficijent retrorefleksije ( $Q_d$ ) dnevna vidljivost - suhi kolovoz	Bijela	100	Q2	100	Q2	100	Q2
	Žuta	100	Q2	80	Q1	100	Q1
Koeficijent retrorefleksije (RL) noćna vidljivost - suhi kolovoz	Bijela	150	R3	100	R2	100	R3
	Žuta	100	R2	80	R1	100	R2
Koeficijent retrorefleksije ( $R_w$ ) noćna vidljivost - mokar kolovoz	Bijela	35	RW2	-	-	35	RW2
	Žuta	25	RW1	-	-	25	RW1
Faktor osvjetljenja(l)	Bijela	0.4	B3	0.4	B3	0.4	B3
Otpornost na klizanje(SRT)	-	45	S1	45	S1	35	S1

### 3.1. Analiza debljine oznaka na putu

Postupak mjerenja debljine suhog sloja boje oznaka na kolovozu provodi se prema normama EN ISO 2360:2017, EN ISO 2178:2016 i EN ISO 2808:2008 u sklopu tekućih i kontrolnih ispitivanja. Minimalna debljina sloja boje utvrđuje se mjerenjem debljine suhog filma oznaka na kolovozu. Uređaj za mjerenje debljine sloja boje na kolovozu je prikazan na slici 1.



Slika 1. Uređaj za mjerenje debljine sloja horizontalnih oznaka na kolovozu izvedenih od termoplastičnih materijala

#### 4. Analiza kvalitete materijala i mjerenja i vertikalne signalizacije puta

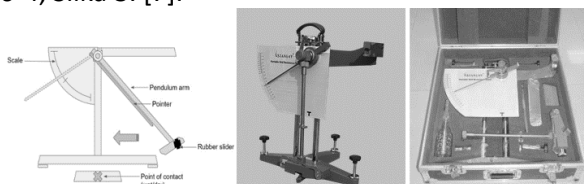
Kvalitet saobraćajnih znakova trebao bi se ispitivati barem jednom godišnje radi provjere vrijednosti retrorefleksije pri korištenju kratkih svjetala farova i tehničke ispravnosti. Poželjno je provjeravati kvalitet znakova i u noćnim uslovima budući da se tako mogu utvrditi vizuelni nedostaci koji nisu vidljivi pri dnevnom svjetlu. Snaga retrorefleksije saobraćajnih znakova definisana je koeficijentom retrorefleksije (Ra) koji predstavlja omjer izlazne svjetlosti površine (L) i ulaznoga osvjetljenja po toj površini (E), mjeri se u kandelima po luksu po metru kvadratnom ( $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Minimalna snaga, odnosno nivo retrorefleksije svake boje pojedinih retroreflektirajućih materijala definisana je međunarodnim normama (EN 12899) u zavisnosti od ulaznih uglova i uglova gledanja, te ASTM E 1709 & ASTM E 2540 (saobraćajni znakovi) [6].



Slika 2. Primjeri mjerenja retrorefleksije saobraćajnih znakova prilikom inspekcije bezbjednosti puta Stolac – Neum primjenom RetroSign GRX

#### 5. Analiza kvalitete materijala i mjerenje kolovozne površine puta

Ispitivanje otpornosti na klizanje površine puta i oznaka na kolovozu podrazumijeva mjerenje trenja, mjernim uređajem (Klatno, SRT) prema normi EN 1436, odnosno prema metodologiji EN 13036-4, Slika 3. [7].



Slika 3. Klatno- uređaj za ispitivanje otpornosti na klizanje

Odgovarajući otpor kolovoza na klizanje ključni je uslov za bezbjedno odvijanje saobraćaja na putu. Prenosni uređaj SRT (Skid Resistance Tester) Klatno spada u Metodu za statičko mjerenje otpornosti klizanja površine puta [8]. Ovom se metodom mjeri otpornost na klizanje malog područja na površini kolovoza, veličine otprilike  $0,01 \text{ m}^2$ . Uređaj simulira klizanje između gume vozila i puta. Ako Klatno - SRT daje vrijednost od 65, to predstavlja vrlo dobra otpornost, dok je vrijednost od  $\text{SRT} = 45$ , predstavlja mala otpornost na klizanje. SRT daje indikaciju vrijednosti otpora na klizanje na grauiranoj graviranoj skali koja odgovara koeficijentu trenja  $\times 100$ . Instrument je neophodan za korištenje u fazi projektovanja, u toku održavanja i za ispitivanje trenja asfalta na mjestu saobraćajne nezgode. Prije ispitivanja na kolovoznoj površini, površinu oznake je potrebno očistiti glatkom mokrom četkom te uređaj postaviti iznad oznake izravnavajući ga s tri vijka. Mjernu površinu je potrebno navlažiti s  $100 \text{ ml} \pm 20 \text{ ml}$  vode. Otpuštanjem klatna mjerna guma prelazi preko oznake (konstantnom silom od  $22,2 \text{ N}$ ) te se klatno na drugoj strani ručno zaustavlja kako bi se mogla očitati vrijednost. Postupak se ponavlja pet puta te ukoliko se vrijednosti ne razlikuju za više od 3 SRT jedinice računa se prosječna

vrijednost tih pet mjerenja. U suprotnome, postupak se ponavlja dok se ne dobiju tri uzastopna konstantna očitavanja [8]. Usklađena norma EN13036-4:2011 koja se odnosi na svojstva otpornosti na klizanje je uvedena kako bi se standardiziralo ispitivanje između zemalja u Evropi. Norma EN 13036-4:2011. Karakteristike površine cesta i aerodroma - Metode ispitivanja - Dio 4: Metoda za mjerenje otpora površine na klizanje: Ispitivanje klatnom. Ova evropska norma opisuje metodu za određivanje otpornosti površine na klizanje pomoću uređaja koji ostaje nepomičan na mjestu ispitivanja. Otpor klizanja može varirati po širini kolovozne površine. U tabeli 1, date su minimalne vrijednosti dobivene mjerenjem sa klatnom za odgovarajuće elemente putne infrastrukture[10] [11].

Tabela 2. Predložene minimalne vrijednosti dobivene mjerenjem klatnom (PTV-Pendulum Taster Value)

Kategorija	Vrsta testirane površine	Min PTV (mokra površina)
A	Kružni tok. Krivine puta radijusa manjeg od 150 m bez ograničenja. Strmi nagibi. Prilazi semaforima na putevima bez ograničenja	65
B	Autoputevi, magistralni i putevi 1. klase, putevi u urbanim područjima (više od 2000 vozila dnevno)	55
C	Na ostalim putevima	45

## 6. Zaključak

Saobraćajnom signalizacijom i opremom, učesnici saobraćaja primaju obavijesti o ograničenjima, zabranama, opasnostima i stanju na putu kako bi pravovremeno prilagodili način upravljanja vozilom, a time povećali bezbjednost saobraćaja i smanjili mogućnost nastanka saobraćajne nesreće. Ispitivanja koja se provode u cilju osiguranja kvaliteta oznaka na kolovozu su prethodna ispitivanja, tekuća, kontrolna, dodatna kontrolna, arbitražna te ispitivanja prije isteka garancije. U mnogim zemljama se ne provodi redovna kontrola saobraćajne signalizacije i opreme, što uzrokuje velik broj neispravnih znakova i istrošenih oznaka na kolovozu. Takva saobraćajna signalizacija narušava bezbjedno odvijanje saobraćaja. Sva ispitivanja na saobraćajnoj signalizaciji i opremi trebaju se provoditi u skladu sa relevantnim nacionalnim i EN standardima ili smjernicama.

## LITERATURA

- [1] Calculation of an applicable friction coefficient for the reconstruction of traffic accidents with the aid of measured roughness on the spot and the GIDAS-database Author: Dipl.-Ing. Uli Uhlenhof Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH Zellescher Weg 24 01217 Dresden Email: [uhlenhof@vufo.de](mailto:uhlenhof@vufo.de)
- [2] <https://www.en-standard.eu/bs-en-1436-2018-road-marking-materials-road-marking-performance-for-road-users-and-test-methods/>
- [3] Babić, D., Fiočić, M., Tilioniene, D.: *Evaluation of static and dynamic method for measuring retroreflection of road markings*, Građevinar, vol. 69, no.10, p. 907-914, 2017, URL: <https://doi.org/10.14256/JCE.2010.2017>.
- [4] Wang, J. H., Cao, Y.: *Effects of Road Marking Luminance Contrast on Driving Safety*, University of Rhode Island: Department of Industrial and Manufacturing Engineering. Kingston. SAD, 2004.

- [5] Babić, D.: Model predviđanja trajanja oznaka na kolniku, doktorski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018, URL:<https://dr.nsk.hr/islandora/object/fpz:1202/>
- [6] Ščukanec A., Babić D.: Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolovozu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2013.
- [7] <https://www.astm.org/e0303-22.html>. ASTM E303-22. Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester.
- [8] Metode ispitivanja kvalitete prometne signalizacije Jembrek, Anamarija Undergraduate thesis / Završni rad 2019 Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanost.
- [9] Calculation of skid resistance from texture measurements. Andreas Ueckermann\*, Dawei Wang, Markus Oeser, Bernhard Steinauer Institute of Highway Engineering, RWTH Aachen University, Aachen 52056, Germany.
- [10] SIST EN 13036-4:2011 - Road and airfield surface characteristics - Test methods - Part 4: Method for measurement of slip/skid resistance of a surface: The pendulum test
- [11] The effective estimation of skid resistance of SMA pavements in relevant aspect of safety and durability of asphalt roads. Beata Stankiewicz, Pawel Slabonski and Emilia Slabonska. Faculty of Civil Engineering, Opole University of Technology, Poland. Research Engineering Institute Labor Aquila, Poland. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823105007>

## Summary

### **ANALYSIS AND MEASUREMENT QUALITY OF TRAFFIC SIGNALS AND EQUIPMENT IN THE FUNCTION OF TRAFFIC SAFETY**

*Abstract: The paper presents the analysis and quality of measurement of traffic signals and equipment in the function of traffic safety. It is necessary for all construction works on the road infrastructure to carry out an appropriate measurement of the quality of traffic signals and equipment, both for those that are an integral part of the main project and for the temporary ones that are used during construction. Materials, products, equipment, and works must be carried out in accordance with the norms and technical regulations specified in the project documentation, with the fact that the installation of signage and equipment on the road implies verification and compliance with valid quality standards. When measuring and analyzing the quality of built-in signaling and equipment, it is mandatory to apply the corresponding national and EN regulations. The paper presents the norms and standards for traffic signaling and road equipment, methods of measurement as well as the necessary measuring instruments for basic measurements.*

*Key words: traffic, signaling, quality measurements, safety.*



**GRUPA C**

---

**SAOBRAĆAJNI TOK I  
EFIKASNOST PUTNE MREŽE**

---





## GRUPA C

### SAOBRAĆAJNI TOK I EFIKASNOST PUTNE MREŽE

**ISTRAŽIVANJE ODSUPANJA EKSPLOATAACIONIH BRZINA SAOBRAĆAJNOG TOKA OD OGRANIČENIH VREDNOSTI NA DVOTRAČNIM PUTEVIMA**

*Marko Subotić, Ana Bonić, Edis Softić*

**ЕКОНОМСКА ЕВАЛУАЦИЈА УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ У АНАЛИЗИ ТРОШКОВА И КОРИСТИ ПУТНИХ ОБЈЕКТА**

*Милица Стојуђевић, Анђела Јоксимиовић*

**УПОРЕДНА АНАЛИЗА КАПАЦИТЕТА И НИВОА УСЛУГЕ КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА ПРЕМА ПРИРУЧНИКУ „HIGHWAY CAPACITY MANUAL” (НСМ) ИЗ 2010. И 2016. Г.**

*Ивана Обрадовић, Владан Тубић*

**УТИЦАЈ СПЕЦИФИЧНОГ КОМЕРЦИЈАЛНОГ ПРИСТУПА НА УСЛОВЕ У SAOBRAĆAJНОМ ТОКУ**

*Ognjen Čuljković, Siniša Stojanović*

**УТИЦАЈ ЗОНЕ РАДОВА НА БРЗИНЕ У SAOBRAĆAJНОМ ТОКУ**

*Predrag Marković, Lazar Stanisavljević*

**SAVREMENI POSTUPAK ANALIZE NIVOA USLUGE I KAPACITETA AUTOBUSKIH STAJALIŠTA, METRO PLATFORMI I PEŠAČKIH KOMUNIKACIJA**

*Tatara Božić, Ivana Kuljanin*

**АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА SAOBRAĆAJНИХ ТОКОВА НА ПОСТОЈЕЋИМ И ПРОЈЕКТОВАНИМ АУТОПУТСКИМ ГРАНИЧНИМ ПРЕЛАЗИМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ**

*Јован Дробњак, Никола Ивковић*

**INFRASTRUKTURA OTPORNA NA KLIMATSKE PROMENE**

*Marijana Mošić, Draženko Glavić*

**НИБРИДНИ ТАРИФНИ МОДЕЛ ПУТАРИНЕ - АНАЛИЗА ПРИХВАТЉИВОСТИ**

*Marina Milenković, Miloš Petković, Draženko Glavić*

**НАПЛАТА ЗАГУШЕЊА У ЦЕНТРАЛНИМ ГРАДСКИМ ЗОНАМА – ЕКОНОМСКИ, ЕКОЛОШКИ И ДРУШТВЕНИ УТИЦАЈ**

*Јелица Комарица, Марина Миленковић, Драженко Главић*



## ISTRAŽIVANJE Odstupanja eksploatacionih brzina saobraćajnog toka od ograničenih vrednosti na dvotračnim putevima

Marko Subotić, Saobraćajni fakultet Doboj, marko.subotic@sf.ues.rs.ba

Ana Bonić, Saobraćajni fakultet Doboj, ana.bonic15@gmail.com

Edis Softić, Tehnički fakultet Bihać, edis.softic@bih.net.ba

*Rezime: Utvrđivanje optimalnih vrednosti prekoračenja eksploatacionih brzina predstavlja značajane ulazne parametre za eksploataciju saobraćajnica u putnom inženjerstvu. Postavljanjem kredibilnih ograničenja brzine na mreži dvotračnih puteva, smanjio bi se procenat prekoračenja ograničenja, a ujedno bi se poboljšala efikasnost i bezbednost saobraćaja. Cilj ovog rada je analizirati odstupanja eksploatacionih brzina saobraćajnog toka od ograničenih vrednosti na deonici dvotračnog magistralnog puta M-I-108 Klupe – Teslić (Barići) i potencijalno istražiti kredibilno ograničenje brzine na uzdužnom nagibu (usponu/padu). Dobijeni rezultati potencijalno preporučuju modele za lokalne uslove u Bosni i Hercegovini za utvrđivanje prekoračenih brzina na dvotračnim putevima, kao i utvrđivanje 85. percentila vrednosti brzine. Poređenje dobijenih vrednosti je izvršeno sa vrednostima dobijenim u relevantnoj stručnoj literaturi.*

*Ključne reči: kredibilno odstupanje, uzdužan nagib, ograničena brzina*

### 1. Uvod

Brzina je jedan od osnovnih parametara koji se primenjuje u svim fazama projektnih istraživanja. Ona u isto vreme predstavlja indikator nivoa usluge pri datom saobraćajnom opterećenju i glavni je programski pokazatelj u trasiranju, dimenzionisanju i vrednovanju projektnih rešenja. Upravljanje brzinama važan je zadatak koji treba da pomiri zahteve društvene zajednice sa jedne strane i korisnika puta – pojedinca sa druge strane. Osnovni cilj upravljanja brzinama je obezbeđivanje harmonizovanih uslova u saobraćajnom toku, odnosno ostvarivanje balansa između bezbednosti i efikasnosti u saobraćajnom toku. Jedna od najvažnijih upravljačkih mera za postizanje navedenog cilja ogleda se u definisanju kredibilnog ograničenja brzine.

Kredibilno ograničenje brzine se definiše kao ograničenje brzine koje je u skladu sa percepcijom vozača uslovljeno putnim i saobraćajnim uslovima. Postavljanje ograničenja je deo sistema upravljanja brzinama, ali neadekvatno postavljanje ograničenja u velikoj meri utiče na nepoštovanje istih. Budući da saobraćajni i putni uslovi nisu percipirani podjednako od strane svakog vozača, neophodno je istaći da kredibilno ograničenje brzine nije jedinstvena vrednost, već opseg [1].

U ovom radu izvršena je analiza kredibiliteta postojećih ograničenja na deonici magistralnog puta M-I-108 Klupe – Teslić (Barići), što je bilo od izuzetne važnosti s obzirom na činjenicu da nepropisna i neprilagođena brzina izaziva niz negativnih uticaja. Uporedo sa analizom rezultata istraživanja, prikazano je poređenje sa rezultatima drugih istraživanja, te je analizirana mogućnost promene ograničenja brzine.

## 2. Literarni pregled

Eksploataciona brzina ( $V_e$ ) je polazni programski parametar koji predstavlja indikator nivoa usluge određenog putnog pravca pri merodavnom saobraćajnom opterećenju. Postoji nekoliko modela za proračun  $V_e$ , a kao najčešće korišćeni modeli u inostranim i domaćim istraživanjima primenjuju se HCM-ov [2,3,4] i linearni model [5]. Postoji i novi koncept proračuna  $V_e$  na osnovu linearnog modela zasnovan na ponderisanim vrednostima klasa časovnih protoka u funkciji broja sati sa odgovarajućim vrednostima saobraćajnog opterećenja u periodu cele godine (8760 sati). Drugi aspekt analiza eksploatacionih brzina podrazumeva ispitivanje realnih brzina sa ABS<sup>1</sup>-a. Na ovaj način moguće je utvrđivanje realnih prosečnih brzina toka, ali i 85. percentila brzina. 85. percentil brzine toka predstavlja sastavni deo jedne od najčešće korišćenih metoda za određivanje ograničenja na putevima [6]. Eksploatacione brzine na dvotračnim putevima zavise od mnogo faktora koji se odnose na vozače, vozila, putno okruženje, radijuse horizontalnih krivina, stope zakrivljenosti, uzdužne nagibe, dužine horizontalnih krivina, preglednosti, faktore bočnog trenja i stanja kolovoza [7]. Sa aspekta efikasnosti saobraćajnog procesa, brzina utiče na mobilnost, transport robe, potrošnju goriva, emisiju štetnih materija, buku i kvalitet života celokupnog društva [8]. U principu, veće brzine rezultiraju smanjenjem vremena putovanja. Međutim, veće brzine dovode i do povećanja broja saobraćajnih nezgoda, a nezgode su važan uzrok zagušenja [9]. Istraživanja su pokazala i da vozači koji voze blizu prosečne brzine kretanja imaju manju stopu nezgoda od vozača koji voze iznad ili ispod prosečne brzine [10]. Treba spomenuti da muškarcima preferiraju veće ograničenje brzine od žena kao što osobe srednjih godina preferiraju veće ograničenje brzine od ostalih dobnih struktura [11].

Ograničenje brzine ne sme biti ni previše visoko ni previše nisko, s obzirom na projektnu brzinu puta, jer je onda upitna njegova validnost [12]. Kod kategorija puteva sa nižim vrednostima ograničenih brzina značajnu ulogu ima kredibilitet postavljenih ograničenja, što bitno utiče na vrednosti realizovanih brzina [13].

Istraživanje na Indijskim brzim putevima pokazuje da se sa povećanjem ograničene brzine, povećava i njeno poštovanje od strane učesnika u saobraćaju, a samim tim povećava se i kapacitet saobraćajnice zbog veće brzine kretanja vozila na putu [14]. Gao i dr. [15] su vršili istraživanje ograničenja brzine na disperziju brzine saobraćajnog toka sa ograničenjem brzine od 80 km/h, 100 km/h i 120 km/h. Dokazano je da dolazi do povećanja brzine saobraćajnog toka i disperzije brzina sa povećanjem ograničenja brzine.

## 3. Metodologija istraživanja

Na nivou evropskih zemalja, preko 50.00% vozača na celokupnoj putnoj mreži ne poštuje postavljeno ograničenje brzine [16]. Zbog toga je ovo istraživanje zasnovano na analizi odstupanja eksploatacionih brzina saobraćajnog toka od ograničenih vrednosti na deonici dvotračnog puta M-I-108 Klupe – Teslić (Barići) i definisanja kredibilnog ograničenja brzine. Ova deonica je ukupne dužine 16.734 km, a smeštena je u brdsko-planinskom terenu. Analiziranu deonicu karakteriše prosečan godišnji dnevni saobraćaj od PGDS=6579 [voz/dan] (podatak iz 2016. godine) i povoljne tehničko-eksploatacione karakteristike. Polazni hipotetički okvir istraživanja odnosi se na pretpostavku da

---

<sup>1</sup> Automatski brojač saobraćaja

vrednosti odstupanja eksploatacionih brzina od ograničenih u praktično idealnim uslovima puta, pre svega su zavisne od strukture toka i vozno-dinamičkih karakteristika vozila i da se dobijene vrednosti mogu adekvatno verifikovati.

Za potrebe ovog istraživanja definisan je plan aktivnosti, odnosno algoritam za sprovođenje analize kredibiliteta ograničenih brzina koji se sastoji iz sledećih koraka:

- *definisanje područja istraživanja, vremena istraživanja i uzorka* (područje istraživanja je deonica magistralnog puta M-I-108 Klupe – Teslić (Barići), merenje brzina vršeno je u uobičajenim dnevnim uslovima tokom 3 radna dana od 23. – 25. marta 2021. godine (utorak, sreda i četvrtak) u periodu od 08:00 – 16:30 h, a na svakom od 6 posmatranih preseka utvrđena je brzina od najmanje 410 vozila te ukupan uzorak za analizu iznosi 2563 izmerenih brzina različitih klasa vozila),

- *utvrđivanje tehničko-eksploatacionih karakteristika deonice* (posmatrana su 3 različita uzdužna nagiba (uspon/pad) koja iznose:  $\pm 3.00\%$ ,  $\pm 4.06\%$  i  $\pm 5.70\%$ , ukupna širina kolovoza na celoj deonici Klupe – Teslić (Barići) je 7m (dve saobraćajne trake širine po 3.5 m), a stanje kolovoza prilikom svih merenja je bilo suho i ocenjeno je kao dobro),

- *merenje eksploatacionih brzina - metod lokalnog merenja* (za merenje eksploatacionih brzina izabrana je ručna metoda snimanja uz pomoć ručnog radara proizvođača Bushnell NSN 5840-01-620-6670 –olakšana je mogućnost identifikacije i klasifikacije vozila) i

- *analiza i sinteza prikupljenih podataka* (u okviru analize i sinteze podataka, baza je formirana u programu Microsoft Office Excel v. 2010, a grafici distribucije relativne frekvencije pojedinih klasa vozila i proračun 85. percentila dobijeni su uz pomoć statističkog softverskog paketa TableCurve 2D V5.01).

Utvrđivanje odstupanja od ograničene brzine selektovano prema klasama (PA – putnički automobil, LTV-lako teretno vozilo i TTV-teško teretno vozilo) pojave vozila na mernim sekcijama podrazumeva izračunavanje po poznatom izrazu:

$$\Delta V = V - V_{ogr} [km/h] \quad (1)$$

gde je:

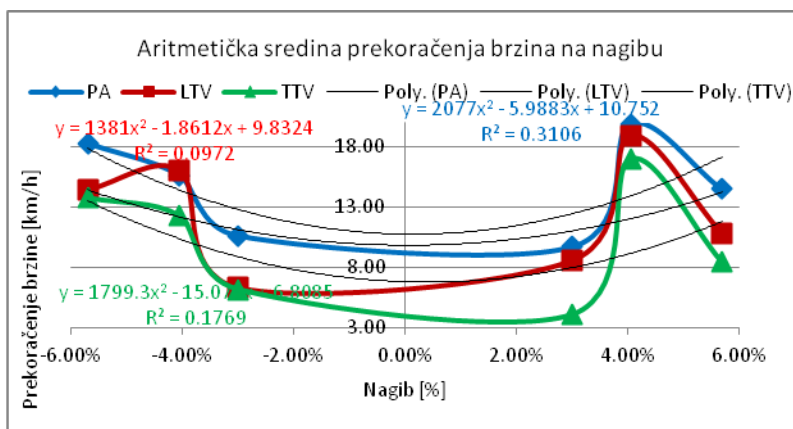
V- izmerena brzina vozila,

$V_{ogr}$  – brzina ograničenja na mernoj sekciji.

U okviru ove donice bilo je potrebno izmeriti brzine vozila na 3 različita uzdužna nagiba (uspon/pad) koja iznose:  $\pm 3.00\%$ ,  $\pm 4.06\%$  i  $\pm 5.70\%$ . Merenje je rađeno na presecima posmatranih odseka, čija je dužina ispred mernog preseka bila minimalno 1000 m.

#### 4. Rezultati istraživanja

Na osnovu opsežne analize date deonice na tri preseka (uspon/pad) utvrđeno je da ukupan procenat vozača koji prekoračuju ograničenje brzine na posmatranj deonici iznosi 85.78%. Takođe, sintezom i analizom dobijenih podataka prikazane su funkcije regresije koje su tražene u obliku polinoma drugog stepena ( $Y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ ), za dobijene vrednosti koeficijenata korelacije koje su niske i pokazuju veći nivo rasipanja vrednosti prekoračenja. Funkcije su urađene za svaku klasu vozila za aritmetičku sredinu prekoračenja brzine i standardnu devijaciju brzine. Na slici 1. prikazana je empirijska aritmetička sredina prekoračenja brzina različitih klasa vozila na svim posmatranim nagibima, koja predstavlja zapravo preporučene vrednosti za lokalne uslove.



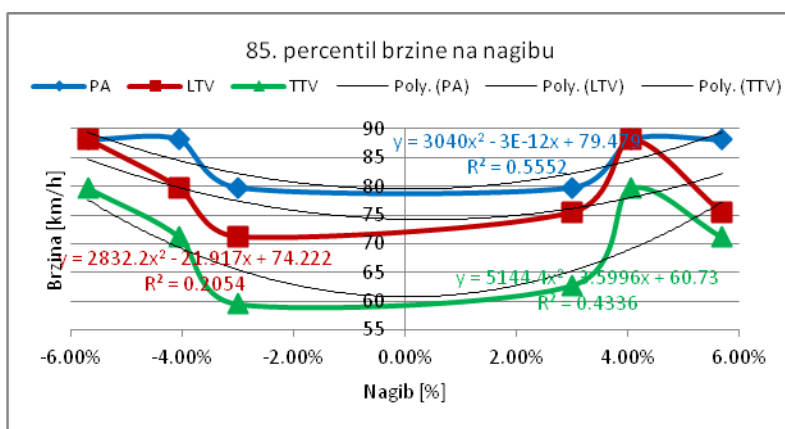
Slika 1. Empirijska aritmetička sredina prekoračenja brzina različitih klasa vozila na nagibima

U tabeli 1 prikazane su procentualne vrednosti prekoračenja brzina od navedenog uzorka na svakom od posmatranih preseka mernih sekcija deonice. Najveći procenat prekoračenja je od 10 do 20 [km/h] posmatrajući sve klase vozila.

Tabela 1. Uporedna analiza prekoračenja eksploatacionih brzina na deonici Klupe – Teslić

Nagib	Procenat prekoračenja brzine	Klase prekoračenja brzine			
		Do 10 [km/h]	10-20 [km/h]	20-30 [km/h]	30-40 [km/h]
- 5.70%	91.75%	25.88%	31.61%	26.16%	16.35%
- 4.06%	89.34%	30.24%	37.93%	23.61%	8.22%
- 3.00%	79.17%	50.15%	41.80%	7.43%	0.62%
+3.00%	75.36%	53.77%	38.36%	7.55%	0.32%
+4.06%	93.69%	17.79%	32.62%	27.49%	22.10 %
+5.70%	85.94%	33.24%	42.90%	19.30%	4.56%

Na osnovu dobijenih rezultata razvijen je i regresioni model 85. percentila brzine prikazan na slici 2. Za putničke automobile i teška teretna vozila je utvrđena veza srednje jačine zbog koeficijenta korelacije koji iznosi 0.56 i 0.43 respektivno, a za laka teretna vozila ovaj koeficijent iznosi 0.21 što je prema Chadockovoj lestvici vrednosti slaba veza.



Slika 2. Model 85. percentila brzine različitih klasa vozila na nagibu

U tabeli 2 prikazane su vrednosti prekoračenja ograničenja brzine i prosečne brzine različitih klasa vozila na lokacijama u Hrvatskoj i na posmatranjoj lokaciji Klupe – Teslić (Barići). Analizom je utvrđeno da je znatno veći udeo vozača koji ne poštuju ograničenje

brzine u naseljenim mestima. U proseku 80.00 % vozača prekoračuje ograničenje brzine u naselju u Hrvatskoj [17].

Tabela 2. Poređenje rezultata analize prekoračenja brzine vožnje na lokacijama u Republici Hrvatskoj i na posmatranoj deonici Klupe - Teslić [17]

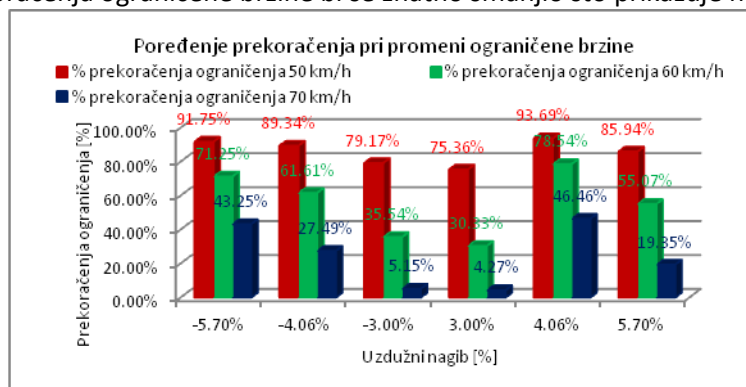
Naziv lokacije	Procenat prekoračenja brzine vožnje	Prosečne brzine vožnje [km/h]		
		PA	LTV	TTV
<b>Klupe – Teslić (Barići)</b>	<b>85.78%</b>	<b>63.34</b>	<b>59.57</b>	<b>55.50</b>
Bale	85.67%	62.20	60.40	56.10
Bednja	78.18%	56.20	52.10	48.10
Bestovje	80.35%	57.40	54.50	51.90
Gornje Jelenje	95.33%	73.50	72.00	66.40
Križevci – Teslina ul.	59.66%	52.80	50.40	43.90
Slavonski Brod	62.01%	52.30	50.70	49.00
Sveti Rok	84.69%	76.10	72.90	66.70

U prethodnoj tabeli se može uočiti da nema puno odstupanja ukupnog procenata prekoračenja brzine prema klasama vozila na deonici Klupe – Teslić (Barići) u odnosu na podatke istraživanja vršenih na deonicama puteva u Hrvatskoj.

## 5. Diskusija rezultata istraživanja

Istraživanjem je pokazano da mali procenat vozača poštuje postavljeno ograničenje brzine, ali je najkritičnija situacija na odsecima sa usponom +4.06% (gde čak 93.69% prekoračuje brzinu) i na padu –5.70% (91.75% vozača prekoračuje brzinu). Naime, ti odseci puta nalaze se u pravcu pa vozači ne vide objektivni razlog zašto bi smanjili brzinu kretanja s obzirom da su dobri uslovi kolovoza, saobraćajne trake su sasvim dovoljne širine od po 3.50 m, a i bočne smetnje ne nalaze se uz rub kolovoza, odnosno vladaju povoljni putni i saobraćajni uslovi koji dozvoljavaju da se vozila kreću brzinama koje su veće od limitiranih. Vozila koja se kreću odsekom puta sa nagibom +3.00% kao i odsekom na usponu + 5.70%, moraju voziti malo sporije zbog smanjenog minimalnog radijusa horizontalnih krivina koje se tu nalaze.

U slučaju kada bi se ograničenje brzine povećalo na 60 km/h ili čak 70 km/h, procenat prekoračenja ograničene brzine bi se znatno smanjio što prikazuje naredna slika.



Slika 3. Poređenje prekoračenja pri promeni ograničene brzine na deonici Klupe – Teslić (Barići)

Kredibilitet je traganje za vrednošću, pa je iz tog razloga za ukupnu veličinu uzorka izvršena analiza prekoračenja ograničenja kada bi se to ograničenje povećalo. Sa slike 3 se vidi da bi se povećanjem ograničene brzine za samo 10 [km/h], odnosno sa 50 na 60

[km/h], procenat prekoračenja ograničenja na posmatranoj deonici bi se smanjio, naročito na nagibu 3.00%. Procenat prekoračenja ograničenja od 60 [km/h] duž svih posmatranih preseka bi iznosio od 30.33% do 78.54%. Ukoliko bi se za ograničenje brzine postavila vrednost od 70 [km/h], procenat prekoračenja ograničene brzine bi bio znatno manji na svim posmatranim padovima i usponima i iznosio bi od 4.27% do 46.46% u zavisnosti od posmatranog nagiba.

Na osnovu sprovedene analize za potez dvotračnog puta M-I-108 Klupe – Teslić (Barići) predlažu se sledeće mere: sprovesti rigoroznije kontrole i obezbeđivanja poštovanja postojećeg fiksnog ograničenja kao kratkoročno rešenje ili na posmatranom potezu promeniti postojeće ograničenje brzine, kao dugoročno rešenje.

## 6. Zaključak

Predmet istraživanja zasnovan je na adekvatnosti kredibiliteta ograničenih brzina. Izmerene su vrednosti eksploatacione brzine na nekoliko mernih sekcija dvotračnih puteva (uspon/pad), definisana prekoračenja brzina po klasama vozila i dobijene vrednosti upoređene sa drugim istraživačima. Osnovna hipotetička pretpostavka (da su vrednosti odstupanja eksploatacionih brzina od ograničenih u praktično idealnim uslovima puta, pre svega zavisne od strukture toka i vozno-dinamičkih karakteristika vozila i da se dobijene vrednosti mogu adekvatno verifikovati) je potvrđena.

Empirijska aritmetička sredina prekoračenja brzina različitih klasa vozila na svim posmatranim nagibima zapravo predstavlja model koji je preporučen za lokalne uslove za utvrđivanje prekoračenih brzina za pojedine klase vozila na dvotračnim putevima u funkciji procenta uzdužnog nagiba. Jedanačine modela date su polinomom drugog stepena u tabeli 3.

Tabela 3. Model preporučen za lokalne uslove za utvrđivanje prekoračenih brzina na dvotračnim putevima

Klasa vozila	Model
PA	$y = 2077 \cdot x^2 - 5.9883 \cdot x + 10.752$
LTV	$y = 1381 \cdot x^2 - 1.8612 \cdot x + 9.8324$
TTV	$y = 1799.3 \cdot x^2 - 15.078 \cdot x + 6.8085$

Ukupan procenat vozača koji prekoračuju ograničenje brzine na posmatranoj deonici iznosi 85.78%. Dobro stanje kolovoza i veća udaljenost bočnih smetnji od kolovoza takođe doprinose većim brzinama vožnje. Zbog toga se smatra da postavljeno ograničenje brzine treba biti usuglašeno s vizuelnim izgledom puta jer su u suprotnom prisutna velika prekoračenja brzina. Poredeći istraživanja iz Republike Hrvatske, 80.00% vozača prekoračuje ograničenje brzine u naselju.

Rezultati ovog rada ukazuju na dominantnu nepodobnost i pitanje kredibiliteta postavljenih ograničenja i potrebu za preispitivanjem kompletnog koncepta upravljanja brzinama. Ako ograničenje brzine nije kredibilno, moguće je promeniti postojeće ograničenje brzine ili menjati elemente puta i okoline primenom projektantskih mera u skladu sa uslovima saobraćajnog toka čime se može obezbediti izgled trase koja za rezultat ima skladniji odnos između realne eksploatacione brzine i postavljenog ograničenja brzine. U velikom broju zemalja unutar Evropske unije, pre svega u Francuskoj, Nemačkoj i Austriji se za postavljanje ograničenja brzine na određenom delu puta koristi 85. percentil brzine, kako bi se osiguralo da ograničenja budu prihvatljiva za većinu vozača.

Povećanjem ograničenja brzine na posmatranoj deonici za samo 10 [km/h], odnosno sa 50 na 60 [km/h], procenat prekoračenja ograničenja na posmatranoj deonici Klupe –



Teslić (Barići) bi se smanjio i iznosio bi od 30.33% do 78.54% u zavisnosti od posmatranog uzdužnog nagiba.

U okviru pravaca daljih istraživanja, važno je kontinuirano provoditi merenja eksploatacionih brzina na svim dionicama u Bosni i Hercegovini, čime bi se uz adekvatan monitoring, došlo do pokazatelja o rizičnim dionicama, kao i do znatno preciznijeg modela koji je preporučan za lokalne uslove za utvrđivanje prekoračenih brzina na dvotračnim putevima.

## Literatura

[1] Topalović, V., Balović, M. i Stojanović, M. (2018). Analiza realnih i prekoračenih brzina na državnom putu IB-22 Kraljevo-Raška. *XII konferencije sa međunarodnim učešćem o Tehnikama Saobraćajnog inženjerstva*, Srbija, Vrnjačka Banja, 199-204.

[2] *Highway Capacity Manual* (2000). Washington DC: Transportation Research Board, National Research Council.

[3] *Highway Capacity Manual* (2010). Washington DC: Transportation Research Board, National Research Council.

[4] *Highway Capacity Manual* (2016). Washington DC: Transportation Research Board, National Research Council.

[5] Kuzović, Lj. (2000). *Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica*. Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.

[6] Tubić, V., Milošević, J., Stepanović, N., Miljuš, S. i Petković, M. (2018). Novi koncept analize kredibiliteta ograničenih brzina. *7. Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“*, Republika Srpska, Banja Luka, 25-34.

[7] Pratico, F. & Giunta, M. (2012). Modeling Operating Speed of Two Lane Rural Roads. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 53, 664-671.

[8] Tubić, V. i Čelar, N. (2017). Analiza brzina na putnoj i uličnoj mreži u Republici Srbiji. *6. Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“*, Republika Srpska, Banja Luka, 1-10.

[9] European Commission (2018). Speed and Speed Management. European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport.

[10] Miljević, M., Lubura, J. (2014). Poštovanje ograničenja brzine na magistralnim putevima u Republici Srpskoj. *III Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“*, Republika Srpska, Banja Luka, 161-171.

[11] Yao, Y., Carsten, O. & Hibberd, D. (2020). A close examination of speed limit credibility and compliance on UK roads. *IATSS Research*, 44, 17-29.

[12] Božić, D., Tubić, V. (2019). Analiza brzina na državnim putevima – dolinske trase. *8. Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“*, Republika Srpska, Banja Luka, 53-62.

[13] Petković, M., Tubić, V. i Stepanović, N. (2018). Analiza merodavnih saobraćajnih protoka u postupcima kreiranja projektnih rešenja puteva. *Put i saobraćaj*, LXIV, 21-31.

[14] Bains, M. S., Bhardwaj, A., Arkatkar, S. & Velmurugan, S. (2013). Effect of Speed Limit Compliance on Roadway Capacity of Indian Expressways. *Procedia - Social and Behavioural Sciences*, 104, 458-467.

[15] Gao, C., Xu, J., Li, Q. & Yang, J. (2019). The Effect of Posted Speed Limit on the Dispersion of Traffic Flow Speed. *Sustainability*, 11, 3594

[16] OECD/ECMT Transport Research Centre (2006). *Speed Management*. OECD Publishing, Paris.

[17] Ilijaš, J. F. (2020). *Komparativna analiza prekoračenja brzine vožnje u dnevnim i noćnim uvjetima*, Diplomski rad, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.

## Summary

### INVESTIGATION OF THE DEVIATION OF THE OPERATING SPEEDS OF THE TRAFFIC FLOW FROM THE LIMIT VALUES ON TWO LANE ROADS

*Abstract: Determining optimal exceeding of operating speeds represents important input parameter for road exploitation in road engineering. By setting credible speed limits on the network of two-lane roads, the percentage of exceeding speed limits would be reduced, and at the same time, the efficiency and safety of traffic would be improved. The aim of this paper is to analyse the deviations of the exploitation speeds of the traffic flow from the limit values on the section of the two-lane highway M-I-108 Klupe - Teslić (Barići) and to potentially investigate a credible speed limit on the longitudinal gradient (ascent/fall). The results obtained potentially recommend models for local conditions in Bosnia and Herzegovina for determining the exceeded speed limits on two-lane roads, as well as determination of the 85th percentile value of the speed. Obtained values were compared with the values found in relevant materials of the subject matter.*

*Keywords: credible deviation, longitudinal gradient, speed limit*

## ЕКОНОМСКА ЕВАЛУАЦИЈА УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ У АНАЛИЗИ ТРОШКОВА И КОРИСТИ ПУТНИХ ОБЈЕКТА

Милица Стојићевећ, дипл.инж.саобр., Саобраћајни факултет, Београд,  
mstojicevic31@gmail.com

Анђела Јоксимовић, дипл.инж.саобр., Саобраћајни факултет, Београд,  
andjela.joksimovic98@gmail.com

*Резиме:* У процедурама вредновања у саобраћају, прорачун екстерних трошкова представља један од важних корака у утврђивању економске оправданости улагања новчаних средстава у реализацију саобраћајног пројекта. Неузимање у обзир утицаја на животну средину у рачунању пратећих екстерналија, може имати за последицу прецењивање или потцењивање друштвених користи пројекта, што даље може изазвати доношење неаргументованих економских одлука. Стога, један од основних корака у процесу доношења оцене о економској оправданости пројекта мора представљати обухват и прорачун свих (препознатих) екстерних трошкова. Наведена потреба изучавања екстерних ефеката је потребна не само из суштинских разлога, већ и из формалних, јер Студије оправданости морају бити хармонизоване са ЕУ правилницима. Један од фундаменталних принципа за евалуацију ЕУ пројекта је принцип „загађивач плаћа“, док се потреба за интернализацијом екстерних трошкова (укључујући трошкове загушења и животне средине) повећава. Циљ овог рада је да представи процес интегрисања анализе трошкова и користи путних објекта и утицаја на животну средину, са посебним нагласком на економској евалуацији животне средине. Фокус рада је на анализи значаја укључивања утицаја на животну средину у процедурама вредновања путних објекта, као и на представљању поступака и појединих елемената вредновања екстерних и нетржишних утицаја, који су препоручени у најновијим приручницима и водичима за анализу трошкова и користи за инвестиционе пројекте.

*Кључне речи:* вредновање путних објекта, екстерни трошкови, утицаји на животну средину

### 1. Увод

Саобраћајни систем представља један од јавних сектора са највећим инвестицијама. Поред тога, присутан је континуалан раст потражње за комерцијалним и индивидуалним путовањима. Стога, организације и надлежне државне институције треба да одрже своје ресурсе у задовољавајућем стању, тако да могу понудити жељени ниво услуге на ефикасан и, са аспекта трошкова, ефективан начин у границама расположивих ресурса [1].

У циљу оптималног развоја и коришћења путне мреже, потребно је имати осмишљену и општеприхваћену процедуру и јасне критеријуме оцењивања и одлучивања. Основна мерила помоћу којих се, кроз процедуру вредновања утиче да развој и експлоатација путне мреже иде у жељеном смеру, састоје се од неколико

кључних принципа који се у форми питања постављају пред доносилаца одлука. Одговори на та питања добијају се спровођењем поступка вредновања кроз четири основне методе вредновања. Да би се извршило економско вредновање саобраћајног пројекта, потребно је имати елементе трошкова објекта и трошкове корисника [2]. Такође, прорачун екстерних трошкова све више добија на значају, јер свака одлука има потенцијалан утицај на бројне сфере, а једна од њих је и утицај на животну средину. Стога, процес вредновања саобраћајног пројекта захтева да су познате све потребне чињенице о предложеном пројекту и да буде способан да то предочи на јасан и логичан начин, како би допринео доношењу адекватне одлуке.

Неузимање у обзир утицаја на животну средину у анализи пратећих екстерналија, може имати за последицу прецењивање или потцењивање друштвених користи пројекта, што даље може изазвати доношење неаргументованих економских одлука [3]. До сада, у економском вредновању је улога животне средине, најчешће изостављања. Међутим, у новом ЕУ упутству за Анализу трошкова и користи (*Cost-benefit analysis - CBA*) и вредновање инфраструктурних пројеката, анализа ових трошкова и користи је саставни део студије [4]. Дакле, обухват и прорачун свих (препознатих) екстерних трошкова мора представљати основни корак у процесу доношења оцене о економској оправданости пројекта [5].

## **2. Појам екстерних трошкова и трошкова животне средине и њихова улога у оцени пројеката**

Екстерни трошкови настају када друштвене или економске активности једне групе лица имају утицај на другу (групу) лица и када тај утицај није у потпуности узет у обзир или надокнађен, од стране прве (групе) особе(а) [6, 7, 8]. Једна од примене ових трошкова у саобраћају је њихово укључивање у процес доношења одлука везаних за планирање путовања, креирање инструмената политике, као и примена јединичних трошкова у анализи исплативости инфраструктурних пројеката [9], што све захтева њихову детаљну и поуздану процену.

Уколико се пође од основне дефиниције екстерналија - сваки трошак (или корист) који се прелива из пројекта на трећа лица без монетарне компензације [10], тада се може рећи да се трошкови животне средине, сматрају потпуно екстерним.

Трошкови животне средине узроковани саобраћајем покривају широк распон различитих утицаје. Утицаји се јављају на локалном, регионалном и глобалном нивоу, а штете могу бити тренутне, али и да досежу далеко у будућност. Пројекти саобраћајне инфраструктуре и саобраћајни захтеви, доводе до промена у оптерећењу животне средине, па представљају важан елемент који треба размотрити приликом процене пројеката саобраћајне инфраструктуре [6].

### **2.1. Просечни и маргинални (гранични) екстерни трошкови**

Појам укупни екстерни трошкови се односи на све екстерне трошкове унутар неке географске границе, проузроковани одређеним видом превоза. Просечни екстерни трошкови изражавају трошкове по јединици транспортног рада (tkm, vkm и др.). Гранични екстерни трошкови су додатни трошкови који настају услед додатне саобраћајне активности [8].

За неке екстерне ефекте (попут загађења ваздуха и климатских промена), просечни и гранични трошкови су једнаки и не зависе од постојећег обима саобраћаја. Међутим, за друге екстерне ефекте (нпр. саобраћајне незгоде, бука и загушење), трошкови зависе од величине саобраћаја. Обе врсте ових трошкова се користе у анализама исплативости. Да ли ће у примени бити просечни или гранични трошкови, зависи од обима ових анализа. За СВА реализације новог пута, трошкови буке се најбоље могу проценити просечним трошковима. С друге стране, за анализу пројеката проширења инфраструктуре, преферира се коришћење маргиналних трошкова (јер се очекује промена постојеће саобраћајне ситуације) [8].

### 3. Значај вредновања утицаја на животну средину

Економска анализа инфраструктурног пројекта процењује у којој мери он доприноси економском напретку региона/земље и укључује све друштвене користи и трошкове, а самим тим и екстерналије [10].

У контексту анализе пројекта, утицај на животну средину се треба адекватно описати и проценити, коришћењем савремених квалитативно-квантитативних метода. Анализа утицаја на животну средину и СВА покрећу слична питања, па их треба паралелно размотрити и, кад год је то могуће, интегрисати [3]. У случају да није могуће извршити давање конвенционалне обрачунске вредности трошковима животне средине, потребно је најрелевантније трошкове квантификовати помоћу немонетарних индикатора [3, 6 и 10].

Новчана анализа ефеката на животну средину се састоји из: дефинисања и техничког описа различитих опција пројекта; процене утицаја на животну средину и штете по екосистем и људско здравље у вези са различитим доступним сценаријима (за велике пројекте најчешће Анализа утицаја на животну средину); опис екстерних дејстава и економских агената на које утицаји пројекта имају на животну средину; избор методе евалуације и валидација израчунате монетарне вредности; избор дисконтне стопе и процена еколошке нето користи пројекта [3].

### 4. Вредновање утицаја на животну средину

У раду фокус ће бити на процедурама за прорачун трошкова тзв. основних утицаја на животну средину и појединих осталих трошкова. За анализиране утицаје ће бити дат кратак осврт на методологију за прорачун трошкова, као и њихове просечне и/или граничне вредности, које су дате појединим приручницима за вредновање екстерних ефеката. У ту сврху ће бити анализирани садржај следећих приручника: Унапређеног Приручника за прорачун екстерних трошкова (*Update of the handbook on External Costs of Transport - 2019*), HEATCO (*Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment - 2006*), Приручника о процени екстерних трошкова у сектору саобраћаја IMPACT (*Handbook on estimation of external cost in the transport sector - Produced within the study Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport - 2007*), као и препоруке дате у Водичу за СВА за инвестиционе пројекте (*Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*).

Један од значајнијих је свакако Унапређени Приручник (у даљем тексту **УН**), са подацима о јединичним трошковима који су препоручени за употребу на нивоу целе

ЕУ. Приручник HEATCO такође даје препоруке за вредности јединичних трошкова за неке екстерне ефекте животне средине, које се могу користити на нивоу ЕУ, уколико нема вредности специфичних за државу [6]. IMPACT даје јединичне трошкове који се могу користити за анализу исплативости пројеката и регулативних мера на нивоу ЕУ [9], док је циљ Водича за СВА инвестиционих пројеката да одражава посебан захтев Европске комисије да пружи практичне смернице о процени великих пројеката. Он садржи поглавља која се, у оквиру економске анализе, детаљније баве вредновањем основних ефеката на животну средину [10]. Од осталих значајних приручника ове врсте, помињу се још и ExternE пројекат (2005)<sup>2</sup>, SAFE SVA (2005), док су вредности у овом раду такође у складу са вредностима које се налазе студијама UNITE (2003)<sup>3</sup> и RECORIT (2001).

#### 4.1. Трошкови буке

Емисије буке од саобраћаја представљају растући еколошки проблем, због комбинације тренда веће урбанизације и повећања нивоа протока. Трошкови буке се углавном састоје од трошкова сметњи и трошкова оштећења здравља [8 и 9].

Укупни и просечни трошкове буке се по УН рачунају коришћењем две врсте улазних података: броја изложених људи и трошкова буке по изложеној особи. Бука којој су људи изложени се сврстава у класе буке, и за сваку се рачуна број изложених људи. Трошкови буке по изложеној особи се састоји од две вредности – вредности сметњи и вредности здравља. Вредност сметњи се израчунава коришћењем WTP приступа, док је вредност здравствених трошкова преузета из студије [11]. Збир ове две вредности - трошак по особи, множи се са бројем људи који су изложени одговарајућем нивоу буке, што даје укупне трошкове буке. Просечни трошкови буке се процењују дељењем укупних трошкова са транспортним радом.

Како би се проценили трошкови по категорији возила, укупни трошкови се расподељују применом одређених фактора тежине, па УН даје и укупне и просечне трошкове буке за појединачне категорије возила. Препоручени трошкови буке за друмски саобраћај (просек ЕУ<sub>28</sub>), дати су у табели 1. Што се тиче граничних трошкова, УН даје табеле трошкова буке за различите диференцијације.

Табела 1: Еколошка цена буке за друмски саобраћај за ЕУ28 (€<sub>2016</sub>/dB/особи/год.) [8]

Lden(db)	Сметње	Здравља	Укупно	Lden(db)	Сметње	Здравља	Укупно
50-54	14	3	17	65-69	54	9	63
55-59	28	3	31	70-74	54	13	67
60-64	28	6	34	≥ 75	54	18	72

За процену трошкова буке, HEATCO примењује тзв. „приступ путање утицаја“ - IPA (*Impact Pathway Approach*) [6]. За процену економске вредности компоненте трошкова за доживљену некорисност, користи се метода изјављених преференција. У ову сврху је у 5 земаља ЕУ спроведена студија овог типа. Поред ових, узимају се у

<sup>2</sup> ExternE је акроним за „External Costs of Energy“ и синоним за серију пројеката почевши од 90-их до 2005.

<sup>3</sup> UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency је део оквирног програма ЕУ за истраживање и развој у оквиру тематског програма Конкурентни и одрживи раст, које се надовезује се на претходна истраживања и пружа вредне доказе о вредновању трошкова (<https://trimis.ec.europa.eu/project/unification-accounts-and-marginal-costs-transport-efficiency>).

обзир и здравствени трошкови који се могу проценити. Приручник за сваку земљу даје факторе трошкова (€) по особи која је изложена одређеном опсегу буке [6].

За трошкове буке по особи по dB(A) годишње, IMPACT упућује на вредности из HEATCO. Међутим, како се подаци у € по особи по dB(A) не могу извести у вредности у € по voz/km, поређењем различитих студија утврђено је да INFRAS/IWW (2004a)<sup>4</sup> даје вредности које представљају користан европски просек. Ове вредности, за категорију возила ПА<sup>5</sup>, дате су у табели 2 [9].

Табела 2: Јединичне вредности граничних трошкова буке (€ст/vkm) за ПА [9]

Категорија воз.	Доба дана	Градска	Приградска	Ванградска
ПА	Дан	0,76 (0,76 – 1,85)	0,12 (0,04 – 0,12)	0,01 (0,01 – 0,014)
	Ноћ	1,39 (1,39 – 3,37)	0,22 (0,08 – 0,22)	0,03 (0,01 – 0,03)

Водич за СВА препоручује да се за вредновања буке, као извор података, користе вредности HEATCO, док се за вредности граничних трошкова буке за различите врсте путева у мрежи, упућује на вредности из приручника IMPACT [10].

#### 4.2. Трошкови загађења ваздуха

Студије о трошковима загађења ваздуха уопштено квантификују здравствене ефекте, губитке усева, грађевинску штету и губитак биодиверзитета [12]. Кључни елемент који дефинише величину трошкова загађења ваздуха је густина рецептора близу извора емисије, као и стандарди емисија возила који зависе од старости возила, као и брзине возила, врсте горива, локација пута и др. [9].

Уобичајено се користи приступ путање утицаја (IPA), за који се сматра најнапреднијим и препоручује као методологија најбоље праксе [9]. IPA кроз логичне кораке прати утицај загађења ваздуха, од емисије штетних гасова до утврђивања њихових утицаја и квантификације истих.

За процену трошкова загађења ваздуха, УН користи приступ одоздо према горе - на основу улазних података прорачунавају се укупни трошкови, који се расподељују на просечне. Емисије се израчунавају коришћењем просечних фактора емисије по типу возила у посматраној држави (подаци из специјализованих база података), док су укупне емисије изведене коришћењем ових фактора емисије (t/voz-km) и података о транспортном раду. Фактори трошкова по загађивачима су израчунати на основу приступа студије NEEDS [13] и резултата других студија. Метода за процену трошкова штете је из Приручника о ценама животне средине [14], који даје процену трошкова штете за преко 2.500 загађивача. Излазне вредности су резултујући фактори трошкова загађења ваздуха, за различите категорије возила (табела 3).

С обзиром да студије наводе да је однос између емисије загађивача ваздуха и здравствених (и других) ефеката скоро линеаран, УН за маргиналне трошкове користи исти приступ као за просечне. Ове вредности су у приручнику дате за различите категорије возила, тип горива, запремину мотора, емисиону класу итд.

<sup>4</sup> INFRAS/IWW, 2004a C. Schreyer, M. Maibach, W. Rothengatter, C. Doll, C. Schneider, D. Schmedding, INFRAS ; IWW External costs of transport: update study Karlsruhe/Zürich/Paris : the International Union of Railways (IUC), 2004

<sup>5</sup> Осим ПА, на исти начин су дате вредности и за: мотоцикл, аутобус, ЛТВ, ТТВ, путнички/теретни воз.

Табела 3: Укупни и просечни трошкови загађења ваздуха за возила друм. саобр. за ЕУ<sub>28</sub> [8]

Категорија возила	Укупни трошкови ЕУ28	Просечни трошкови	
	милијарде €	€-cent / pkm	€-cent / vkm
ПА – бензин/дизел	8,58/24,79	0,33/1,18	0,53/1,90
БУС за кратка/дужа путовања	1,35/2,67	0,76/0,73	14,19/14,34
ЛТВ – бензин/дизел	0,33/15,16	1,72/4,86	1,17/3,37
ТТВ	13,93	0,76	9,38

За показатељ проузрокованих физичких утицаја загађења ваздуха, HEATCO користи губитак у очекиваном трајању живота (YOLL), који проузрокује трошкове здравља. Утицаји се утврђују преко функције „одговор на излагање“, које повезују промене у људском здрављу са променама у концентрацији загађивача. Утицаји и резултирајући трошкови рачунати су за повећање постојећих емисија NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> и NMVOC за 10% у свакој ЕУ земљи. Разлика између ова два сценарија је проузрокована додатним емисијама. Медицински и трошкови губитка продуктивности су процењени коришћењем тржишних цена, док се за трошкове некорисности појединца користи WTP метод. Излаз из овог процеса су табеле - фактори утицаја (YOLL/1000 t емитованог загађивача) и фактори трошкова (по t емитованог загађивача)[6].

Приручник IMPACT користи сличан приступ као УН. На основу моделских прорачуна, који узимају у обзир различите густине насељености, метеоролошке услове специфичне за државу и саобраћај, дате су вредности трошкова за појединачне државе ЕУ, у јединици t по загађивачу, док су јединичне стопе трошкова по vkm, резултат моделирања. На основу фактора емисије за флоту сваке државе, дати су трошкови по km за различита возила и различите диференцијације. Излаз из процедуре је табела маргиналних трошкова загађења ваздуха за путничка (табела 4 – средње запремине мотора) и тешка возила, за сваку државу [9].

Табела 4: Трошкови загађења ваздуха у €ct/vkm за ПА 1,4-2L (пример Немачка) [9]

Возило	Запремина мотора	EURO-класа	Метропол. подручје	Градско подручје	Ванградско подручје	Ауто-пут	Просек
			(€ct/vkm)				
ПА -Бензин/Дизел	1,4-2L	EURO-0	5,1/13,8	1,8/4,8	1,4/1,4	1,6/1,5	1,6/2,4
		EURO-1	1,7/4,8	1,5/2,0	0,6/1,0	0,8/1,3	0,9/1,4
		EURO-2	0,9/4,0	0,6/1,8	0,3/0,8	0,4/0,9	0,4/1,1
		EURO-3	0,3/3,1	0,2/1,5	0,1/0,9	0,1/1,0	0,1/1,1
		EURO-4	0,3/1,7	0,1/0,8	0,1/0,5	0,1/0,5	0,1/0,6
		EURO-5	0,3/0,7	0,1/0,4	0,1/0,3	0,0/0,3	0,1/0,4

Водич за СВА инвестиционих пројеката предлаже да се за процену укупних трошкова загађења ваздуха користи IPA, док се за јединичне трошкове по загађивачу упућује на коришћење HEATCO, IMPACT или NEEDS процене фактора трошкова [10].

#### 4.3. Трошкови климатских промена

Утицај саобраћаја на глобално загревање узроковано је емисијама гасова стаклене баште (GHG) - CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O и CH<sub>4</sub> [12]. Исти имају бројне негативне ефекте и



стварају друштвене трошкове високог нивоа сложености, због чињенице да су дугорочни и глобални и да је веома тешко предвидети њихове односе [6].

Укупни и просечни трошкови климатских промена се у УН прорачунавају коришћењем фактора емисије GHG по типу возила, података о транспортном раду и трошковима климатских промена по тони CO<sub>2</sub> еквивалента (CO<sub>2</sub>e). Како би се омогућило поређење између различитих GHG, коришћен је потенцијал глобалног загревања - GWP, који дефинише различите теоријске вредности за различите гасове (GWP за CH<sub>4</sub> је 23, за N<sub>2</sub>O 296, а за CO<sub>2</sub> је 1). Емисије GHG се добијају множењем vkm са факторима емисије возила (у g/km), за сваку од различитих емисија GHG. Након трансформације применом GWP, вредности се збрајају како би се добила укупна емисија CO<sub>2</sub>e. Множење са трошковима климатских промена по тони GHGe добијају се укупни трошкови, а њиховим дељењем са rkm/tkm и просечни. За монетизовање трошкова, коришћен је приступ трошкова ублажавања, који се добија из циљева за смањење/ограничење емисија и процењују опортунитетне трошкове активности. Трошкови ублажавања у УН су засновани на анализи најновије литературе и износе 100 €/tCO<sub>2</sub>e, за период до 2030. односно 269 €/tCO<sub>2</sub>e за период 2040-2060. Маргинални трошкови климатских промена једнаки су просечним и дати су табеларно за различите категорије возила, емисионе класе, врсту пута и горива [8].

Водич за СВА предлаже приступ интеграције екстерналија везаних за климатске промене у економску процену који је заснован на методологији EIB-овог угљеничног отиска. Препорука је да се користи централни сценарио, према коме препоручена јединична цена износи 25 евра по тони CO<sub>2</sub>e у 2010, са постепеним растом од по 1 евра по тони CO<sub>2</sub>e до 2030 [10].

За прорачун трошкова климатских промена, HEATCO такође множи количину емитованих CO<sub>2</sub>e са фактором трошкова. Због глобалног опсега, примењује се једна вредност у свим земљама. Вредност трошкова ублажавања је базирана на циљу владе UK, узимајући у обзир будући развој трошкова штете и ублажавања (табела 5). Приручник IMPACT не специфицира процедуру прорачуна трошкова климатских промена, већ на основу разматрања резултата из различитих извора и трендова у научној дебати, даје препоручене вредности фактора трошкова (табела 6).

Табела 5: Цене у сенци у € по тони CO<sub>2</sub>e [8]

Година примене	Вредност (€/t)
2020-2029	32
2030-2039	40
2040-2049	55
2050	83

Табела 6: Трошкови клим.промена (€/tCO<sub>2</sub>e) [9]

Година примене	Вредност €/ t CO <sub>2</sub> e		
	Нижа	Средња	Виша
2020	17	40	70
2030	22	55	100
2040	22	70	135
2050	20	85	180

#### 4.4. Остали трошкови животне средине

Пројекти инфраструктуре стварају ефекат фрагментације, са негативним утицајем на природна станишта одређених врста и биодиверзитет, док емисије загађивача ваздуха и других токсичних супстанци могу довести до деградације станишта и

губитка биодиверзитета [6, 7, 8 и 9]. Методологије за рачунање ових трошкова су развијене у малом броју студија због сложености утицаја и неизвесних приступа вредновању. Неки од ових ефеката немају директне везе, док су други сразмерни обиму саобраћаја [9].

За прорачун трошкова утицаја на природу и пејзаж, IMPACT упућује на вредности из студије INFRAS/IWW, која користи приступ трошкова поправке за искоришћење тла и друге утицаје. За просечне трошкове губитка и фрагментације станишта (табела 7), као и за трошкове загађења земљишта и воде (табела 8), упућује се на коришћење вредности из швајцарске студије наведене под бројем [15].

Табела 7: Фрагмент. и губитак станишта: просечни трошкови по км пута у Швајцарској [9]

Категорија пута	Губитак станишта	Фрагментација Станишта	Укупно
	(1,000 EUR / (km*a))		
Ауто-пут	19	92	110
1st класа/ државни пут	3,2	13	16
2nd класа/ регионални пут	4,2	2,7	6,9
3rd класа путева	2,2	1,6	3,9

Табела 8: Загађење земљишта воде: јед. трошкови у Швајцарској [9]

Категорија возила	Јединични трошкови (€ct / vkm)
ПА	0,06
Аутобус/ ЈП	1,05 / 1,07
Мотоцикл	0,04
Камион	0,17
ТТВ	1,05

IMPACT даје селективне квантитативне референце још и за екстерне трошкове у осетљивим областима, додатне трошкове у урбаним срединама и трошкове који произилазе из производње енергије и горива.

УН прорачунава укупне и просечне трошкове оштећења станишта на основу дужине (или површине) инфраструктурне мреже и просечних фактора трошкова за губитак и фрагментацију станишта. Фактори трошкова су изведени на основу швајцарске студије [15] и студије NEEDS<sup>6</sup>. Маргинални трошкови губитка постоје само ако се инфраструктурни капацитети проширују. Међутим, може се претпоставити да су они значајни и/или једнаки просечним, јер саобраћај на путу омета прелазак животиња [8].

## 5. Коришћење препоручених вредности

Са подацима о јединичним вредностима екстерних трошкова животне средине, које пружају приручници, процена пројеката саобраћајне инфраструктуре захтева процену обима екстерналија (нпр. повећање буке код изложеног становништва у dB), који ће бити помножен јединичном ценом (нпр. € по dB) [10].

Приручници дају податке који се могу користити за анализу трошкова и користи на нивоу ЕУ. Ипак, наводе да они могу само да пруже основу за анализе и да директно преузимање вредности резултује нижом тачношћу, при чему нпр. приручник IMPACT описује и предлаже, за сваки утицај, примену процедуре којом се врши пренос јединичних вредности за друге државе. Бројни приручници попут UNITE, INFRASS/IVV и HEATCO, предлажу пренос вредности на основу VDP-а по глави становника у држави. За трошкове загађења ваздуха и буке, HEATCO препоручује

<sup>6</sup> NEEDS, (2006a). Assessment of Biodiversity Losses, NEEDS deliverable D.4.2.-R.S. 1b/WP4.

повећање вредности у предстојећим годинама, на основу подразумеване међувременске еластичности према расту BDP-а по глави становника од 1,0.

## 6. Закључак

Утврђено је да се екстерни ефекти у економском вредновању путних пројеката у нашој држави користе у малој мери. Стога ће будући период захтевати озбиљнији приступ у уређивању ове области, нарочито из потребе хармонизације са ЕУ правилницима и законодавством, с обзиром на статус Србије – државе кандидата. Такође, главни фокус на утицаје на животну средину који су покривени у постојећим националним анализама трошкова и користи за инвестиције у путеве је на загађењу ваздуха, буку и глобално загревање, док су остали утицаји занемарени.

С обзиром на јачање потребе за применом принципа „загађивач плаћа“ и интернализацијом трошкова у саобраћају, расте потреба за развојем националних вредности екстерних трошкова саобраћаја, који би одражавали стварне екстерне трошкове у нашој земљи (собзиром на националне емисионе факторе по типу возила, тј. национални састав возног парка, густину насељености, метеоролошке услове итд). Стога, наша држава би у следећем кораку требало да приступи локалном изучавању и развоју локалних вредности за све негативне утицаје саобраћаја на околину. У ту сврху, потребно је развити националне базе података, које ће на адекватан начин пружити улазне вредности за ове прорачуне. Исто тако, за процену трошкова буке потребни су подаци о броју изложених људи (стратешке мапе буке). На самом крају, потребно је у поступку вредновања екстерних ефеката животне средине, истаћи и значај адекватног спровођења процедуре Процене утицаја на животну средину, које треба да обезбеде довољно информација о свим значајнијим локалним утицајима, тј. улазне податке за економску анализу пројеката.

С обзиром на нове спознаје о трендовима који су у настајању или су наставак ранијих трендова у сектору саобраћаја, потребно је преиспитивање традиционалног приступа, у односу на врсте и обиме утицаја.

## Литература

- [1] Kumares C. Sinha, Samuel Labi. (2007). *Transportation Decision Making: Principles of Project Evaluation and Programming*
- [2] Кузовић, Љ., *Вредновање у управљању развојем и експлоатацијом путне мреже*. Београд, Србија, Саобраћајни факултет, 1994.
- [3] Структурни фонд - ERDF, Кохезиони фонд и ISPA. Водич за анализу трошкова и користи за инвестиционе пројекте
- [4] Главић, Д. & Миленковић, М. (2017). „Екстерни ефекти у економском вредновању пројеката“. *Journal of Road and Traffic Engineering*. vol 63. pp. 5-12.
- [5] Видас М., Тубић, В. & Главић, Д. (2019). Екстерни трошкови саобраћаја значајни са аспекта утицаја пута на животну средину - DP IB 21 Н. Сад – Рума. 6. научно-стручни скуп „Пут и животна средина“, Врњачка Бања, окт. 23-25, pp. 147-156.
- [6] European Commission, (2006). *Harmonised European Approaches for Transport Costing and project assessment* - HEATCO
- [7] European Commission, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung — IER Universität Stuttgart, Germany (2005). *ExternE Externalities of Energy Methodology 2005 Update*
- [8] European Commission, DG Mobility and Transport & CE Delft, (2019). *Update of the Handbook on External Costs of Transport*

- [9] M. Maibach, C. Schreyer et al. (2007). Handbook on estimation of external cost in the transport sector Produced within the study Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT) Version 1.0.
- [10] European Commission, (2014). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020.
- [11] The Government Digital Service of United Kingdom public sector information website, Guidance Air quality appraisal: damage cost guidance
- [12] S. Schmid, P. Bickel, R. Friedrich et al. Environmental external costs of transport. Berlin, Heidelberg, New York: Ed.. R. Friedrich and P. Bickel, Springer-Verlag, 2001.
- [13] NEEDS, (2006b). Deliverable 6.7: Final report on the monetary valuation of mortality and morbidity risks from air pollution, Brussels: European Commission
- [14] CE Delft. (2008). Environmental Prices Handbook
- [15] Ecoplan & Infras, (2014). Externe Effekte des Verkehrs - Monetarisierung von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung, Bern; Zürich: Ecoplan

## SUMMARY

### ECONOMIC EVALUATION OF THE IMPACT ON THE ENVIRONMENT IN THE ANALYSIS OF COSTS AND BENEFITS OF ROAD FACILITIES

*Abstract: In traffic evaluation procedures, the calculation of external costs is one of the important steps in determining the economic justification of investing money in the implementation of a traffic project. Failure to take into account the impact on the environment in the calculation of accompanying externalities can result in overestimation or underestimation of the social benefits of the project, which can further cause unsubstantiated economic decisions to be made. Therefore, one of the basic steps in the process of making an assessment of the economic justification of the project must be the inclusion and calculation of all (recognized) external costs. The aforementioned need to study external effects is needed not only for essential reasons, but also for formal ones, because Feasibility Studies must be harmonized with EU regulations. One of the fundamental principles for evaluating EU projects is the "polluter pays" principle, while the need to internalize external costs (including congestion and environmental costs) is increasing. The aim of this paper is to present the process of integrating the CBA of road facilities and the impact on the environment, with a special emphasis on the economic evaluation of the environment. The focus of the paper is on the analysis of the importance of including environmental impact in the evaluation procedures of road facilities, as well as on the presentation of procedures and individual elements of the evaluation of external and non-market impacts, which are presented and recommended in the latest manuals and guides for the analysis of costs and benefits for investment projects.*

*Key words: valuation of road facilities, external costs, environmental impacts*

## УПОРЕДНА АНАЛИЗА КАПАЦИТЕТА И НИВОА УСЛУГЕ КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА ПРЕМА ПРИРУЧНИКУ „HIGHWAY CAPACITY MANUAL” (НСМ) ИЗ 2010. И 2016. ГОДИНЕ

Ивана Обрадовић, дипл. инж. саобр., Саобраћајни факултет, Београд,  
ivana.obradovic.ds@gmail.com  
Владан Тубић, дипл. инж. саобр., Саобраћани факултет, Београд,  
vladan@sf.bg.ac.rs

*Резиме:* На кружним раскрсницама влада комбинација прекинутих, непрекинутих и делимично ометених токова. Овај тип површинских раскрсница је специфичан са функционалног аспекта јер се ни један прилаз не фаворизује у смислу давања приоритета већ важе посебна правила. Кружне раскрснице представљају посебан тип раскрсница које имају своју функцију у мрежи. Због све веће примене кружних раскрсница јавља се потреба за добијањем што прецизнијег и подобног модела у локалним условима за анализу капацитета и нивоа услуге различитих типова кружних раскрсница. У овом раду извршена је упоредна анализа методологије америчког приручника за капацитет путева НСМ (Highway Capacity Manual), у два различита издања - из 2010. и 2016. године. У раду је дат опис модела за добијање капацитета улазних трака код различитих типова кружних раскрсница. Идентификована је значајна разлика у вредности параметара интервала слеђења и критичног интервала слеђења возила у ова два издања. Како би се добила јаснија слика о разлици у добијеним вредностима капацитета, методологија је примењена на типском примеру кружне раскрснице и добијена разлика између капацитета креће се у распону од 15% до 32% у зависности од типа раскрснице. Веће вредности су добијене применом методологије из 2016. године јер су вредности интервала слеђења возила мање. Методолошке разлике тестиране су и у случају примене наведених поступака са реалним подацима о саобраћним захтевима на кружним раскрсницама Булевар ослобођења - Саве Машковића - Црнотравска улица и Краља Александра 1 - Краља Петра 1 - Улица Александра Аце Симовића у Београду. Критеријуми нивоа услуге су исти у оба издања, а разлике у добијеним нивоима услуге на прилазима изабраних раскрсница разликују се због добијених капацитета.

*Кључне речи:* кружна раскрсница, НСМ (Highway Capacity Manual), капацитет, интервал слеђења

### 1. Увод

Кружне раскрснице представљају посебан тип укрштања где се ни један прилаз не фаворизује у смислу давања приоритета већ важе друга саобраћајна правила. Возила се у кружном току крећу у супротном смеру од казаљке на сату и имају предност у односу на она возила која се приближавају раскрсници. Све чешће се у последње време примењује овај тип раскрсница углавном на улазу у насељена места јер су погодне пре свега због приморавања возача да успоре брзину.

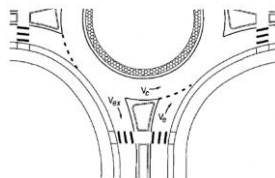
Капацитет саобраћајнице представља максималан број возила који може да прође кроз попречни пресек саобраћајнице у јединици времена. За израчунавање капацитета користе се различите методологије и приступи. Ово је теоријска вредност која мора бити једнака или већа од збира интензитета саобраћаја у ротору (у висина улаза) и интензитета саобраћаја на улазу који се здружују у конфликтној тачки на улазу у ротор [1].

Како би се боље сагледале разлике између методологија различитих издања изабраног приручника одабране су две кружне раскрснице. Прва кружна раскрсница је раскрсница улица Булевар Ослобођења - Саве Машковића - Црнотравска улица која се налази на територији општине Вождовац у близини Трошарине. Ова кружна раскрсница има четири крака и две траке у кружном току. Друга изабрана раскрсница налази се на простору општине Обреновац и чине је улице: Краља Александра 1 - Краља Петра 1 - Улице Александра Аце Симовића. У плану је да се ова раскрсница реконструише у кружну раскрсницу са једном траком у кружном току. Приказани капацитети су добијени на основу софтвера HCS (Highway Capacity Software) и аналитички.

Приручник HCM је документ који има широку примену у целом свету и користи се за планирање и пројектовање путева. Упркос великој примени, може доћи и до потешкоћа, ако се примењује у одређеним случајевима који су сложени и када је саобраћај хетероген [2].

## 2. Методологија приручника

У овим издањима могуће је израчунавања капацитета кружних раскрсница са различитим бројем улазних и циркуларних трака (до две). На основу броја трака, ова методологија даје могућност израчунавања четири различите врсте кружних раскрсница и то су раскрснице са: једном улазном ( $V_e$ ) и једном конфликтном траком ( $V_c$ ), две улазне и једном конфликтном траком, једном улазном и две конфликтне траке, две улазне и две конфликтне траке. Ради лакшег разумевања, на слици 1 приказане су поменуте траке. Ознака  $V_{ex}$  односи се на излазну траку.



Слика 1. Улазна, излазна и конфликтна трака [3]

Према [3, 4] општи облик формуле за добијање капацитета улазне траке кружне раскрснице приказана је у обрасцу 1.

$$C_a = A e^{(-B v_c)} \quad (1)$$

Где је:

$C_a$ – капацитет улазне траке, прилагођен за тешка возила [voz/h]

$V_c$ – меродавни капацитет конфликтне траке [voz/h]

$$A=3600/t_f$$

$$B=(t_c-(t_f/2))/3600$$

$t_f$  - интервал слеђења [s]

$t_c$  - критични интервал слеђења [s]

У табели 1 приказане су вредности параметара за израчунавање капацитета према приручнику из 2010. и 2016. године. Интервал слеђења возила на пресеку пута представља време проласка чела узастопних возила преко посматраног пресека пута и изражава се у секундама.

Табела 1. Обједињене вредности параметара по издањима

Тип раскрснице/Параметар	НСМ 2010		НСМ 2016	
	$t_C$ (s)	$t_f$ (s)	$t_C$ (s)	$t_f$ (s)
1 улазна, 1 конфликтна	5,19	3,19	4,98	2,61
2 улазне, 1 конфликтна	5,19	3,19	4,54	2,54
1 улазна, 2 конфликтне	4,11	3,19	4,33	2,54
2 улазне, 2 конфликтне (трака лево)	4,29	3,19	4,65	2,67
2 улазне, 2 конфликтне (трака десно)	4,11	3,19	4,33	2,54

У самом прорачуну капацитета улазне траке, ове две методологије се разликују по критичном интервалу слеђења и интервалу слеђења возила. На основу података добијених теренским истраживањем, вредности параметра се разликују у издањима. На основу података из табеле 1 може се увидети да су веће вредности критичног интервала слеђења за раскрснице са једном конфликтном траком забележене у методологији из 2010. године. С друге стране, у случају када кружна раскрсница има две траке у кружном току, вредности овог параметра су ниже у 2010. години. Вредности интервала слеђења се не мењају у НСМ 2010 у односу на број трака на прилазу и у току. У новијем издању ове вредности су мање од претходног издања и варирају у односу на тип раскрснице.

### 3. Приказ и дискусија резултата

#### 3.1. Први пример

Како би разлика у добијеним резултатима увидела, примењен је типски пример где је конфликтни ток величине 500 voz/h за све типове раскрсница на свим прилазима. У табели 2 су приказане добијене вредности.

Према подацима из табеле 2 јасно се може уочити да су капацитети улазних трака већи, ако се примени методологија из 2016. године. Највеће повећање се бележи код раскрсница које имају две улазне и једну траку у кружном току (32%). Са друге стране, критеријуми нивоа услуге се нису променили у издању из 2016. године у односу на 2010. годину.

Табела 2. Капацитети улазне траке према различитим издањима HCM-а

Број трака (врста кружне раскрснице)	Капацитет улазне траке, HCM 2010 [voz/h]	Капацитет улазне траке, HCM 2016 [voz/h]	Повећање (%)
1 улазна, 1 конфликтна	638	770	20.73
2 улазне, 1 конфликтна	638	844	32.30
1 улазна, 2 конфликтне	757	873	15.33
2 улазне, 2 конфликтне (трака лево)	757	873	15.33
2 улазне, 2 конфликтне (трака десно)	736	844	14.78

### 3.2. Други пример

Први пример реалне кружне раскрснице је раскрсница улица Булевар Ослобођења - Саве Машковића - Црнотравска улица која се налази у близини Трошарине. Ова кружна раскрсница има четири крака и две траке у кружном току. Усвојена оптерећења у 2022. години добијена су на основу података о протоку из 2021. године [5] и контролног бројања која су увећана за 5% на свим прилазима због повећане мобилности у Београду због повољније епидемиолошке ситуације. На графику 1 приказане су добијене вредности капацитета, а на сваком стубу на графику исписан је ниво услуге траке.

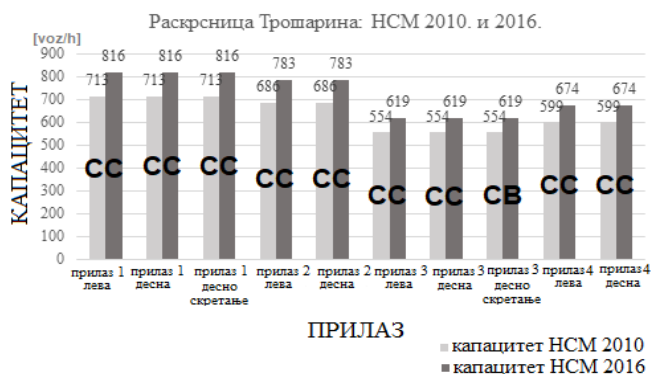


График 1. Добијене вредности капацитета и нивоа услуге на првој раскрсници

На основу података са графика 1 може се закључити да су вредности капацитета на свим прилазима веће применом HCM 2016. Разлика у добијеним капацитетима варира од 12% до 14. Разлика у добијеним нивоима услуге скоро да не постоји јер се за једну траку разликује за један степен, тако да се бољи ниво услуге добија применом HCM 2016.

### 3.3. Трећи пример

Други пример реалне раскрснице је раскрсница која се налази на простору општине Обреновац и чине је улице: Краља Александра 1 – Краља Петра 1 – Улице Александра Аце Симовића. Према [6] су добијени подаци о саобраћајном



оптерећењу у постојећем стању. На графику 2 приказане су добијене вредности капацитета и нивоа услуге.

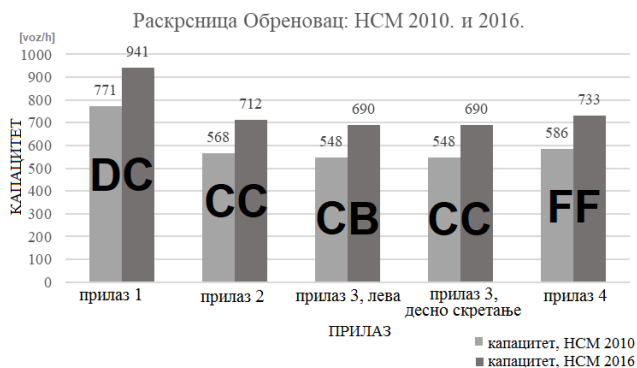


График 2. Добијене вредности капацитета и нивоа услуге на другој раскрсници

Као и у претходна два примера и у овом примеру су добијени већи капацитети након примене новијег издања НСМ-а. Добијени капацитети се разликују у распону од 13% до 21%. Нивои услуге се разликују на три прилаза, али по један степен. На тим прилазима бољи ниво услуге добија се применом новијег издања.

Капацитет у идеалним условима је већи за око 300 РА/х према приручнику из 2016. године у односу на НСМ 2010. У оба анализирана издања исте су вредности критеријума нивоа услуге, а то су укупни временски губици и однос протока и капацитета. Најнеповољнији су услови када је вредност укупних временских губитака преко 50 s.

#### 4. Закључак

Примењене методологије се разликују по томе које вредности узимају параметри интервала слеђења и критични интервал слеђења. За све анализиране раскрснице добијен је већи капацитет применом НСМ 2016 док критични интервал слеђења не варира значајно у ова два издања. Добијени капацитети у новијем издању су већи јер је интервал слеђења мањи него у претходном издању. Капацитети на изабраним кружним раскрсницама варирају у односу на примењену методологију у просеку за око 100 voz/h у односу на саобраћајну траку. Разлика у добијеним нивоима услуге јавља се због различито добијених капацитета.

Новопроектовано решење раскрснице у Обреновцу није типично (због угла између кракова) што значи да методологије не узимају геометрију у обзир што представља ману овог приручника. За траку на четвртог прилазу ове раскрснице добијен је најнеповољнији ниво услуге применом обе методе. Ово показује да треба поново размотрити пројектно решење и да ли уопште треба реконструисати ту раскрсницу.

## Литература

- [1] З. Кењић, Приручник за планирање и пројектовање кружних раскрсница – ротора, Институт Сарајево, 2009.
- [2] S. Mathew, A. Dhamaniya et al., Roundabout Capacity in Heterogeneous Traffic Condition: Modification of HCM Equation and Calibration, 20th EURO Working Group on Transportation Meeting, EWGT 2017, 4-6 September 2017, Budapest, Hungary
- [3] Highway Capacity Manual - HCM 2010. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 2010.
- [4] Highway Capacity Manual – HCM 2016. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 2016.
- [5] Комарица Ј, Анализа пројектних решења за раскрсницу Булевар Ослобођења – Црнотравска, Завршни рад, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет, 2021.
- [6] Студија оправданости кружне раскрснице у Обреновцу: Краља Александра 1 - Краља Петра 1 – Александра Аце Симовића

## Summary

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CAPACITY AND SERVICE LEVEL OF ROUNDABOUTS ACCORDING TO THE HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) FROM 2010 AND 2016

*Abstract: Roundabouts are dominated by a combination of interrupted, uninterrupted and partially obstructed flows. This type of surface intersections is specific from a functional aspect because no approach is favored in terms of giving priority, but special rules apply. Roundabouts are a special type of intersections that have their own function in the network. Due to the increasing use of roundabouts, there is a need to obtain a more accurate and suitable model in local conditions for analyzing the capacity and level of service of different types of roundabouts. In this paper, a comparative analysis of the methodology of the American highway capacity manual HCM (Highway Capacity Manual) was performed, in two different editions - from 2010 and 2016. The paper describes the model for obtaining the capacity of entrance lanes at different types of roundabouts. A significant difference was identified in the value of the tracking interval and critical vehicle tracking interval parameters in these two editions. In order to get a clearer picture of the difference in the obtained capacity values, the methodology was applied to a typical example of a roundabout and the obtained difference between capacities ranges from 15% to 32% depending on the type of intersection. Higher values were obtained by applying the methodology from 2016 because the values of vehicle tracking intervals are smaller. Methodological differences were also tested in the case of the application of the aforementioned procedures with real data on traffic demands at the roundabouts Bulevar oslobođenja - Sava Maskovića - Crnotravska ulica and Kralja Aleksandra 1 - Kralja Petra 1 - Aleksandra Ace Simovica Street in Belgrade. The service level criteria are the same in both editions, and the differences in the obtained service levels at the approaches of the selected intersections differ due to the obtained capacities.*

*Keywords: roundabout, HCM (Highway Capacity Manual), capacity, following interval*

## UTICAJ SPECIFIČNOG KOMERCIJALNOG PRISTUPA NA USLOVE U SAOBRAĆAJNOM TOKU

Ognjen Čuljković, dipl.saobr.inž., Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, ognjen.culjkovic@gmail.com

Siniša Stojanović, dipl.saobr.inž., Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, stojanovic.sim@gmail.com

*Rezime: Pojmovi efikasnost i pristupačnost u saobraćaju predstavljaju najvažnije karakteristike jedne saobraćajne deonice. Racionalno dovođenje u ravnotežnu pomenuta dva kontradiktorna cilja predstavlja jedan od čestih problema, ali i propusta na vangradskoj mreži puteva u Republici Srbiji. Sa aspekta efikasnosti teži se maksimizaciji propusne moći saobraćajne deonice na zadatom nivou usluge, dok sa porastom pristupačnosti uslovi u saobraćajnom toku opadaju ispod zadatog nivoa usluge. Pristup ili pristupna tačka najčešće se može definisati kao neposredna veza između javnog puta, odnosno primarne saobraćajnice sa drugim putem, najčešće nižeg ranga, ili sa zemljišnim posedima koji se jednom svojom stranom graniče sa posmatranim putem. Pristupne tačke mogu biti u funkciji povezivanja stambenih ili komercijalnih zona sa primarnom saobraćajnicom. Nedostatak kontrole pristupa za posledicu ima smanjenje svih parametara saobraćajnog toka, odnosno degradira Nivo Usluge koji predstavlja kvalitativnu meru funkcionisanja saobraćajnog toka na saobraćajnoj deonici. Komercijalni pristupni putevi i priključci u nedostatku kontrole pristupa, pri nepostojanju adekvatne saobraćajne signalizacije i loše geometrije pristupa mogu izazvati značajne poremećaje u saobraćajnom toku. Uticaj na razmeru problema pomenute vrste pristupa ima veliki broj ispostavljenih zahteva od strane teškog teretnog saobraćaja. U ovom radu će biti predstavljena metodologija i rezultati istraživanja uticaja specifičnog, odnosno neadekvatno uređenog komercijalnog pristupa na saobraćajni tok deonice državnog puta IB 26 u Bariču. U okviru istraživanja korišćeno je plutajuće vozilo opremljeno GPS uređajima i uređajem za merenje brzine u realnom vremenu. Fokus je bio na kvantifikovanje promena u vremenu putovanja (vremenski gubici) i brzine. Merenja promene parametara saobraćajnog toka su vršena isključivo kada je na pomenutom pristupu ispostavljan zahtev od strane teških teretnih vozila ili auto vozova, sa posebnim fokusom na manevre ulivanja u glavni tok. Ovi zahtevi ujedno izazivaju najčešću i najozbiljniju promenu parametara saobraćajnog toka na predmetnoj deonici.*

*Ključne reči: kontrola pristupa, komercijalni pristupni put, nivo usluge*

### 1. Uvod

Nedostatak kontrole pristupa za posledicu ima smanjenje svih parametara saobraćajnog toka, odnosno degradira Nivo Usluge koji predstavlja kvalitativnu meru funkcionisanja saobraćajnog toka na saobraćajnoj deonici. Komercijalni pristupni putevi i priključci u nedostatku kontrole pristupa, pri nepostojanju adekvatne saobraćajne signalizacije i loše geometrije pristupa mogu izazvati značajne poremećaje u saobraćajnom toku.

U razvijenim zemljama postoje odgovarajući Pravilnici o Upravljanju pristupima, u kojima uz manje varijacije nalazimo osnovnu definiciju: „Upravljanje pristupom se definiše kao sistemska kontrola lokacija, rastojanja, planiranja, projektovanja i korišćenja pristupnih puteva“. Jedan aspekt upravljanja pristupima je i kontrola pristupa. Odsustvo kontrole pristupa predstavlja jedan od bitnih razloga relativno lošeg kvaliteta usluge putne mreže u našim uslovima kroz smanjenje brzine, protoka, bezbednosti, itd. Takođe je važno naglasiti da potpuna kontrola pristupa, u našoj zemlji, postoji samo na autoputevima, dok se njena uloga i značaj gubi iz vida kod upravljanja vangradskim deonicama dvotračnih puteva [1].

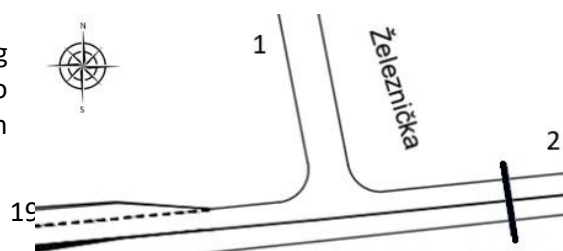
Predmet ovog rada jeste specifična deonica Državnog puta IB 26 u Bariču kod petlje Autoputa A2 „Obrenovac“. Deonica je karakteristična iz razloga što se paralelno sa njom prostire industrijska zona, koja uključuje jednu veliku fabriku, ali što je značajnije za ovaj rad, u njoj se nalazi i pet kompanija koje se bave transportom robe. Dužina predmetne deonice iznosi 1km i obuhvata tri glavna pristupa industrijske zone. Kako je pre početka istraživanja, tokom analize postojećeg stanje utvrđeno da je jedan pristup u potpunosti van svih geometrijskih standarda, ali i standarda saobraćajne signalizacije, zbog čega je taj pristup u fokusu ovog rada. Terenskim istraživanjem utvrđeno je da baš ovaj pristup koristi tri od pet transportnih kompanija iz industrijske zone. Kroy metodologiju su predstavljene primenjene tehnike u istraživanju, kao što je upotreba „plutajućeg vozila“ sa GPS uređajem radi prikupljanja podataka o brzini i pređenom putu u realnom vremenu. Kvantifikacija promena u vremenu putovanja (vremenski gubici) i brzine bila je jedan od glavnih ciljeva ovog istraživanja, o čemu će biti reči u rezultatima istraživanja.

## 2. Metodologija

Cilj istraživanja je bio da se snime realni podaci o promeni brzine usled ulivanja/izlivanja vozila sa glavnog pravca na predmetnoj deonici sa naglaskom na manevre teretnih vozila na konkretnom komercijalnom pristupu. Snimanje neophodnih podataka se obavljalo na više načina u zavisnosti od vrste samih podataka kao i ostalih ograničavajućih faktora (finansije, ljudski resursi i vremenski uslovi). Podaci koji su snimljeni terenskim istraživanjima su: protok vozila na glavnom pravcu; protok vozila na komercijalnom pristupu; vrste manevara ulivanja/izlivanja vozila sa glavnog na sporedni pravac, kao i sa sporednog na glavni pravac; merenje realne brzine vozila na glavnom pravcu u oba smera i merenje vremenskih gubitaka usled manevara ulivanja/izlivanja teretnih vozila na posmatranom pristupu.

**Prvi** korak u ovoj metodologiji je bio pribavljanje neophodnih podataka od transportnih kompanija koje svakodnevno koriste pomenuti pristup u svrhu njihovog poslovanja. Podaci koji su dobijeni od interesnih kompanija jesu vremenski intervali odlaska i dolaska teretnih vozila radi utovara/istovara, servisiranja ili drugih pratećih poslova. Ovi podaci su poslužili kako bi se odredili kojim danima i u kojim časovima je očekivan najveći broj dolazaka i odlazaka teretnih vozila koja koriste predmetni pristup, da bi se merenja na terenu fokusirala na dane i časove sa najvećim poremećajima saobraćajnog toka na glavnom pravcu.

**Drugi** korak u metodologiji ovog istraživanja je bio prikupljanje podataka o protoku vozila na glavnom i sporednom



Slika 1: Grafički prikaz pristupa i pozicije brojanja saobraćaja (Izvor: Autori)

pravcu, manevrima ulivanja/izlivanja vozila na pomenutom pristupu i merenje vremenskih gubitaka prilikom vršenja konkretnih manevara. Brojanje saobraćaja su vršila dva obučena lica tokom dva radna dana, u ponedeljak, 18.04.2022. od 08:00 do 10:00 časova i petak, 29.04.2022. od 14:00 do 16:00 časova. Jedan od brojača je vršio brojanje vozila na glavnom pravcu na poprečnom preseku (prikazano na slici 1, pozicija broj 1), dok je drugi brojao vozila na komercijalnom pristupu, na lokaciji prikazanoj na slici 1 (pozicija broj 2), kao i vrste manevara ulivanja/izlivanja vozila tipičnih za pomenuti pristup. Merenje trajanja manevara prilikom ulivanja/izlivanja teretnih vozila je vršeno istim danima kada i brojanje vozila, nakon obavljenog brojanja, korišćenjem štoperice, od trenutka početka manevara do trenutka završetka istog.

**Treći** korak metodologije predstavlja merenje realne brzine kretanja vozila na glavnom pravcu primenom metode „plutajućeg vozila“. Ova metoda je zasnovana na merenju brzine u realnom vremenu primenom aplikacije Merenje brzine na pametnom telefonu. Zadatak plutajućeg vozila je bio da oponaša ponašanje vozila u saobraćajnom toku i preko GPS uredjaja mobilnog telefona beleži promene u brzini saobraćajnog toka. Ovo istraživanje se obavljalo u petak, 20.05.2022. i ponedeljak, 21.05.2022. Plutajuće vozilo se uključivalo u saobraćaj 100 metara pre posmatrane deonice, u oba smera, kako bi se dostigla brzina saobraćajnog toka na glavnom pravcu i pristupilo oponašanju vozila na glavnom putu. Aplikacija koja je korišćena je podešena da precizno u svakoj sekundi beleži realnu brzinu i lokaciju plutajućeg vozila, a svako usporenje zbog uliva/izliva se beležilo na diktafonu sa tačnim opisom situacije i tačnim vremenom. Zbog navedenih radnji u plutajućem vozilu su u svakom trenutku bila prisutna dva obučena lica kako bi se ispunili bezbednosni normativi.

Specifičnost trećeg koraka metodologije jeste ta da su sve vožnje bazirane na konkretnoj pojavi teretnog vozila koje se izliva iz glavnog toka, odnosno uliva u glavni tok. Kako bi se smanjio broj merenja brzina bez poremećaja u toku zbog predmetnog pristupa u okviru ovog koraka angažovano je i treće lice u ovom istraživanju. Treće lice se nalazilo u blizini pomenutih transportnih kompanija i bilo je zaduženo za obaveštavanje lica u plutajućem vozilu o polascima teretnih vozila sa parkirališta tih kompanija, kako bi se na vreme plutajuće vozilo uključilo u saobraćaj i uspelo da zabeleži potrebne informacije. Prilikom merenja promene brzina usled manevara izlivanja teretnih vozila, isto lice je stajalo na početku, odnosno na kraju predmetne deonice i obaveštavalo lica u vozilu o nailascima teretnih vozila odgovarajućih transportnih kompanija.

Plutajućim vozilom zabeleženo je ukupno 26 manevara ulivanja/izlivanja koji su doveli do poremećaja parametara u saobraćajnom toku, dani tokom kojih su vršena terenska istraživanja su bili sunčani, bez oblaka (kako ne bi uticali na tačnost podataka prilikom korišćenja GPS-a) i bez faktora koji su negativno uticali na ponašanje vozila u saobraćajnom toku.

### **3. Rezultati istraživanja**

U okviru rezultata istraživanja biće predstavljeni prethodno pomenuti parametri saobraćajnog toka i njihovi poremećaji prouzrokovani predmetnim pristupom i saobraćajnim opterećenjem na glavnom pravcu.

### 3.1. Analiza saobraćajnog opterećenja

Odsek na kome je sprovedeno istraživanje, u dužini od jednog kilometra, pripada deonici Umka – Barič (veza sa A2), koja se nalazi na DP IB-26. Na preseku ove deonice se nalazi automatski brojač saobraćaja ABS 1059 na udaljenosti od dva kilometara od preseka na kome je vršeno manuelno brojanje saobraćaja. Od pomenutog automatskog brojača saobraćaja (u nastavku: ABS) do predmetnog priključka ne postoje značajnija ukrštanja sa glavnim pravcem, odnosno minimalna su razlivanja teretnog saobraćaja. Na osnovu dostupnih podataka sa ABS u tabeli broj 1 prikazan je PGDS na deonici za 2021. godinu.

Tabela 1: PGDS za 2021. godinu ABS 1059

God.	PA	BUS	LT	ST	TT	AV	Σ
2021	12077	474	176	139	70	242	13178

Na osnovu prethodne tabele jasno se vidi da je veliko saobraćajno opterećenje duž deonice, od čega udeo teretnih vozila u raspodeli iznosi skoro 5%, odnosno 672 teretnih vozila dnevno. Brojanje saobraćaja koje je vršeno na terenu, takođe pokazuje veliki procenat učašća teretnih vozila u vidovnoj raspodeli saobraćajnog toka. Rezultati brojanja saobraćaja na preseku su prikazani u tabeli 2 prema časovnim protocima.

Tabela 2: Podaci sa brojanja saobraćaja na preseku

Datum	Smer	Vreme	Kategorija vozila					Ukupno
			PA	BUS	LTV	TTB	AV	
18.04.2022	BG-OBR	08:00-09:00	393	14	53	6	16	482
		09:00-10:00	375	14	44	2	20	455
	OBR-BG	08:00-09:00	429	17	44	8	26	524
		09:00-10:00	389	14	43	9	24	479
29.05.2022.	BG-OBR	14:00-15:00	586	19	33	7	20	665
		15:00-16:00	579	20	42	4	12	657
	OBR-BG	14:00-15:00	517	19	42	8	8	594
		15:00-16:00	574	22	43	4	12	655

Učešće komercijalnih vozila u vidovnoj raspodeli po satu iznosi od 9% do 15%, što je dva do tri puta više nego njihovo učešće na godišnjem nivou. Auto voz (AV) je kategorija vozila koja se u najvećem broju opslužuje preko predmetnog priključka, pored putničkih automobila (PA), kao kategorija koja najveći uticaj ima na parameter saobraćajnog toka ima značajni udeo u vidovnoj raspodeli, oko 5%. Njihovo manevrisanje prilikom ulivanja u glavni tok, ili izlivanja iz istog, najčešće zahteva da se potpuno zaustave vozila u obe saobraćajne trake duž glavnog pravca. Kada je glavni pravac opterećen ovolikim PGDS-om i najmanji poremećaji u saobraćajnom toku mogu izazvati nagli pad nivoa usluge, odnosno stvaranje reda i formiranje tzv. "šok talasa". Brojanje saobraćaja na raskrsnici takođe je izvršeno, paralelno sa brojanjem sprovedenim na preseku glavnog pravca. U tabeli 3 prikazani su podaci sa brojanja.

Tabela 3: Podaci sa brojanja saobraćaja na raskrsnici

Datum	Smer	Vreme	Kategorija vozila					Ukupno
			PA	BUS	LTV	TTB	AV	
18.04.2022	12	08:00-09:00	5	0	3	1	4	13

	13		21	0	5	0	12	38	
	21		11	0	3	0	1	15	
	31		21	0	1	0	1	23	
	12		09:00-10:00	8	0	0	0	2	10
	13			30	0	2	0	6	38
	21			12	0	2	0	2	16
	31			19	0	4	0	3	26
29.05.2022.	12	14:00-15:00	3	0	1	0	0	4	
	13		23	0	6	1	6	36	
	21		4	0	1	0	2	7	
	31		13	0	6	0	6	25	
	12	15:00-16:00	8	0	0	0	0	8	
	13		20	0	2	0	2	24	
	21		12	0	0	0	1	13	
	31		19	0	4	2	5	30	

Iz tabele 3 se može zaključiti da je smer 13 najopterećeniji u 3 od 4 izmerena vremenska perioda. Da su se informacije od kontaktiranih firmi ispostavile kao tačne, svedoče rezultati brojanja saobraćaja, gde je prvog dana tokom dvočasovnog brojanja, u oba časa bio ubedljivo najopterećeniji smer 13 sa 76 voz/h od čega je bilo 18 autovozova što čini 24% u vidovnoj raspodeli. Smer 13 predstavlja kretanje iz Železničke ulice prema autoputu A2. Tokom drugog dana situacija je bila malo drugačija, smer u kom je zabeleženo najviše autovozova je smer 31. Ovaj smer predstavlja kretanje od petlje autoputa A2, do Železničke ulice. U ovom smeru zabeleženo je 11 autovozova, što predstavlja 50% ukupnog teretnog saobraćaja u toku dvočasovnog merenja.

### **3.2. Analiza uticaja pristupa na parametre saobraćajnog toka**

Prilikom istraživanja na kritičnom pristupu utvrđeno je prosečno vreme koje je potrebno vozilu da izvrši manevar skretanja od trenutka početka do samog završetka manevra, što je prikazano u tabeli 4.

Tabela 4: Prosečno trajanje svakog manevra

Manevar	Prosečno vreme
13	8.11s
12	6.93s
21	5.18s
31	5.34s

Podaci iz tabele 4 su poslužili kao smernica za dalje istraživanje iz razloga što je dobijena određena predstava o tome kako se to može odraziti na celokupan tok. Kretanje plutajućeg vozila obavljeno je glavnim pravcem u oba smera i na taj način dobijen je uticaj svakog manevra na saobraćajni tok sa glavnog pravca. Izlazni rezultat snimanja predstavljaju podaci o trenutnoj brzini i pređenom putu vozila za svaku sekundu snimanja. U tabeli 5 prikazani su prosečni vremenski gubici za svaki manevar u oba smera.

Tabela 5: Vremenski gubici

Smer	Vremenski gubici po manevru [s]			
	12	13	21	31
A	27	46.3	39.4	36.7
B	35	47	37	38.1

Iz prethodne tabele može se uočiti da su prilikom svih manevara vremenski gubici na glavnom pravcu veliki. Ističe se manevar 13 kao manevar koji predstavlja faktor najvećeg ometanja saobraćajnog toka na glavnom pravcu u oba smera. Ovaj manevar se ispostavio kao najkritičniji po parametre saobraćajnog toka, pa će u narednom poglavlju on biti u fokusu, gde će se prikazati analize koje su sprovedene na osnovnu prikupljenih podataka.

### 3.3. Karakteristike pristupa i uticaj manevra 13 na parametre saobraćajnog toka

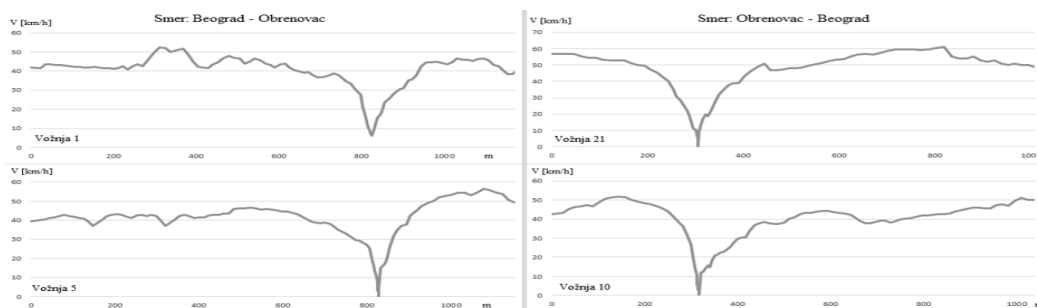
Predmetna raskrsnica je regulisana vertikalnom saobraćajnom signalizacijom, postavljenim saobraćajnim znakom „STOP“ (II-2) na pristupu, čije su dimenzije i klasa materijala od kog je izrađen van propisanih normativa u domaćim zakonima i pravilnicima. Na pristupu ne postoje horizontalne oznake kao što su zaustavna ili razdelna linija. Geometrijske karakteristike ovog pristupa ne zadovoljavaju neophodne normative kako bi prohodnost teretnih vozila bila moguća bez ometanja ostalih učesnika u saobraćaju. Radijus krivine na ulivnoj i izlivnoj traci iznosi oko 4,5 metra, što nije dovoljno veliki radijus za vozila koja koriste priključak, pogotovo ako se uzme u obzir najčešći tip tegljača (sa ili bez poluprikolice, model „SCANIA R 490“) čiji je poluprečnik skretanja bez poluprikolice 7,6 metara, dok sa poluprikolicom taj poluprečnik iznosi oko 12 metara, u zavisnosti od tipa poluprikolice. Posledica loše geometrije raskrsnice je najosetnija prilikom manevra 13, prilikom čega se saobraćaj u oba smera glavnog saobraćajnog toka zaustavlja kako bi se omogućilo auto vozu da se uključi u glavni tok. Auto voz tokom manevra 13 nema dovoljno prostora da prilikom desnog skretanja ostane u svojoj traci, već koristi saobraćajnu traku za kretanje vozila u suprotnom smeru, kao i deo trotoara duž te trake, što je prikazano na slici 2.





Slika 2: Primer manevara 13 (Izvor: Autori)

Manevar 13 se izdvojio u svakoj od prethodnih analiza pa će iz tog razloga on biti detaljnije analiziran u ovom poglavlju. Na narednim grafikonima biće prikazana 4 reprezentativna primera, odnosno 4 vožnje tokom kojih je do ometanja saobraćajnog toka na glavnom pravcu došlo prilikom manevara 13 u kom je učestvovao auto voz. Za ovaj manevar pored vremenskih gubitaka biće predstavljen i predjeni put koji je potreban vozilu na glavnom pravcu da prodje kroz zonu uticaja ovog priključka na način da ponovo uspostavi kretanje prethodnom brzinom kretanja nakon prolaska kroz zonu uticaja. Samim tim jasno će moći da se vidi na koji način utiče predmetni pristup na eksploatacionu brzinu na glavnom pravcu.



Grafikon 1: Odnos brzine i pređenog puta po smerovima (Izvor: Autori)

Na grafikonu 1, kada je u pitanju smer Beograd – Obrenovac, može se videti da je uticajna zona, odnosno predjeni put nakon prekida kretanja približno konstantnom brzinom od 44 km/h do ponovnog postizanja te brzine nakon ulivanja vozila na glavni tok manevarom 13 iznosi 340m u vožnji 1, odnosno 283m u vožnji 5. Razlika izmedju ove dve vožnje jeste ta što je u vožnji 5 plutajuće vozilo moralo u potpunosti da se zaustavi dok je u vožnji 1 plutajuće vozilo zabeležilo najnižu brzinu od 6km/h. Vremenski gubici u vožnji 1 iznosili su 41 sekundu, dok su u vožnji 5 oni bili 52 sekunde, uzevši u obzir 7 sekundi potpunog mirovanja zbog propuštanja vozila koje je izvršavalo manevar 13. Kada se posmatra smer Obrenovac – Beograd primećuje se da se pri brzini od 50 km/h desio pad koji se završava zaustavljanjem vozila i stanjem mirovanja od 13 sekundi u vožnji 21, odnosno 5 sekundi u vožnji 10. Za postizanje brzine kojim se vozilo kretalo pre zone uticaja bilo je potrebno 370 m u slučaju vožnje 21 što predstavlja vremenske gubitke od 44 sekundi.

#### 4. Zaključak

Metodologija koja je primenjena u radu je razvijena za potrebe istog. Koraci metodologije se mogu primeniti na različita istraživanja zbog njene specifičnosti. Jedna od glavnih specifičnosti je koordinacija istraživača na terenu i minimiziranje vremenskih i finansijskih troškova istraživanja.

Rezultati sprovedenih analiza ukazuju na to da je uticaj komercijalnog pristupa na parametre saobraćajnog toka duž glavnog pravca značajan. Kao najznačajniji uticaji izdvojili su se vremenski gubici koji prouzrokuju manevri ulivanja/izlivanja sa glavnog toka od kojih je najuticajniji manevr 13, koji u proseku traju 46,3 i 47 sekundi, respektivno po smerovima A i B. Prosečno vreme izvođenja ovog manevra se pokazalo kao najduže i iznosi 8,11 sekundi. Iako vreme izvođenja manevra traje manje od 10 sekundi, pokazalo se da je oporavak saobraćajnog toka od nastalog šok talasa do ponovnog postizanja prethodne eksploatacione brzine kretanja toka skoro 50 sekundi. Na vrednosti dobijenih rezultata značajan uticaj ima geometrija pristupa i saobraćajna signalizacija.

Važno je napomenuti da je neophodno sprovesti istraživanja većeg obuhvata i tako dići do reprezentativnog uzroka koji bi omogućio ekspandiranje rezultata na časovne tokove i dublju analizu problema.

#### Literatura

[1] M. Vidas, Uticaj kontrole pristupa na kapacitet i nivo usluge dvotračnih puteva, 2017.

## Summary

### THE IMPACT OF A SPECIFIC COMMERCIAL ACCESS POINT ON CONDITIONS IN THE TRAFFIC FLOW

*Abstract: The concepts of efficiency and accessibility in traffic represent the most important characteristics of a traffic section. Rationally bringing the mentioned two contradictory goals into balance is one of the frequent problems, as well as omissions, on the non-urban road network in the Republic of Serbia. From the aspect of efficiency, the aim is to maximize the throughput of the traffic section at the given level of service, while with the increase in accessibility, the conditions in the traffic flow fall below the given level of service. Access or access point can most often be defined as a direct connection between a public road, that is, a primary road with another road, usually of a lower rank, or with land holdings that border on one side of the observed road. Access points can be used to connect residential or commercial zones with the primary road. The lack of access control results in a reduction of all parameters of the traffic flow, that is, it degrades the service level, which represents a qualitative measure of the functioning of the traffic flow on the traffic section. Commercial access roads and connections in the absence of access control, in the absence of adequate traffic signs and poor access geometry can cause significant disturbances in the traffic flow. The impact on the scale of the problem of the mentioned type of access has a large number of requests made by heavy freight traffic. This paper will present the methodology and research results of the impact of a specific, or inadequately organized commercial access on the traffic flow of the section of the state road IB 26 in Barič. As part of the research, a floating vehicle equipped with GPS devices and a device for measuring speed in real time was used. The focus was on quantifying changes in travel time (time losses) and speed. Measurements of changes in the parameters of the traffic flow were performed exclusively when there was a request from heavy vehicles or car trains on the mentioned access, with a special focus on maneuvers entering the main flow. These requirements also cause the most frequent and serious change in traffic flow parameters on the section in question.*

*Keywords: access control, commercial access road, level of service*

## UTICAJ ZONE RADOVA NA BRZINE U SAOBRAĆAJNOM TOKU

Predrag Marković, „Boja“ d.o.o. Sombor, p.markovic@boja.co.rs

Lazar Stanisavljević, JP „Putevi Beograda“, lazar.stanisavljevic@putevibeograda.rs

*Rezime: Zone radova predstavljaju jedan od glavnih uzroka promena svih parametara saobraćajnog toka. Brzina predstavlja jedan od osnovnih parametara saobraćajnog toka koji ima uticaj na efikasnost, vreme putovanja, bezbednost u saobraćaju, ekonomičnost i troškovne analize. Ograničenje brzine predstavlja jednu od osnovnih mera politike upravljanja brzinama na putevima. Takođe, je u visokoj korelaciji sa izvedenim stanjem zone radova, što prouzrokuje negativnu promenu kapaciteta saobraćajnica svih rangova. Zone radova mogu imati različite efekte na saobraćajni sistem i samu brzinu kretanja vozila pri prolasku kroz zonu kao i kapacitet, što posledično može uticati na nastanak šok talasa. Cilj rada jeste analiza brzina u okviru definisanog područja istraživanja pri čemu je akcenat stavljen na kredibilitet postavljenog ograničenja brzine. Na osnovu dobijenih rezultata, jasno se može zaključiti da li ograničenja brzine u zonama radova dovodi do smanjenja brzine kretanja vozila.*

*Ključne reči: zone radova, brzina, kapacitet*

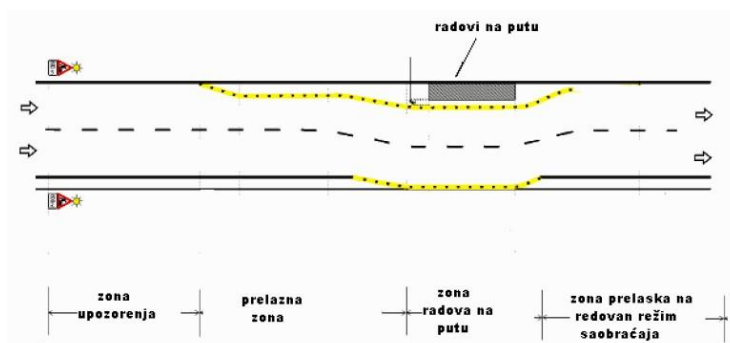
### 1. Uvod

Zona radova je deo puta na kojem je utvrđen poseban režim saobraćaja u toku izvođenja radova na putu. Predstavljaju situacije koje su neizbežne u procesima izgradnje, rehabilitacije ili rekonstrukcije saobraćajnica. Pojava zona radova prouzrokuje pogoršanje tehničko-eksploatacionih karakteristika saobraćajnica, a samim tim i udarne talase što dalje implicira negativnim promenama osnovnih parametara saobraćajnog toka. Usko grlo predstavlja najbolji primer udarnih talasa, u kojem zbog promene kapaciteta saobraćajnica dolazi do promene brzine i gustine, kao i do stvaranja zone nestabilnog toka. Pravovremenim obaveštavanjem vozača o zonama radova i dozvoljenim brzinama u zavisnosti od tipa zone radova kao i kategorije saobraćajnice na kojoj se iste sprovode, možemo onemogućiti nastanak ili smanjiti jačinu udarnih talasa. Ključni doprinos rada jeste analiza kredibiliteta postavljenog ograničenja brzine i uticaj na kapacitet u definisanoj zoni istraživanja.

### 2. Zone radova

Zona radova počinje od prvog saobraćajnog znaka privremene saobraćajne signalizacije na putu u zoni usporenja i završava se poslednjim saobraćajnim znakom privremene signalizacije na kraju završne zone. Zona radova sadrži: zonu upozorenja, prelaznu zonu, zonu radova na putu i zonu prelaska na redovan režim saobraćaja (Slika 1). Zone radova kao aktivnost mogu fizički zauzeti deo putnog pojasa, koja kao posledicu može imati suženje kolovoza, smanjenje nivoa usluge i nastanka saobraćajnih nezgoda. Smanjenje ili otklanjanje negativnih posledica zone radove se ostvaruje adekvatnim regulisanjem saobraćaja unutar i izvan zone radova. Izgled zone radova se određuje prema kriterijumima: tip puta, vremenska dužina trajanja i mobilnost radova

na putu, režim saobraćaja i mesto izvođenja radova na putu i dužina zone radova. Za označavanje radova i privremenih prepreka na putu u Srbiji se koristi „Pravilnik o označavanju radova i privremenih prepreka na putu“ (2014). Ovim pravilnikom potpisuje se način i sredstva za označavanje mesta na javnim putevima gde se javljaju smetnje za normalne uslove u saobraćajnom toku, koje su prouzrokovane obavljanjem radova na kolovozu ili pojavom drugih privremenih prepreka, osim smetnji za normalan režim saobraćaja koje su trajnog karaktera. Pravilnikom je predviđena neophodna oprema, saobraćajni znakovi i druge oznake za označavanje zone radova na putu. Ako se radi o radovima manjeg obima ili prekida saobraćaja kada se mora odmah reagovati, pravilnik nalaže da nije potrebna izrada posebnog plana, već se može primeniti jedan od redovnih planova izvođenja ovih radova.



Slika 1. Podzone u okviru zone radova na putu

### 2.1. Način regulisanja zone radova

Kada se na putu izvode radovi, neophodno je iste obeležiti prikladnom saobraćajnom signalizacijom. Osnova saobraćajnih znakova u žutoj boji se koristi samo za zone radova, što predstavlja jednostavnije razlikovanje stalne i privremene saobraćajne signalizacije od strane korisnika puta. Drugaćijom bojom osnove znakova prilikom zone radova pojačava se učinak znakova i takođe korisnicima pruža informaciju da nailaze na put sa određenim izmenama u režimu saobraćaja. Specifikacija saobraćajne signalizacije i opreme za obezbeđivanje radova na putu, kao i njihovo pozicioniranje zavisi od planiranog režima saobraćaja i saobraćajne signalizacije, koji je dužan da izradi izvođač radova.

U zoni radova privremene oznake na putu obeležavaju se u slučaju dugotrajnih radova na putu. Postavljaju se na prilazu i duž radova na putu. U odnosu na trajne oznake, poput vertikalne saobraćajne signalizacije, razlikuju se po boji za koju je predviđena žuta boja. Neophodno je poništiti važnost postojećih oznaka na putu čije značenje nije u skladu sa privremenim režimom saobraćaja. Poništavanje važnosti postojećih oznaka na putu vrši se uklanjanjem, precrtavanjem ili prekrivanjem aplikativnim trakama žute boje.

Saobraćajna oprema definiše i fizički odvaja zone radova, a na taj način i onemogućuje pristup gradilištu pešacima ili vozilima. Naizmeničnim poljima crvene i bele boje obojena je oprema čija je funkcija obezbeđivanje prepreka na površinama okrenutim ka saobraćaju, kao i samih zona radova. Elementi saobraćajne opreme od kojih u najvećoj meri zavisi način funkcionisanja saobraćajnog toka su u većini slučajeva: zapreke, čunjevi, i signalne table.

### 3. Uticaj zone radova na parametre saobraćajnog toka i kapacitet saobraćajnica

Brzina predstavlja jedan od osnovnih parametara saobraćajnog toka koji ima uticaj na efikasnost, vreme putovanja, bezbednost u saobraćaju, ekonomičnost i troškovne analize. Ograničenje brzine predstavlja jednu od osnovnih mera politike upravljanja brzinama na putevima. Osnovna svrha ograničenja brzine je da se poveća bezbednost na putevima kroz smanjenje rizika koje nameću brzine izabrane od strane vozača, uz istovremeno postizanje efikasnog i urednog saobraćajnog toka.

Generalno je utvrđeno da 40-50% vozača vozi brže od postavljenog ograničenja brzine (Oecd & Ocde, 2006). Jedan od razloga zašto vozači prekoračuju postavljena ograničenja brzine odnosi se na kredibilitet postavljenog ograničenja brzine (Fildes & Lee, 1993; van Schagen, 2004). Vozači će se verovatno pridržavati ograničenja brzine ako ga smatraju realnim i odgovarajućim za put (Richard Allsop, 1995). U prilog tome, Goldenbeld & van Schagen, 2007 tvrde da se generalno pretpostavlja da će vozači poštovati ograničenja brzine ako ih smatraju razumnim ili "kredibilnim". Ako to nije slučaj, može doći do problema neusklađenosti percepcije vozača o odgovarajućoj brzini na određenom delu puta i postavljenog ograničenja brzine, pri kojem, prema Gardner & Rockwell, 1983, vozači imaju veću tendenciju da se pre oslanjaju na sopstvene procene o odgovarajućoj brzini, nego na postavljeno ograničenje brzine. Postavljena ograničenja brzine koja su veća ili manja od onih koje omogućavaju putni i saobraćajni uslovi, većina vozača ignoriše (Elliott et al., 2003).

Kapacitet puta je u priručnicima HCM-a definisan kao „maksimalni broj očekivanih vozila koji može proći odgovarajuću tačku ili presek na putnoj mreži, tokom određenog vremenskog perioda pod preovlađujućim putnim i saobraćajnim uslovima” (Ackerman 2000). Na kapacitet puta utiče i ponašanje vozača u toku same vožnje koje zavisi od kvaliteta putne infrastrukture i saobraćajne signalizacije duž puta. Navedene tri karakteristike utiču jedna na drugu, a od njih i zavisi i sama brzina, tj. kapacitet na putu.

Ulazak u zonu radova često podrazumeva zatvaranje određene saobraćajne trake, što se odražava na saobraćajni tok, na bezbednost učesnika saobraćaju i kapacitet. Najznačajniji uticaji na kapacitet i saobraćajni tok u zonama radova na autoputu su: uzdužni nagib, ograničenje brzine, % teretnih vozila u toku, vrsta zaštitne barijere, vidljivost, vremenski uslovi, udaljenost od ulivno - izlivnih rampi, dužina zone radova, sužavanje traka i lokacije zone radova.

U istraživanju koje su sprovedi N. von der Heiden i J. Geistefeldt (2016) dati su rezultati sveobuhvatne studije kapaciteta autoputeva u zonama radova u Nemačkoj. Cilj studije je bio dobiti standardne kapacitete za dugoročne i kratkoročne zone radova, koje će biti implementirane u novom alatu za analizu saobraćaja u Nemačkoj. Metode procene kapaciteta primenjene u studiji zasnivaju se na metodologiji Nemačkog priručnika za kapacitet puteva – HBS. Na osnovu podataka sa detektora nemačkih autoputeva, dobijeni su modeli za proračun kapaciteta autoputeva u zonama radova i to za kratkoročne i dugoročne zone radova. Ovi modeli se mogu primeniti u postupcima planiranja radne zone. Za dugoročne zone radova, može se empirijskim putem izračunati kapacitet za 38 zona radova.

### 4. Metodologija istraživanja

Predmet istraživanja je utvrđivanje realnih vrednosti brzina kretanja pojedinačnih vozila u podzonama predmetne zone radova. Ulazni podaci koji su dobijeni istraživanjem

su kategorije vozila na deonici i brzina kretanja vozila po podzonama. Daljom analizom ulaznih podataka, dobijeni su podaci o: prekoračenju pojedinačnih vozila, prekoračenju ukupnog broja vozila, procentu poštovanja ograničenja brzine, raspodeli brzine kretanja.

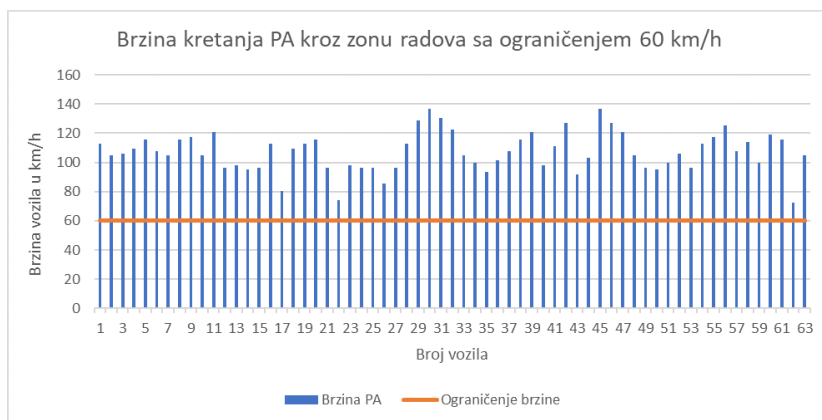
Izvođenje stacionarnih, dugoročnih radova na autoputu su osnovni kriterijum prilikom odabira lokacije za sprovođenje istraživanja, kao i preusmerenje saobraćajnog toka sa jedne na drugu stranu kolovoza zbog vrste radova. Razlog takvog kriterijuma jeste devijacija koja se saobraćajnom signalizacijom i opremom postavlja kako bi se manevar preusmerenja izveo, usled čega se prema Pravilniku o načinu regulisanja zone radova na putevima u Republici Srbiji u toj situaciji postavljaju izuzetno niska ograničenja brzine, koja se smatraju kao nekredibilna nakon analize regulative. Istraživanje je sprovedeno 28.06.2022. godine na makrolokaciji deonice autoputa E-75 u smeru Beograd – Niš, dok je mikrolokacija istraživanja petlja Ražanj – petlja Aleksinac, stacionaža od km 385+067 do km 408+778.710, ukupne dužine L = 23,711 km (leva kolovozna traka).

U cilju sprovođenja istraživanja korišćen je uređaj za kontrolu brzine kretanja motornih vozila, kako bi se utvrdilo poštovanje postavljenih ograničenja brzine na putu u okviru zone radova. Za potrebu izrade ovog rada, korišćen je ručni radar „Bushnell Velocity Speed Gun 101911“. Merenje brzine pri ograničenju 60 km/h vršeno je iz same signalne prikolice, kako bi istraživač bio što manje uočljiv i kako vozači ne bi uočili postojanje uređaja za merenje brzine na terenu, kako se ne bi kretali brzinama pod uticajem uređaja.

## 5. Analiza rezultata istraživanja

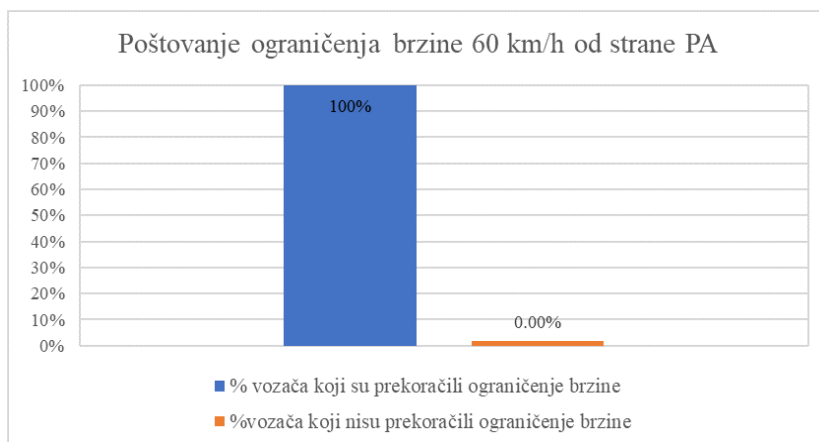
U ovom poglavlju predstavljeni su rezultat istraživanja sprovedeni u okviru podzone u kojoj je brzina ograničena na 60 km/h. U okviru podzone sa ograničenjem brzine 60 km/h uzorak iznosi 63 putnička automobila.

Na Dijagramu 1. prikazane su brzine kretanja pojedinačnih putničkih automobila kroz deonicu zone radova sa ograničenjem brzine na 60 km/h.



Dijagram 1. Brzina kretanja PA kroz zonu radova sa ograničenjem 60km/h

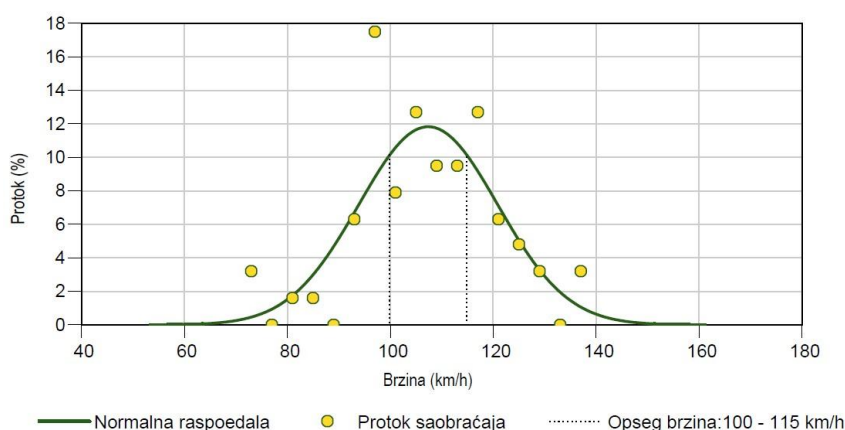
Na Dijagramu 2. prikazano je poštovanje ograničenja brzine 60 km/h od strane putničkih automobila.



Dijagram 2. Poštovanje ograničenja brzine 60 km/h od strane PA kroz zonu radova

Na Dijagramu 3. prikazana je raspodela saobraćajnog toka pri ograničenju brzine 60 km/h.

Raspodela saobraćajnog toka pri ograničenju brzine 60km/h



Dijagram 3. Raspodela saobraćajnog toka pri ograničenju brzine 60 km/h u %

U podzoni V-60 prema prikazanim rezultatima, procentualno najveće učešće u saobraćajnom toku od 18% predstavljaju vozila koja se kreću brzinom od približno 100 km/h. Prosečna brzina putničkih automobila u podzoni V - 60 iznosila je 107,4 km/h. U podzoni V – 60 očekivano je kretanje vozila manjom brzinom u odnosu na brzine u podzonama V – 80 i V-100. Maksimalna brzina iznosi 137 km/h, dok je minimalna brzina 72 km/h. Rezultati istraživanja pokazuju da nijedno vozilo iz uzorka nije poštovalo postavljeno ograničenje brzine od 60 km/h. Ovakvi rezultati otvaraju pitanje da li je postavljeno ograničenje brzine kredibilno.

## 6. Zaključak

Uticaj ponašanja vozača, način regulisanja zone radova i samo ograničenje brzine imaju presudnu ulogu u poštovanju i izboru ograničenja brzine. Osim gore navedenog, neizostavan deo postizanja željenih rezultata jeste kredibilno ograničenje brzine. Na



osnovu prethodnih rezultata, jasno se može zaključiti da samo ograničenje brzine ne dovodi do smanjenja brzine kretanja vozila. Naprotiv, ako je postavljeno ograničenje brzine nepotkrepljeno elementima puta i/ili zone radova, ako nije logično i racionalno, neće biti poštovano od strane korisnika puta. Prisila nije način da se promeni ponašanje vozača, ona može biti pomoć u korigovanju jednog dela nesavesnih vozača, ali ne i metod nametanja neadekvatne brzine. Neosporivo je da rezultati poput prekoračenja brzine kretanja vozila od 100% i za 100% od ograničenja brzine, predstavljaju u najmanju ruku nesavesno ponašanja korisnika puta. Objašnjenje takvog ponašanja jeste analogija koja je prethodno navedena, ne treba postaviti ograničenje brzine 60 km/h na putu gde je moguće voziti 120 km/h. Najjednostavnija činjenica koja potvrđuje navedeno jeste da se vozači oslanjaju na vizuelni doživljaj komfora i sigurnosti na samom putu, gde npr. prilikom suženja trake i dvosmernog saobraćaja sa propisnim elementima zone radova sigurno nije u većini slučajeva brzina od 120 km/h racionalni izbor. S obzirom da je širina saobraćajnih traka u okviru zone aktivnosti 3,50 m, ne postoji razlog od strane vozača da koriguju brzinu kretanja, osim zbog sopstvene savesti ili eventualne psihološke barijere usled bliskog prolaska vozila iz suprotnog smera. Takođe, nepoverenje je izuzetno prisutno kod pomenute percepcije vozača. Ono se odnosi na situacije kada je privremena signalizacija za najavu radova na putu postavljena, ali se na istoj lokaciji ne nalaze nikakvi radovi niti opasnosti. Zbog toga, sam znak za radove na putu većini vozača ne znači da moraju prilagoditi brzinu kretanja uslovima na putu, dok se ne uvere da je zaista gradilište ispred njih. S tim u vezi, potrebno je kao set mera poboljšati regulisanje zone radova u svakom smislu, ograničenje brzine, kao i poverenje korisnika puteva u saobraćajnu signalizaciju. Ekstremni slučajevi su uvek prisutni i ne može se sistem po takvima konstruisati, ali je potrebno uzeti u obzir pri definisanju sistema ostale korisnike puta.

## Literatura

- [1] Čelar N., Stanković S., Kajalić J., Regulisanje saobraćajnih tokova, Beograd, Republika Srbija, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, 2021.
- [2] Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji, Ministarstvo građevinarstva saobraćaja i infrastrukture, „Službeni glasnik RS“ broj 85/17
- [3] Pravilnik o načinu regulisanja saobraćaja na putevima u zoni radova, Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, „Službeni glasnik RS“ broj 134/14
- [4] Forbes G, Gardner T, McGee H, Srinivasan R., Methods and Practices for Setting Speed Limits: An Informational Report 2012.
- [5] Nina von der Heiden, Justin Geistefeldt, Capacity of freeway work zones in Germany, 2016
- [6] Shyam Venugopal, dr Andrzej Tarko, Investigation of factors affecting capacity at rural freeway work zones, 2001

## Summary

### THE INFLUENCE OF THE WORK ZONE ON THE SPEEDS IN THE TRAFFIC FLOW

*Abstract: Work zones represent one of the main causes of changes in all traffic flow parameters. Speed is one of the basic parameters of traffic flow that has an impact on efficiency, travel time, traffic safety, economy and cost analysis. Speed limit is one of the*

*basic measures of speed management policy on roads. Also, it is highly correlated with the derived state of the work zone, which causes a negative change in the capacity of roads of all ranks. Work zones can have different effects on the traffic system and the speed of vehicle movement when passing through the zone, as well as the capacity, which can consequently affect the occurrence of shock waves. The purpose of this project is the analysis of speeds within the defined research area, where the emphasis is placed on the credibility of the set speed limit. Based on the obtained results, it can be clearly concluded whether speed limits in work zones lead to a reduction in the speed of vehicle movement.*

*Key word: work zone, speed, capacity*

## SAVREMENI POSTUPAK ANALIZE NIVOA USLUGE I KAPACITETA AUTOBUSKIH STAJALIŠTA, METRO PLATFORMI I PEŠAČKIH KOMUNIKACIJA

*Tamara Božić, dipl. inž. saobr., Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, tamarabožic33@gmail.com*

*Ivana Kuljanin, dipl. inž. saobr., Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, ikuljanin1@gmail.com*

*Rezime: Različiti tipovi stajališta javnog prevoza, stanica i terminala pružaju usluge prilagođene specifičnim potrebama korisnika. Važna uloga navedenih elemenata jeste da obezbede adekvatan prostor za prihvatanje putnika i da odgovore na vršne zahteve uz očuvanje bezbednosti i komfora. Projektovanje stajališta u dosadašnjoj praksi, bilo je zasnovano na maksimalnom pešačkom kapacitetu, ne uzimajući u obzir komfor pešaka. Istraživanja su pokazala da pri maksimalnom pešačkom kapacitetu nastaju zagušenja sa ograničenim i nelagodnim kretanjem pešaka. U ovom radu kroz pregled literature definisane su procedure za projektovanje stajališta zasnovane na Nivou Usluge kroz priručnik TCQSM („The Transit Capacity and Quality of Service Manual – 2nd Edition) gde ciljni Nivo Usluge predstavlja osnov za proračun kapaciteta. U ovom radu biće razmatran proračun Nivoa Usluge i kapaciteta autobuskih stajališta, metro platformi i pešačkih komunikacija.*

*Ključne reči: kapacitet, nivo usluge, autobuska stajališta, metro platforme*

### 1. Uvod

Savremene strategije razvoja gradskih transportnih sistema, danas se ostvaruju kroz vođenje politike koja kao osnov uzima princip kvalitetne realizacije mobilnosti stanovnika uz ograničeno korišćenje privatnih putničkih automobila. Gradski transportni sistem sa svojim performansama, tehnologijom, kvalitetom, troškovima i uticajem na životnu sredinu, predstavlja jedan od bitnih faktora od uticaja na funkcionisanje, lokaciju, veličinu i strukturu savremenih gradova, njihovu ekonomiju i socijalne odnose. Efikasnost gradskog transportnog sistema je usko povezana sa razvojem i efikasnošću sistema JGTP-a. Da bi sistem JGTP-a bio efikasan neophodno je da zadovolji širok spektar zahteva. Sistem javnog transporta putnika pruža različite usluge prevoza, počev od autobusa, trolejbusa, prigradske železnice, linijskog taksija kao i njihove kombinacije.

Autobusko stajalište je unapred utvrđena i propisno obeležena površina na kolovozu, ili fizički izdvojeno mesto od kolovoza gde se zaustavljaju autobusi radi ulaska i izlaska putnika i prtljaga, odvojeno za svaki smer saobraćaja sa istaknutim izvodom reda vožnje, dok je platforma mesto gde se putnici ukrcajaju i iskrcajaju iz metro sistema, lakih šinskih sistema i brzih tranzitnih sistema. [1] Stajališta i stanice treba da obezbede adekvatan prostor kao i odgovarajuće objekte koji su prilagođeni zahtevima pešaka u vršnom satu uz osiguravanje bezbednosti, sigurnosti i udobnosti pešaka.

Cilj ovog rada jeste da se kroz pregled literature predstave procedure za projektovanje stajališta javnog prevoza date u priručniku TCQSM („The Transit Capacity and Quality of Service Manual – 2<sup>nd</sup> Edition“). Tradicionalni pristup projektovanja stajališta zasnovao se na maksimalnom kapacitetu stajališta ne uzimajući u obzir komfor

putnika. Procedure za projektovanje date priručnikom TCQSM zasnivaju se na konceptu kvaliteta, odnosno Nivou Usluge.

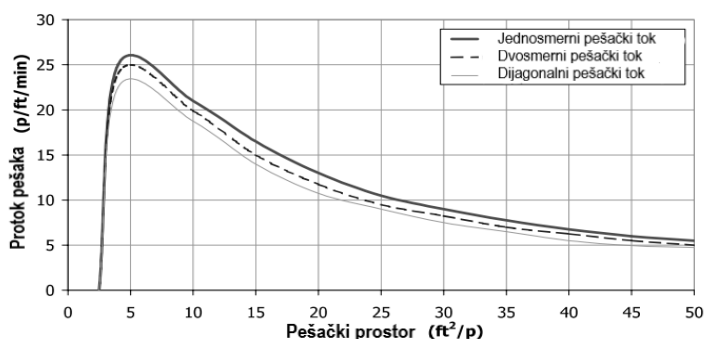
## 2. Pešački nivo usluge

Tradicionalni pristup dizajniranja stajališta zasnivao se na maksimalnom pešačkom kapacitetu. Istraživanja su pokazala da je taj kapacitet dostignut prilikom nelagodnog i ograničenog kretanja korisnika sistema.

Pešački Nivo Usluge pruža korisno sredstvo za procenu kapaciteta i udobnosti aktivnog pešačkog prostora. Pragovi pešačkog NU zasnivaju se na slobodi izbora željene brzine kretanja i mogućnosti obilaženja pešaka koji se kreću sporije. Nivo Usluge koji se odnosi na čekanje zasnovan je na raspoloživom prostoru za stajanje, udobnosti i bezbednosti kao i mogućnosti manevrisanja sa jedne lokacije na drugu. Pragovi Nivoa Usluge mogu se koristiti za dimenzionisanje i dizajniranje stajališta, platformi, pešačkih komunikacija, stepeništa i drugih elemenata.

### 2.1. Pešačke komunikacije

Kapacitet pešačkih komunikacija zavisi od pešačke brzine, pešačke gustine, karakteristika pešaka i efektivne širine pešačkih komunikacija na najužem delu. Pešačka brzina varira u širokom opsegu i u zavisnosti je od starosti, pola, perioda dana, vremenskih uslova, structure pešačkog toka, svrhe kretanja i okruženja. Istraživanja su pokazala da se brzine kretanja pešaka u slobodnom toku kreću od 45 m/min do 145 m/min. Pešačka brzina koja se najčešće koristi u procesu dimenzionisanja i dizajniranja iznosi 75 m/min. Najznačajniji faktor koji utiče na brzinu hodanja pešaka je gustina. Povećavanjem gustine smanjuje se brzina i dostupan prostor za neometano kretanje. Finalni faktor koji utiče na kapacitet pešačke komunikacije je njena efektivna širina. Istraživanja su pokazala da pešaci drže rastojanje od čak 0.5 metara između sebe i zidova, ivičnjaka, platformi i drugih elemenata. Prilikom definisanja efektivne širine prostora, neophodno je oduzeti po 0.5 metara pored zidova i ivica platforme kao i po 0.3 metra pored drugih prepreka. Na Grafikonu 2 prikazan je odnos između protoka pešaka po jedinici efektivne širine i prosečnog prostora za pešake.



Grafikon 1: Odnos između protoka pešaka po jedinici efektivne širine i prosečnog prostora za pešake

Maksimalne prosečne vršne stope protoka javljaju se pri prosečnom pešačkom prostoru od 0.5 m<sup>2</sup>/p. Ovo predstavlja maksimalnu moguću propusnost, ali se realizuje u uslovima ekstremnog zagušenja. Iz tog razloga protok ne bi trebalo koristiti kao osnovu za dimenzionisanje, umesto toga za projektovanje pešačkih komunikacija treba koristiti Nivo Usluge.

U narednoj tabeli prikazani su kriterijumi Nivoa Usluge za pešačke komunikacije u tranzitnim objektima, zasnovani na prosečnom pešačkom prostoru i prosečnom protoku pešaka. Kao dodatni kriterijumi uzeti su prosečna brzina i odnos  $q/C$ .

Tabela 1: Nivo Usluge na pešačkim komunikacijama

NU	Pešački prostor (m <sup>2</sup> /p)	Očekivane vrednosti protoka i brzine		
		Prosečna brzina (m/min)	Protok po jedinici širine (p/m/min)	q/C
A	≥ 3.3	79	0 – 23	0.0 – 0.3
B	2.3 - 3.3	76	23 – 33	0.3 – 0.4
C	1.4 – 2.3	73	33 – 49	0.4 – 0.6
D	0.9 – 1.4	69	49 – 66	0.6 – 0.8
E	0.5 – 0.9	46	66 - 82	0.8 – 1.0
F	≤ 0.5	< 46	Promenjivo	Promenjivo

Pri Nivou Usluge „E“ pešački zahtevi dostižu kapacitet, što indukuje nelagodno i ograničeno kretanje pešaka. Preporuka je da se pri dimenzionisanju pešačkih komunikacija, a uzimajući u obzir reperne vrednosti kriterijuma Nivoa Usluge, bira Nivo Usluge „D“ ili bolji.

## 2.2. Prostori za čekanje

U Tabeli 2 prikazani su Nivoi Usluge za prostore namenjene za čekanje. Granične vrednosti razvijene su na osnovu prosečnog pešačkog prostora, komfora i stepena unutrašnje pokretljivosti. Nivo Usluge u funkciji je od prosečne površine po putniku i prosečnog prostora između putnika. Prostor između putnika varira u zavisnosti od karakteristika putnika, vremenskih prilika, tipa objekta i dužine čekanja. Što je duže vreme čekanja, to je potreban i veći prostor po osobi.

Tabela 2: Nivoi Usluge za prostore namenjene za čekanje

NU	Prosečan pešački prostor		Prosečan prostor između putnika	
	(ft <sup>2</sup> /p)	(m <sup>2</sup> /p)	(ft <sup>2</sup> /p)	(m <sup>2</sup> /p)
A	≥ 13	≥ 1.2	≥ 4.0	≥ 1.2
B	10 – 13	0.9 – 1.2	3.5 – 4.0	1.1 – 1.2
C	7 – 10	0.7 – 0.9	3.0 – 3.5	0.9 – 1.1
D	3 – 7	0.3 – 0.7	2.0 – 3.0	0.6 – 0.9
E	2 – 3	0.2 – 0.3	< 2.0	< 0.6
F	< 2	< 0.2	Promenjivo	Promenjivo

Pri Nivou Usluge „E“ pešački zahtevi dostižu kapacitet, što predstavlja nebezbedne i nelagodne uslove za korisnike sistema. Preporuka je da se pri dimenzionisanju prostora za čekanje, a uzimajući u obzir reperne vrednosti kriterijuma Nivoa Usluge, bira Nivo Usluge „D“ ili bolji.

## 3. Proračun kapaciteta

Kako autobuska stajališta izvedena na kolovozu dele prostor sa ostalim aktivnostima, cilj analize površine koja je namenjena za autobusko stajalište je da se obezbedi

adekvatan prostor za one korisnike sistema koji čekaju na vozilo, kao i za druge korisnike prostora. Za dimenzionisanje prostora namenjenog za čekanje putnika koriste se procedure zasnovane na održavanju željenog Nivoa Usluge, koji je u funkciji od broja ljudi koji čekaju, vremena neophodnog za čekanje vozila javnog prevoza, kao i uslova okruženja.

Procedure za određivanje prostora namenjenog za čekanje vozila javnog prevoza zasnivaju se na definisanju željenog Nivoa Usluge. Za većinu autobuskih stajališta Nivo Usluge treba da bude „D“, „C“ ili bolji. Prilikom određivanja prostora za čekanje neophodno je ispoštovati sledeće korake:

1. Na osnovu izabranog Nivoa Usluge, odrediti prosečan prostor potreban po pešaku (Tabela 2);
2. Proceniti maksimalan protok putnika u vršnom času;
3. Izvršiti proračun efektivnog prostora za čekanje množenjem prosečne površine po putniku i prethodno procenjenog maksimalnog pešačkog protoka u vršnom času;
4. Odrediti površinu za čekanje dodavanjem 0.5 metara (bafer zona između ivice kolovoza i pešaka) na efektivni prostor za čekanje;
5. Izvršiti proračun ukupne površine sumiranjem potrebnog prostora za čekanje, širine prolaza, širine bafer zona.

Uzimajući u obzir veličinu i složenost vanuličnih stajališta prilikom određivanja Nivoa Usluge u obzir se uzimaju i pešačke komunikacije, dok proračun Nivoa Usluge ostaje identičan kao i za autobuska stajališta izvedena na ulici.

Dimenzionisanje platforme zasniva se na Nivou Usluge prostora za čekanje. Dužina platforme je u funkciji od dužine metro vozila i broja vozila koji jednovremeno koriste platformu, dok širina platforme zavisi od potrebnog prostora za čekanje putnika, lokacije ulaza i izlaza i same cirkulacije putnika na platformi. Procedura proračuna Nivoa Usluge platformi ista je kao i u prethodnim slučajevima, osim što se prilikom dimenzionisanja u obzir moraju uzeti i neiskorišćeni prostori na platformama.

### **3.1. Pešačke komunikacije**

Za utvrđivanje kapaciteta pešačkih komunikacija neophodno je prethodno odrediti efektivnu širinu pešačke komunikacije, dok bi željeni Nivo Usluge trebalo da bude „C“ ili bolji. Za proračun širine pešačkih komunikacija koristi se procedura koja se sastoji iz sledećih koraka:

1. Na osnovu željenog Nivoa Usluge, odrediti maksimalnu brzinu pešačkog toka (Tabela 1);
2. Proceniti vršni petnaestominutni pešački protok;
3. Neophodno je izvršiti korekciju da bi se u obzir uzeli korisnici koji zahtevaju dodatni prostor (osobe koje koriste invalidska kolica);
4. Proračunati protok pešaka izražen u p/min;
5. Proračunati efektivnu širinu pešačke komunikacije deljenjem protoka pešaka (p/min) sa maksimalnim protokom pešaka;
6. Izračunati ukupnu površinu pešačke komunikacije dodavanjem bafer zone (po 0.5 metara sa svake strane efektivne širine pešačke komunikacije).

#### 4. Zaključak

U većini gradova u Republici Srbiji još uvek je zastupljen tradicionalni pristup projektovanja i održavanja stajališta koji ne uzima u obzir komfor i bezbednost putnika i zasnovan je na maksimalnom iskorišćenju kapaciteta. Primer dobre prakse i savremenog pristupa dat je priručnikom TCQSM koji se primenjuje u razvijenim zemljama. Priručnik se primarno bavi i naglašava značaj adekvatnih uslova aktivnog pešačkog prostora. Ključna postavka priručnika je da se projektovanje stajališta mora zasnivati na prethodno definisanom Nivou Usluge. Granične vrednosti Nivoa Usluge pešačkih komunikacija baziraju se na slobodi izbora brzine pešačenja, dok se granične vrednosti Nivoa Usluge stajališta i platformi baziraju na komforu i bezbednosti prilikom čekanja.

Primena preporuka i metodologije priručnika u lokalnim uslovima doprinela bi poboljšanju kvaliteta transportne usluge a potencijalno uticala i na povećanje broja korisnika sistema javnog prevoza, što je svakako jedan od ključnih ciljeva održive urbane mobilnosti.

#### Literatura

[1] Kostić, S., Davidović, B. i dr., „Terminali u saobraćaju“, *FTN Izdavaštvo*, Novi Sad, Republika Srbija, 2012

[2] Mushtaha, E., Tahmaz, N. i dr., „Designing Guidelines for Metro Stations in Developing Countries: The Case of Dubai“, Dept. of Architectural Engineering, College of Engineering, University of Sharjah, Ujedinjeni Arapski Emirati, 2018

[3] Transportation Research Board Of The National Academies, „Transit Capacity and Quality of Service - 2<sup>nd</sup> Edition“, *TCRP REPORT 100*, drugo izdanje, Vašington, Sjedinjene Američke Države, 2003

#### Summary

##### **MODERN PROCEDURE FOR ANALYSIS OF LEVEL OF SERVICE AND CAPACITY OF BUS STOPS, METRO PLATFORMS AND PEDESTRIAN COMMUNICATIONS**

*Abstract: Various types of transit stops, stations, and terminals provide service tailored to the specific needs of users. The important role of the mentioned elements is to provide an adequate space for the reception of passengers and to respond to peak demands while preserving safety and comfort. The design of the stops in the previous practice was based on the maximum pedestrian capacity, without taking into account the comfort of the pedestrians. Research has shown that at maximum pedestrian capacity congestion occurs with limited and uncomfortable movement of pedestrians. In this paper, through a literature review, the procedures for designing stops based on the Level of service are defined through the TCQSM manual ("The Transit Capacity and Quality of Service Manual - 2nd Edition"), where the target Level of service is the basis for capacity calculation. In this paper, the calculation of the Level of Service and capacity of bus stops, metro platforms and pedestrian communications will be discussed.*

*Key words: capacity, level of service, bus stops, metro platforms*

## АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА САОБРАЋАЈНИХ ТОКОВА НА ПОСТОЈЕЋИМ И ПРОЈЕКТОВАНИМ АУТОПУТСКИМ ГРАНИЧНИМ ПРЕЛАЗИМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Јован Дробњак, дипл. инж. саобр., Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, [jovandrobnijak98@gmail.com](mailto:jovandrobnijak98@gmail.com)

Никола Ивковић, дипл. инж. саобр., Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, [ivkkovic@gmail.com](mailto:ivkkovic@gmail.com)

*Резиме:* На аутопутевима, као високо капацитивним саобраћајницама у стањима високих, односно вршних оптерећења, у принципу, јављају се уска грла на наплатним станицама и граничним прелазима. Проблем елиминације ударних таласа и енормних временских губитака који се повремено појављују на овим елементима аутопутског система мора бити заснован на детаљнијој анализи саобраћајних токова. У овом раду анализирани су промене просечног годишњег дневног саобраћаја (ПГДС) на постојећим аутопутским граничним прелазима Републике Србије у протеклих десет година. На основу детаљне анализе у раду су извучени закључци и трендови на основу којих су представљене пројекције вредности ПГДС-а на аутопутским граничним прелазима који ће бити изграђени у будућности. Основ за ову анализу су реални подаци са аутоматских бројача саобраћаја (АБС-а) и ажурна база података о саобраћајним, путним карактеристикама и технолошким карактеристикама граничних прелаза. Са очекиваним вредностима будућих захтева извршена је провера могућности пројектованих граничних прелаза.

*Кључне речи:* аутопут, саобраћајни ток, ПГДС, гранични прелаз

### 1. Увод

Имајући у виду значај ефикасног функционисања граничних прелаза на међународним аутопутевима, потребно је континуирано пратити параметре функционисања овог дела система. Са тим у вези, успешне прогнозе будућих протока на граничним прелазима могу дати добру полазну основу за прилагођавање могућности аутопутских граничних прелаза будућим транспортним захтевима. Основ успешне прогнозе је добро познавање природе онога што се прогнозира. За потребе израде квалитетне прогнозе потребно је познавати прошлост, садашњост, као и поуздане претпоставке о могућим догађајима у будућности. Саобраћајна инфраструктура пројектује се тако да опслужује кориснике одређених година у будућности, где прогнозе у саобраћају играју важну улогу. Резултат прогнозе инжењерима даје одговор на питање да ли је и када је потребно градити, односно прилагодити постојећу саобраћајну инфраструктуру очекиваним захтевима.

### 2. Анализа саобраћајних токова на постојећим аутопутским граничним прелазима

У оквиру овог поглавља биће приказана промена просечног годишњег дневног саобраћаја током протеклих десет година (у периоду 2012.-2021. године) на



постојећим аутопутским граничним прелазима између Републике Србије и суседних држава. На наредном графику приказане су вредности ПГДС-а на граничним прелазима са Мађарском - Хоргош, Македонијом - Прешево, Хрватском - Батровци и Бугарском - Градина. Вредности ПГДС-а на граничном прелазу Градина, који је изграђен 2016. године, доступни су тек од 2017. године. Вредности ПГДС-а преузете су са сајта јавног предузећа Путеви Србије.

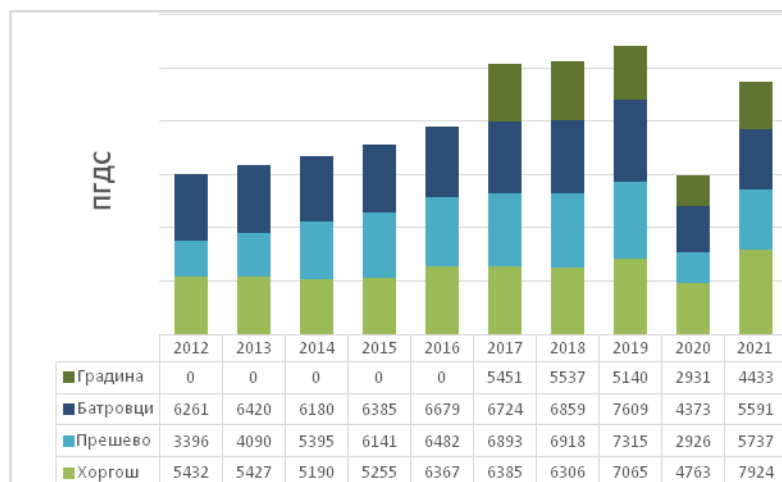


График 1. Промена ПГДС-а у периоду 2012-2021. на постојећим аутопутским граничним прелазима

Оно што је приметно за сва четири посматрана гранична прелаза, јесте пад вредности ПГДС-а у 2020. години. Разлог оваквог феномена јесте примена мера у циљу спречавања заразне болести COVID-19, које су подразумевале затварање граница за становнике Србије. Мере у трајању од неколико месеци утицале су да просечни дневни саобраћај падне за 33% у односу на прошлогодишњу вредност на Хоргошу, 43% на Батровцима, 42% на Градини и чак 60% на граничном прелазу Прешево. Ка јужном граничном прелазу на аутопуту Е-75 пад је највећи, а разлог томе лежи у претежно туристичким кретањима преко овог граничног прелаза у летњим месецима, који су готово потпуно изостали 2020. године. Свакако, пад је приметан и на осталим аутопутским граничним прелазима. У 2021. години ПГДС није достигао ниво из 2019. ни на једном од посматраних прелаза, осим на Хоргошу, где је са 7065 воз/дан у 2019. години порастао на чак 7924 воз/дан у 2021. години. На Прешеву је присутан однос 7315 воз/дан у 2019. – 5737 воз/дан у 2021., на Батровцима 7609 воз/дан у 2019. - 5591 воз/дан у 2021., а на Градини 5140 воз/дан у 2019. – 4433 воз/дан у 2021. години.

### 3. Прогноза саобраћајних токова на пројектованим аутопутским граничним прелазима

У оквиру овог рада, биће процењена вредност ПГДС-а на аутопутском граничном прелазу ка Црној Гори, односно на будућем граничном прелазу Бољаре, који представља крајњу тачку Коридора 11. Према подацима ЈП „Путеви Србије“ од тренутка пуштања у рад нових деоница аутопута Милош Велики, установљено је да је саобраћај на Ибарској магистралаи, која представља алтернативу аутопуту, на потезу од Прељине до Липовачке шуме (Велике Моштанице), растерећен за око 35-

40 %. Ако би се хипотетички посматрало да је сада (у 2022. години) изграђен комплетан аутопут Е763 Београд-Јужни Јадран, претходно поменути проценат би био већи, зато што на потезу од Београда до Прељине доминирају изворно циљни токови између Београда и осталог дела Србије, а јужније од Прељине даљински токови према Црној Гори. Када је у питању врста саобраћајних токова, у највећој мери издвајају се туристички токови ка Црној Гори, који су најинтензивнији у периоду летњих месеци, са циљем одласка на летовање и у значајној мери утичу на вредност саобраћајног оптерећења на граничним прелазима, посматрано на годишњем нивоу (ПГДС). Изградњом аутопута, очекује се управо прилив туристичких токова у највећој мери на аутопутски гранични прелаз Бољаре, док ће прилив осталих врста токова (транспорта робе, одласка на посао и сл.) бити знатно мањи. Прелиминарна анализа указује да би очекивани проценат преусмерених саобраћајних токова могао да се креће у распону од 45 – 65 % саобраћајних токова који у функцији једног од 3 алтернативна путна правца. У другом кораку извршена је прогноза преусмерених саобраћајних токова до 2026. године за коју се претпоставило да би била година у којој би се комплетно завршио аутопут Прељина – Бољаре – Подгорица – Јужни Јадран. У табели 1 приказани су резултати спроведених анализа.

Табела 1. Хипотетички прорачун укупних саобраћајних токова који би били присутни на аутопуту Е763

Београд-Јужни Јадран

Деонице на граничним прелазима	Рибарићи - ГП Мехов Крш (45% ПГДС-а)	Коловрат - ГП Јабука (55% ПГДС-а)	Мијоска - ГП Гостун (65% ПГДС-а)
ПГДС 2021. године	1966 воз/дан	3129 воз/дан	3435 воз/дан
45 – 65 % ПГДС-а	885 воз/дан	1721 воз/дан	2233 воз/дан
ПГДС на АП у 2021. години	4839 воз/дан		
ПГДС на АП у 2026. години	5747 воз/дан		

Уколико се 2021. година хипотетички посматра као прва година експлоатације аутопута, очекивана вредност ПГДС-а би износила 4839 возила на дан, што представља суму претходно разматраног процентуалног преусмеравања саобраћајних токова са 3 посматрана алтернативна правца, односно три постојећа гранична прелаза ка Црној Гори са највећим вредностима саобраћајног оптерећења. Као што је већ наглашено, у другом кораку извршена је прогноза преусмерених саобраћајних токова до 2026. године за коју се претпоставило да би била година у којој би се комплетно завршио аутопут Београд – Јужни Јадран. Узимајући у обзир, хипотетички, 2021. годину, као нулту годину, а период од 2022. до 2026. године као петогодишњи период експлоатације аутопута, извршена је процена вредности достигнутих саобраћајних токова на аутопутском граничном прелазу Бољаре за 2026. годину.

За стопу раста ПГДС-а на годишњем нивоу узета је вредност од 3,5 %, из реалистичког сценарија, у периоду првих 5 година експлоатације аутопута. Након прорачуна добијена је процењена вредност ПГДС-а на аутопутском граничном прелазу Бољаре за 2026. годину од 5747 возила на дан.

#### 4. Провера могућности пројектованих граничних прелаза

Пропусна моћ граничних прелаза огледа се у максималном броју возила који се може опслужити у посматраном временском интервалу. Као основни параметар оцене квалитета опслуге на аутопутским граничним прелазима дефинисано је време задржавања. Време задржавања на граничном прелазу обухвата: време чекања од наиласка на зону граничног прелаза (колону возила) до наиласка на прву контролну станицу, време потребно за проверу документације путника или царину робе (приближно исто на обе контролне станице) и време кретања од прве до друге контролне станице. Претходно поменуто време чекања од наиласка на зону граничног прелаза (колону возила) до наиласка на прву контролну станицу директно зависи од времена потребног за спровођење комплетне процедуре провере документације путника или царине робе у случају теретних возила, интензитета достигнутих саобраћајних токова на граничном прелазу и капацитета саобраћајне инфраструктуре у зони граничног прелаза. У сврху израде рада спроведено је пилот истраживање, односно путовање и прелазак аутопутског граничног прелаза Батровци у септембру месецу 2022. године, када је већ осетно смањен интензитет туристичких саобраћајних токова, који су најизраженији у периоду јун - август. У току путовања 5 путника у путничком аутомобилу забележено је укупно време задржавања на граничном прелазу Батровци од 58 минута, од чега је време чекања до наиласка на прву контролну станицу износило 45 минута. Време чекања до наиласка на прву контролну станицу представља параметар на који се директно и превентивно може утицати приликом пројектовања саобраћајне инфраструктуре на граничним прелазима. Као улазни податак пројектовања саобраћајне инфраструктуре на аутопутским граничним прелазима, усвојена је вредност меродавног протока. Самим тим, прогнозирана вредност будућег ПГДС-а на аутопутском граничном прелазу Бољаре трансформише се у  $Q_m$ , употребом прогнозиране вредности  $K$  (процент од ПГДС-а у меродавном вршном часу) и  $D$  (процент тока у оптерећенијем смеру у пројектном вршном часовном току).

Доминантна присутност сезонских туристичких токова на граничним прелазима јасно указује на значајно ниску вредност меродавног сата, односно значајно веће вредности меродавног протока у вршним сатима. У оквиру овог рада, усвојен је критеријум **10-ог сата**, а проценат ПГДС-а који узима меродавни проток у вршном сату разматран је у распону 18-22%, док је за проценат тока у оптерећенијем смеру усвојена вредност од 55%. Додатно, како би се испитао квалитет опслуге на аутопутским граничним прелазима, усвојен је и критеријум максималног просечног времена чекања у реду. Поред тога, на основу података о структури тока на постојећим аутопутским граничним прелазима у 2021. години, утврђена је просечна вредност учесталости путничких аутомобила од 82%, што ће се усвојити као очекивани удео путничких аутомобила у расподели структуре тока на пројектованим аутопутским граничним прелазима. Овај податак је битан, јер се на аутопутским граничним прелазима, на посебним контролним станицама задржавају теретна возила, за која су и резервисане посебне прилазне саобраћајне траке (канални) и која нису разматрана у овом раду. У оквиру пилот истраживања забележено је и време чекања на првој контролној станици приликом провере документације потребне за прелазак граничног прелаза, које износи  $t_c=3 \text{ min}$ , што ће бити усвојено као

интервал слеђења два узастопна возила у истом каналу (реду). Након дефинисаних улазних критеријума и параметара извршена је анализа квалитета опслуге на аутопутском граничном прелазу Бољаре, која је представљена у наредној табели.

Табела 2. Критеријуми за утврђивање квалитета опслуге на пројектованом аутопутском граничном прелазу Бољаре

ПГДС 2026. Године (воз/дан)	5747	Време опслуге на контролној станици/интервал слеђења=3 min			
Удео ПА 82% (ПА/дан)	4713	макс. просечно време чекања (min)	30	45	60
D	0.55	макс. број возила по каналу (реду)	20	30	40
Qm 18% (ПА/час по смеру)	467	број канала	23	16	12
Qm 19% (ПА/час по смеру)	492	број канала	25	16	12
Qm 20% (ПА/час по смеру)	518	број канала	26	17	13
Qm 21% (ПА/час по смеру)	544	број канала	27	18	14
Qm 22% (ПА/час по смеру)	570	број канала	29	19	14

## 5. Закључна разматрања

Након процењене вредности ПГДС-а на аутопутском граничном прелазу Бољаре за 2026. годину, уочена је сличност са аутопутским граничним прелазима Батровци и Прешево. Сличност се првенствено огледа у процењеној вредности достигнутог саобраћајног оптерећења, које би у 2021. години било приближно на граничном прелазу Бољаре у односу на граничне прелазе Батровци и Прешево. Још једна од сличности између поменутих аутопутских граничних прелаза биће и процентуална расподела врсте саобраћајних токова, у којој ће у највећој мери бити изражени сезонски туристички токови. Имајући у виду поменуте процењене и очекиване сличности аутопутског граничног прелаза Бољаре са постојећим аутопутским граничним прелазима Батровци и Прешево, од великог је значаја анализирати недостатке који утичу на квалитет опслуге на постојећим аутопутским граничним прелазима. Недостаци се огледају у капацитету саобраћајне инфраструктуре на аутопутским граничним прелазима, процесу провере документације потребне за прекогранична кретања и процеса царине терета. Неопходно је превентивно деловати у свим фазама пројектовања и изградње будућих аутопутских граничних прелаза, како би се минимизирали недостаци који су присутни на упоредним постојећим аутопутским граничним прелазима, који директно утичу на ефикасност саобраћаја. У циљу постизања жељеног квалитета опслуге, односно циљаног максималног просечног времена чекања у реду, прорачунати су потребни капацитети саобраћајне инфраструктуре на граничном прелазу Бољаре, који би опслужили саобраћајне токове, чак и у најоптерећенијим вршним сатима. На пример, за циљано максимално просечно време чекања од 60 минута, могуће је опслужити максимално 40 аутомобила по каналу, при чему је за захтеве путничких аутомобила у меродавном вршном сату (qm=18-19% ПГДС-а) потребно укупно 12 канала.

## Литература

- [1] Marios M. i ostali, 2017, Analysis of border crossings in South East Europe and measures for their improvement, Aristotle University of Thessaloniki.
- [2] Anđelković S., Tubić V., 2020, Kapacitet autoputa u zonama radova – iskustva u stranim uslovima, Beograd, 2012.
- [3] Tubić V., 2010, Merodavni saobraćajni protoci u vrednovanju projektnih rešenja, Beograd, 2012.
- [4] Highway Capacity Manual 2010., Transportation Research Board, USA.
- [5] Drobniak J., 2021, Analiza PGDS-a na DP IB reda 22, 23 I 29 od Preljine do graničnih prelaza ka Crnoj Gori, Diplomski rad, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
- [6] JP „Putevi Srbije“, 2022., Brojanje saobraćaja, Beograd.

## Summary

### **ANALYSIS AND FORECAST OF TRAFFIC FLOWS AT EXISTING AND PROJECTED HIGHWAY BORDER CROSSINGS IN THE REPUBLIC OF SERBIA**

*Abstract: On highways, as high capacity roads, in conditions of high or peak loads, bottlenecks at toll stations and border crossings may occur. The problem of shock wave elimination and enormous time losses, which happen periodically on these elements of the highway, must be based on a detailed analysis of traffic flows. In this paper, changes of average annual daily traffic (AADT) at the existing highway border crossings of the Republic of Serbia in the past ten years are analyzed. Based on a detailed analysis, the paper draws conclusions and trends based on which the projections of the AADT value at highway border crossings that will be built in the future are presented. The basis for this analysis is real data from automatic traffic counters and an up-to-date database on traffic, road characteristics and technological characteristics of border crossings. With the expected values of future requirements, the possibilities of the designed border crossings were checked.*

*Key words: highway, traffic flow, AADT, border crossing*

## INFRASTRUKTURA OTPORNA NA KLIMATSKE PROMENE

Marijana Mošić, Yunex Traffic, marijana.mosic7@gmail.com

Draženko Glavić, Saobraćajni fakultet, Beograd, drazen@sf.bg.ac.rs

*Rezime: Negativni uticaji klimatskih promena sve više dobijaju na intenzitetu i, pritom, značajno ugrožavaju saobraćajnu infrastrukturu i odvijanje saobraćajnih tokova. Porast temperature vazduha, suše, drastične poplave, snežni smetovi, pojave klizišta i dr. predstavljaju znak upozorenja i hitan poziv za preduzimanje odgovarajućih mera kojima će se adekvatno delovati na prilagođavanje infrastrukture klimatskim promenama. Sve veća učestalost vremenskih nepogoda dovode do prekida odvijanja saobraćajnih tokova (i do par godina) zbog klimatski neotporne saobraćajne infrastrukture. Na urušavanje putne mreže, sa druge strane, utiču i ograničenja vezana za projektna rešenja, tehnike izgradnje, materijale izgradnje, kao i način upravljanja i održavanja mreže saobraćajnica. Iz ovih razloga postaje očigledno da planiranje i projektovanje infrastrukture prema sadašnjimi budućim uticajima klimatskih promena treba da zauzme visoku poziciju među politikama koje za cilj imaju unapređenje mobilnosti i promovisanje održivosti. Glavni cilj ovog rada jeste pregled uticaja klimatskih promena na putnu infrastrukturu i pregled literature i mera za uspostavljanje klimatski otporne infrastrukture. Pregledom literature zaključeno je da ulaganja u infrastrukturu otpornu na klimatske promene mogu uštedeti značajna finansijska sredstva i da, pored pozitivnih ekonomskih efekata, daju svojevrstni ekološki i društveni doprinos. Stoga, u narednom periodu prilikom projektovanja novih ili rekonstrukcije postojećih saobraćajnih infrastrukturnih objekata treba uzeti u obzir i otpornost na klimatske promene i na taj način poboljšati trajnost, ekonomičnost i efikasnost saobraćajne infrastrukture.*

*Ključne reči: klimatske promene, saobraćaj, infrastruktura*

### 1. Uvod

Poslednjih decenija svedoci smo sve očiglednijih klimatskih promena. Klimatske promene su predstavljene kao značajna varijacija prosečnih vremenskih uslova koja se beleže u dužem vremenskom periodu. Ranije se klima menjala isključivo kao posledica promena prirodnih okolnosti, ali sa razvojem industrije i porastom stanovništva značajan uticaj dobija i ljudski faktor.

Velika količina opservacijskih dokaza pored podataka o površinskoj temperaturi pokazuje da se klima na Zemlji menja. Dodatni dokazi o trendu zagrevanja mogu se naći u dramatičnom smanjenju obima arktičkog morskog leda na njegovom letnjem minimumu (koji se dešava u septembru), smanjenju junskog snežnog pokrivača na severnoj hemisferi kao i porastu globalnog nivoa mora [1].

Prirodne katastrofe izazvane klimatskim promenama mogu imati značajne implikacije na infrastrukturu. Kako infrastrukturni objekti imaju dug vek trajanja, oni su osetljivi ne samo na postojeću klimu u vreme izgradnje, već i na klimatske varijacije tokom decenija korišćenja. Najvažnijim se se smatraju poplave kao posledica intenzivnih padavina i topljenja snega, uništavanja mostova, odošenja tehničke infrastrukture, prekida u snabdevanju električnom energijom; jake padavine ili zemljotresi koji utiču na stabilnost

padina, što rezultira klizištima i/ili odronima kamenja, blokiranjem i oštećenjem infrastrukture i izazivanjem nesreća; rečna erozija; snežne padavine koje uzrokuju blokade u saobraćaju zamrzavanje vodova za snabdevanje; šumski požari koji uzrokuju zatvaranje određenih deonica za saobraćaj i oštećenje nadgradnje i magla koja usporava saobraćaj, povećan broj nezgoda [3]. Cilj ovog rada ogleda se u pregledu uticaja klimatskih promena na putnu infrastrukturu, kao i predviđenih mera za uspostavljanje odnosno izgradnju i projektovanje infrastrukture otporne na klimatske promene. U drugom poglavlju opisan je uticaj klimatskih promena na infrastrukturu u svetu sa osvrtom na klimatske promene u Srbiji. Treće poglavlje predstavlja pregled mera za otpornost infrastrukture, dok su u četvrtom poglavlju data zaključna razmatranja.

## **2. Uticaj klimatskih promena na infrastrukturu**

Svedoci smo promene klime i posledica koje ove promene nose sa sobom širom sveta. Italija, Francuska i Švajcarska su tokom 2020. godine bile pogođene poplavama koje su nanele štete infrastrukturi i određena sela potpuno izolovale. U centralnoj Švajcarskoj, poplave duž reke Rojs izazvale su zatvaranje dela autoputa A2 - glavne transalpske rute. Tokom jula meseca 2021. godine, zapadna Evropa je suočena sa ekstremnim poplavama kada su poplave dovele do najmanje 184 smrtna slučaja u Nemačkoj i 38 u Belgiji i znatne štete na infrastrukturi, uključujući kuće, autoputeve, železničke pruge, mostove i ključne izvore prihoda. Usled zatvaranja puteva određena mesta su ostala nepristupačna danima, gde su čak i putevi za evakuaciju i reagovanje u vanrednim situacijama bili zatvoreni [14]. Severozapad pacifičke obale Sjedinjenih američkih država i zapad Kanade susreli su se sa najvišom temperaturom u istoriji. Toplotni talas u junu 2021. je uticao značajno na infrastrukturu odnosno puteve, železnicu i izazvao i nestanke struje, kao i prinudno zatvorio mnoga preduzeća i škole [15]. Klimatske promene su se osetile i u Engleskoj, gde je oluja Denis 2020. godine premašila sve trenutne standarde projektovanja, što je rezultiralo neviđenim oštećenjem imovine i infrastrukture širom okruga, uključujući nekoliko mostova, propusta, kanalizacija, potpornih zidova i autoputsku infrastrukturu. Procenjuje se da je oluja Denis nanela štetu od oko 70 miliona funti na civilnoj infrastrukturi, a procenjuje se da će ukupna potrošnja na rekonstrukciju autoputa i klizišta iznositi više od 91 milion funti [16]. Pored drumskog saobraćaja, oluja je poremetila i železnički i vazdušni saobraćaj. Grčka se takođe suočila sa povećanim padavinama i poplavama više pute u prethodnih par godina.

### **2.1. Klimatske promene i infrastruktura u Srbiji**

Svetski fond za prirodu (VVF) je 2012. godine sproveo Procenu ranjivosti na klimatske promene – Srbija gde su projekcije prema regionalnim klimatskim modelima predviđale da će porast prosečne godišnje temperature do kraja ovog veka biti od 2,4°C na 2,8°C prema optimističkom scenariju (A1B1), odnosno od 3,4°C do 3,8°C prema pesimističkom scenariju (A2). Po svim scenarijima očekuje se porast prosečne temperature, uz određene regionalne razlike, u svim delovima Srbije. Predviđeno je i da će se Srbija u bliskoj budućnosti suočiti sa povećanim brojem elementarnih nepogoda, pre svega poplava, suša i požara a koji su usledili 2014. godine.

Srbija se 2014. godine suočila sa poplavama koje su među ostalim sektorima izazvale značajnu štetu na infrastrukturi. Efekti poplava u sektoru saobraćaja, prema Izveštaju o

proceni potrebe za saniranjem i sanacijom posledica poplava koji je sprovedla Vlada Srbije uz podršku Ujedinjenih nacija, Evropske unije i Svetske banke prikazuju da je ukupno 945 km putne mreže pogođeno poplavama, 307 mostova i 147 klizišta [6]. Šteta i gubici izazvani poplavama posebno su teške posledice imali na mostovima. Neki od mostova su se srušili, dok su pojedini pretrpeli velika oštećenja. Klizišta su blokirala brojne puteve, a blokirani su i mnogi putevi i železničke pruge.

Tokom 2020. godine, poplave su pogodile Kragujevac, Kraljevo, Knić, Tutin, Ivanjicu, ali i mnoga druga mesta u Srbiji. Junske poplave, prilikom kojih se izlio Ibar, nanele su velike štete na teritoriji grada Kraljeva, naročito u poljoprivredi, infrastrukturi, stambenim i pomoćnim objektima a posebno mostovima. Posebna komisija štetu je procenila na 1,8 milijardi dinara, a sa procenjenim gubicima od oko 250 miliona dinara, koje su uzrokovale poplave, u Kraljevu navedena šteta premašuje dve milijarde dinara.

Tokom januara 2021. godine takođe je proglašena vanredna situacija u više gradova u na jugu Srbije usled povećanog obima padavina kada je na određenim putnim pravcima i obustavljen saobraćaj zbog izlivanja vode na kolovoz. Takođe je meštanima sela Jelašnica značajno otežano kretanje usled urušavanja mosta.

### 3. Pregled mera za otpornost infrastrukture

Sa ciljem omogućavanja neometane realizacije saobraćaja, bez obzira na vremenske uslove, upravljači puteva nesmetano prelaze sa konvencionalnih na inovativna i savremena rešenja. U postizanju infrastrukture otporne na klimatske promene, projektanti i nadležni organi moraju da obezbede da se objekat projektuje, izgradi i koristi imajući u vidu trenutne i buduće klimatske uslove. Otpornost postojeće infrastrukture može biti postignuta kroz redovne aktivnosti povezane sa proverom stanja infrastrukture u okviru održavanja kako bi se inkorporirala otpornost na uticaj klimatskih promena tokom životnog veka sredstva. Nadležne institucije za puteve širom sveta su počele da definišu smernice za izgradnju klimatski otporne infrastrukture i procenjuju rizike od različitih vremenskih uslove. Agencija za autoputeve Ujedinjenog Kraljevstva procenila je potencijalne rizike koje klimatske promene predstavljaju za eksploataciju, održavanje i unapređenje strateških putnih pravaca.

Takođe, izdate su Nacionalna strategija Finske za prilagođavanje klimatskim promenama [8] i Smernice za transportni sektor do 2010. godine. Ovi dokumenti sadrže listu aktivnosti za administrativni sektor sa ciljevima u vezi sa korišćenjem obnovljivih izvora energije i smanjenjem emisija, kao i definisane akcije za projektovanje i održavanje klimatski otporne infrastrukture.

Moguće mere prilagođavanja uključuju [4]:

- Obezbeđivanje otpornosti infrastrukture na potencijalno povećanje ekstremnih vremenskih pojava kao što su oluje, poplave i toplotni talasi, kao i ekstremno hladno vreme.
- Uzimanje u obzir promenljivih obrasaca transportnih zahteva uslovljenih klimatskim promenama, prilikom donošenja investicionih odluka.
- Fleksibilnu izgradnju kako bi se infrastrukturna sredstva u budućnosti mogla modifikovati bez prevelikih troškova.
- Obezbeđivanje da infrastrukturne organizacije i profesionalci imaju odgovarajuće veštine i kapacitete za sprovođenje mera prilagođavanja.



Cilj smernica jeste otpornija i robusnija infrastrukturna mreža sposobna da se nosi sa očekivanim klimatskim uticajima [4]. Prema izveštaju Evropske komisije, predviđa se da će češće ekstremne padavine i poplave, koje se očekuju u različitim regionima u Evropi, rezultirati dodatnim godišnjim troškovima od 50-192 miliona €/godišnje, za period 2040-2100 [7]. Sprovedene analize takođe procenjuju da bi, na primer, trošenje 50 milijardi USD godišnje na odbranu od poplava za primorske gradove smanjilo očekivane gubitke u 2050. godini sa 1 bilion USD na 60-63 milijarde USD [12]. Japan je na primer podigao standard za procenjenu maksimalnu temperaturu performansi železničkih pruga sa 60°C na 65°C kako bi usmerio buduće investicije s obzirom da toplota može da izazove povijanje železničke šine [13]. Mere za uspostavljanje infrastrukture otporne na klimatske promene mogu se podeliti na građevinske i planerske odnosno planske mere. Građevinske mere obuhvataju npr. premeštanje i preusmeravanje puteva, promene dizajna i zamenu i adaptaciju konstrukcija kao što su mostovi i protoari kako bi se izborili sa porastom nivoa mora, upotreba konstrukcija sa vatrootpornim materijalima, na primer, čelik ili beton, modifikacije konstrukcije kolovoza sa ciljem povećanja veka trajanja itd. [17]. Planerske odnosno planske mere počinju već u trenutku kada se donose odluke o izgradnji određenog objekta u koje bi trebalo uključiti i procenu rizika od klimatskih promena, analizu troškova i koristi izgradnje puta otpornog na iste, a onda i projektovanje u skladu sa saznanjima.

#### 4. Zaključak

Porast temperature vazduha, suše, drastične poplave, snežni smetovi, pojave klizišta i dr. predstavljaju znak upozorenja i hitan poziv za preduzimanje odgovarajućih mera kojima će se adekvatno delovati na prilagođavanje infrastrukture klimatskim promenama. Sve veća učestalost vremenskih nepogoda dovode do prekida odvijanja saobraćajnih tokova (i do par godina) zbog klimatski neotporne saobraćajne infrastrukture. Na urušavanje putne mreže, sa druge strane, utiču i ograničenja vezana za projektna rešenja, tehnike izgradnje, materijale izgradnje, kao i način upravljanja i održavanja mreže saobraćajnica. U radu je naveden niz direktnih uticaja klimatskih promena na putnu infrastrukturu. Pored direktnih uticaja, postoje i indirektni uticaji odnosno gubici koji se ogledaju u dužem vremenu putovanja usled prinudnog korišćenja alternativnih ruta, većim operativnim troškovi vozila i slično. Navedeni gubici bi mogli biti znatno niži ili potpuno izbegnuti ako bi se putevi od početka gradili kao klimatski otporni. Infrastruktura otporna na klimu može doneti niz prednosti u odnosu konvencionalna rešenja, u zavisnosti od mera koje su primenjene. To uključuje produžen vek trajanja objekta, smanjene troškove popravke i održavanja – priprema za klimatske promene na samom početku može da izbegne potrebu za skupom naknadnom ugradnjom i smanji rizik da objekat prerano zastari, kao i povećana efikasnost pružanja usluga – u nekim slučajevima, razmatranje uticaja klimatskih promena može smanjiti jedinične troškove pružanja usluge u odnosu na uobičajene pristupe, na primer kroz bolje upravljanje hidroenergetskim resursima [13].

Iz ovih razloga postoje očigledno da planiranje i projektovanje infrastrukture prema sadašnjim i budućim uticajima klimatskih promena treba da zauzme visoku poziciju među politikama koje za cilj imaju unapređenje mobilnosti i promovisanje održivosti. Ulaganja u infrastrukturu otpornu na klimatske promene mogu uštedeti značajna finansijska sredstva i da, pored pozitivnih ekonomskih efekata, daju svojevrsni ekološki i društveni doprinos.

Stoga, u narednom periodu prilikom projektovanja novih ili rekonstrukcije postojećih saobraćajnih infrastrukturnih objekata treba uzeti u obzir i otpornost na klimatske promene i na taj način poboljšati trajnost, ekonomičnost i efikasnost saobraćajne infrastrukture. Pravci budućih istraživanja trebalo bi da budu usmereni i ka definisanju odgovarajuće metodologije za kvantifikovanje različitih uticaja navedenih u radu.

## Literatura

- [1] US National Academy of Sciences & The Royal Society (2020). Climate Change. Evidence & Causes
- [2] Jokanović I., Grujić B., Svilar M., Grujić Ž. (2018) Climate and natural disasters vulnerability and resilience: Have we forgotten or omitted something? GEO-EXPO 2018. Neum.
- [3] Jokanović I., Zeljić D. (2019). POVREDLJIVOST I OTPORNOST SAOBRAĆAJNE INFRASTRUKTURE NA KLIMATSKE PROMENE I PRIRODNE KATASTROFE. PUTPlus, 19/20, 104- 111.
- [4] Climate Resilient Infrastructure: Preparing for a Changing Climate (2011). The Stationery Office Limited. United Kingdom.
- [5] Putevi Srbije, <https://www.putevi-srbije.rs>
- [6] Vlada republike Srbije (2014). Izvestaj o proceni potreba za oporavak i obnovu posledica poplava
- [7] Irène Sevilla, Philippe Chrobocinski, Fotios Barmpas, Franziska Schmidt, Norman Kerle, et al. Improving Resilience of Transport Infrastructure to Climate Change and other natural and Manmade events based on the combined use of Terrestrial and Airbone Sensors and Advanced Modelling Tools. CONAMA2018, Nov 2018, MADRID, Spain.
- [8] Ministry of Agriculture and Forestry of Finland, 2005. National Strategy for Adaptation to Climate Change
- [9] Rentschler, J., Braese, J., Jones, N., and Avner, P. (2019a). Three feet under: The impacts of flooding on urban jobs, connectivity, and infrastructure. (Washington DC: World Bank).
- [10] Rentschler, J., Kornejew, M., Hallegatte, S., Obolensky, M., and Braese, J. (2019c). Underutilized potential: The business costs of unreliable infrastructure in developing countries (Washington DC: World Bank).
- [11] Pachauri, R. et al. (2014), Climate Change 2014 Synthesis Report The Core Writing Team Core Writing Team Technical Support Unit for the Synthesis Report.
- [12] Hallegatte, S. et al. (2013), Future flood losses in major coastal cities. Nature Climate Change, Vol. 3, <http://dx.doi.org/10.1038/NCLIMATE1979>.
- [13] OECD Environment (2018). Climate resilient infrastructure. Policy Perspectives.
- [14] World Weather attribution (2021). Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021
- [15] Sjoukje et al. (2021). Rapid attribution analysis of the extraordinary heatwave on the Pacific Coast of the US and Canada June 2021
- [16] Rhondda Cynon Taf (2021). Flood and Water Management Act 2010, Storm Dennis Overview Report

[17] de Abreu, V.H.S.; Santos, A.S.; Monteiro, T.G.M. Climate Change Impacts on the Road Transport Infrastructure: A Systematic Review on Adaptation Measures. Sustainability 2022, 14, 8864. <https://doi.org/10.3390/>

## Summary

### CLIMATE RESILIENT INFRASTRUCTURE

*Abstract: The negative impacts of climate change are becoming more and more intense and at the same time significantly endangering the traffic infrastructure. Increase in air temperature, drought, drastic floods, snow drifts, occurrence of landslides, etc. are a warning sign and an urgent call to take appropriate measures to adequately adapt the infrastructure to climate change. The increasing frequency of weather disasters leads to the interruption of traffic flows (up to several years) due to climate-resistant traffic infrastructure. The collapse of the road network, on the other hand, is influenced by limitations related to project solutions, construction techniques, building materials, as well as the way of managing and maintaining the road network. For these reasons, it is obvious that planning and designing infrastructure in accordance with the existing (and future) impacts of climate change should take a high place among policies aimed at improving mobility and promoting sustainability. The main goal of this paper is to assess the impact of climate change on road infrastructure and to review the literature and measures for the establishment of climate-resistant infrastructure. The review of the literature concluded that investments in infrastructure resistant to climate change can save significant financial resources and that, in addition to positive economic effects, they also provide a specific environmental and social contribution. Therefore, in the coming period, when designing new or reconstructing existing traffic infrastructure facilities, one should also consider the resistance to climate change and thus improve the durability, economy and efficiency of the traffic infrastructure.*

*Key words: climate change, traffic, infrastructure*

## HIBRIDNI TARIFNI MODEL PUTARINE - ANALIZA PRIHVATLJIVOSTI

Marina Milenković, Saobraćajni fakultet, Beograd, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Miloš Petković, Saobraćajni fakultet, Beograd, m.petkovic@sf.bg.sc.rs

Draženko Glavić, Saobraćajni fakultet, Beograd, drazen@sf.bg.ac.rs

*Rezime: U okviru rada analizirani su efekti uvođenja hibridnog tarifnog sistema naplate putarine. Hibridni tarifni model predstavlja kombinaciju plaćanja zasnovanog na vremenu i pređenoj kilometraži, prilagođen specifičnim grupama korisnika autoputa. U cilju utvrđivanja prihvatljivosti i efekata hibridnog tarifnog modela analizirani su stavovi potencijalnih korisnika autoputa. Anketiranje ispitanika je sprovedeno u realnim uslovima na odabranim alternativnim putnim pravcima Republike Srbije. Ciljnu grupu su činili potencijalni korisnici autoputa, odnosno korisnici na koje se tarifnom politikom naplate putarine može uticati da sa alternativnih dvotračnih puteva pređu na korišćenje autoputa. U radu je korišćen stated preference metod. Dobijeni rezultati su pokazali da bi u slučaju primene hibridnog tarifnog modela naplate putarine prilagođenog pre svega grupi svakodnevnih korisnika, kroz uvođenje plaćanja zasnovanog na vremenu, odnosno mesečne/godišnje naknade po povoljnijim cenama, 68% ispitanika koji trenutno izbegavaju putarinu zbog klasičnog tarifnog sistema zasnovanog na plaćanju po kilometru prešlo na korišćenje autoputa. Uvođenjem definisanog hibridnog tarifnog sistema postiže se tzv. „win-win“ situacija kako za korisnika autoputa, tako i za upravljača i društvo u celini. Drugim rečima, primenom hibridnog tarifnog modela naplate putarine sve interesne grupe bi imale određene koristi.*

*Ključne reči: autoput, tarifna politika, hibridni model naplate, stavovi korisnika*

### 1. Uvod

Putarina kao izvor finansiranja doprinosi razvoju autoputne infrastrukture, kao i finansiranju troškova eksploatacije i održavanja celokupne putne mreže [1,2]. Međutim, uvođenjem putarine narušava se prirodna raspodela saobraćaja na mreži puteva, koja je prvenstveno posledica matrice izvorno-ciljnog kretanja, vremena i troškova putovanja [3,4]. Iako autoput korisnicima pruža viši nivo usluge, veću bezbednost i kraće vreme putovanja za iste distance, dosadašnja istraživanja ukazuju na to da se značajan broj korisnika zbog „dodatnih troškova“ naplate putarine radije opredeljuje za besplatne, alternativne pravce, koji inače nisu njihov primarni izbor za realizaciju putovanja [5,6].

Izbegavanje korišćenja autoputa sa naplatom putarine ima značajan uticaj kako na korisnike, tako i na upravljača puta i društvo u celini. Upravljač puta ima za cilj da ostvari što veći prihod od naplate putarine, povećanjem broja korisnika autoputa. Takođe, upravljaču puta je u interesu da na alternativnoj sekundarnoj mreži bude što manje korisnika, posebno korisnika komercijalnih vozila, kako bi oštećenja ove infrastrukture bila što manja, a samim tim troškovi odražavanja puta niži. Shodno tome, osnovni cilj upravljača puta jeste da zadrži postojeće korisnike, uz stalni napor za privlačenjem korisnika koji bi zbog svojih zahteva prirodno koristili autoput, ali to ne čine zbog naplate

putarine. Sa aspekta korisnika ekonomska dimenzija podrazumeva troškove koji korisnici imaju prilikom korišćenja određene putne infrastrukture. U slučaju korišćenja autoputa, troškovi korisnika se pre svega ogledaju u troškovima putarine i troškovima vremena putovanja i eksploatacije motornih vozila. Korisnici sekundarne alternativne putne mreže nemaju troškove putarine, ali zbog lošijih tehničko eksploatacionih karakteristika puta, troškovi vremena putovanja i eksploatacije motornih vozila ovih korisnika su često veći, u odnosu na troškove korisnika autoputa. Pored upravljača puta i samih korisnika, određene troškove snosi i društvo u celini. Naime, korišćenje alternativne sekundarne mreže, zbog lošijih tehničko eksploatacionih karakteristika puta, podrazumeva i veće troškove saobraćajnih nezgoda, emisije polutanata, buke itd.

Imajući u vidu prethodno navedeno, nameće se pitanje da li bi i u kojoj meri uvođenje hibridnog tarifnog modela putarine uticalo na povećanje broja korisnika autoputa. Hibridni tarifni model bi podrazumevao kombinaciju plaćanja putarine zasnovanu na vremenu/pređenoj kilometraži i prilagođenu specifičnim grupama korisnika autoputa. U cilju utvrđivanja potencijala hibridnog tarifnog modela u okviru rada analizirani su stavovi korisnika koji zbog putarine izbegavaju korišćenje autoputa, a kojima bi da nema putarine autoput bio primarni izbor.

U radu je nakon uvodnog dela opisan problem izbegavanja korišćenja autoputa sa naplatom putarine u Republici Srbiji i zemljama Evrope. Zatim je prikazana metodologija istraživanja, a potom i dobijeni rezultati. U poslednjem delu rada data su zaključna razmatranja, kao i pravci budućih istraživanja.

## **2. Izbegavanje korišćenja autoputeva sa naplatom u Srbiji i Evropi**

Postojanje besplatnih alternativa autoputevima korisnicima pruža mogućnost izbora rute, u zavisnosti od njihovih preferencija i spremnosti da plate za viši nivo usluge i kraće vreme putovanja. Vozačima automobila putni troškovi, a posebno putarina predstavljaju osnovni razlog izbegavanja puteva sa naplatom [7]. Svetska iskustva pokazuju da procenat korisnika koji zbog naplate putarine izbegava korišćenje autoputa, odnosno koristi alternativne putne pravce iznosi i do 25% [8,9].

U zemljama Evrope korisnici tražeći na prvi pogled jeftinije mogućnosti putovanja često pribegavaju korišćenju alternativnih putnih pravaca na kojima ne postoji naplata putarine. U tome im u velikoj meri pomaže i napredna tehnologija, odnosno navigacioni sistemi, koji imaju mogućnost da prikazuju samo puteve na kojima ne postoji naplata. U Španiji na primer postoje dva tipa autoputeva: the autopistas, gde postoji obaveza plaćanja putarine i the autovías, na kojima ne postoji naplata. Na autovías su često prisutna zagušenja jer veliki broj korisnika izbegava puteve sa naplatom. U Mađarskoj, Češkoj, Rumuniji i Bugarskoj postoji problem malog saobraćajnog opterećenja na pojedinim pravcima autoputa, a uzrok tome jestu visoke cene putarine i visok procenat onih koji koriste alternativne putne pravce [10]. Jedan od karakterističnih primera ovog problema analiziran je u radu koji se bavi izbegavanjem korišćenja autoputu u Grčkoj [7]. Naime, u severnoj Grčkoj postoji autoput nazvan „Egnatia Odos“ koji počinje na zapadnom delu Grčke, a završava se na graničnom prelazu sa Turskom. Paralelno sa ovim putem od Soluna do Asprovalte postoji alternativni put „Palaia Ehniki Odos“, koji značajan broj vozača, a posebno vozači teretnih vozila (TV), koriste kako bi izbegli putarinu na autoputu.

Naplata putarine se u Republici Srbiji sprovodi po pređenim kilometrima, odnosno zasnovana je na distance – based (DB) pristupu. Cena putarine u Srbiji je generalno jeftinija u odnosu na cenu putarine u zemljama regiona i za prvu naplatnu kategoriju vozila, u koju spadaju putnički automobile (PA), cena putarine po pređenom kilometru iznosi 0.035 €. Put sa naplatom putarine koji se u Republici Srbiji često izbegava korišćenjem alternativnih putnih pravaca je koridor 10, odnosno putni pravac E-75. Paralelno duž ovog puta postoje alternativni putni pravci – dvotračni putevi koje korisnici koji žive u okolnim mestima često koriste za realizaciju svojih putovanja i na taj način izbegavaju putarinu. Pored navedenog, značajan broj korisnika izbegava korišćenje novoizgrađenog autoputa E-763, koji povezuje Beograd sa jugo-zapadom države. Za realizaciju svojih putovanja veliki broj korisnika koristi stari dvotračni put koji se prostire paralelno sa novoizgrađenim autoputem.

Podaci dobijeni sa automatskih brojača saobraćaja (ABS) i naplatnih stanica (NS) pokazuju da se veliki procenat korisnika između autoputa i alternativnog dvotračnog puta pre opredeljuje za korišćenje alternativnih putnih pravaca, koji se pružaju uporedo sa autoputem. Naime, na primeru deonice novoizgrađenog autoputa E-763 u Republici Srbiji i njegovog alternativnog dvotračnog puta može se videti da je u 2019. godini čak 45% korisnika ovog putnog pravca izabralo da koristi alternativni dvotračni put (Tabela 1).

*Tabela 1. Intenzitet saobraćaja na putnom pravcu E-763 - deonici autoputa i alternativnog dvotračnog puta u 2019. godini*

Vrsta puta	Izvor podataka	PA	Udeo PA (%)	TV	Udeo TV (%)	Ukupno vozila	Ukupno (%)
Autoput	NS Takovo	2.048.133	55 %	461.751	61 %	2.509.884	56 %
Dvotračni	ABS 1037	1.691.887	45 %	291.289	39 %	1.983.176	44 %
Ukupno		3.740.020	100 %	753.040	100 %	4.493.060	100%

Među korisnicima alternativnog putnog pravca ima onih kojima je zbog izvorno-ciljne matrice putovanja prirodno da koriste ovu rutu. Međutim, važno je istaći i činjenicu da među onima koji koriste alternativne putne pravce postoje i oni koji zbog visine putarine izbegavaju korišćenje autoputa, a kojima bi da nema putarine ovo bio primarni izbor. Na osnovu podataka sa ABS nije moguće utvrditi koliki je udeo onih kojima je prirodno da koriste alternativni dvotračni put, a koliki udeo onih koji zbog visine putarine izbegavaju korišćenje autoputa. Kako bi se to utvrdilo neophodno je sprovesti odgovarajuću anketu.

### 3. Metodologija istraživanja

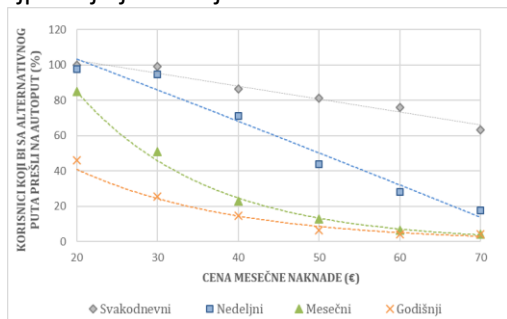
U cilju utvrđivanja efekata uvođenja hibridnog modela sprovedeno je istraživanje stavova potencijalnih korisnika autoputeva. Imajući u vidu da je cilj istraživanja bio da se analiziraju stavovi ispitanika koji zbog putarine izbegavaju korišćenje autoputa, korišćenjem alternativnih sekundarnih putnih pravaca, ciljnu grupu su činili samo oni koji izbegavaju korišćenje autoputa, a kojima bi da nema putarine korišćenje autoputa bio primarni izbor. Kao posledica specifičnih zahteva koje ispitanici treba da zadovolje, prikupljanje podataka uz pomoć ankete sprovedeno je na terenu. Kao reprezentativni putni pravci sa naplatom putarine izabrani su pravci autoputeva u Srbiji - E-75 i E-763. Obučena grupa anketara bila je pozicionirana na mreži državnih puteva u neposrednoj blizini predmetnih autoputnih pravaca, na mestima visoke atraktivnosti. Anketiranje je sprovedeno tokom decembra 2019. godine i ukupan uzorak je činilo 175 ispitanika.

U okviru anketu su pored pitanja o socio-ekonomskim karakteristikama ispitanika i o karakteristikama putovanja, sadržana i pitanja vezana za spremnost korisnika da pređu na korišćenja autoputa ako bi imali određene povlastice. Naime, ispitanici su upitani da li bi prešli na korišćenje autoputa ako bi imali mogućnost kupovine mesečne karte ili godišnje karte po pristupačnim cenama. Ponuđene vrednosti mesečnih karata iznosile su od 70€ do 20 €, a godišnjih od 160€ do 80 €, redom, koje su prethodno utvrđene na osnovu procena eksperata iz ove oblasti. Imajući u vidu da je u okviru rada analizirana hipotetička situacija primenjen je stated preference metod.

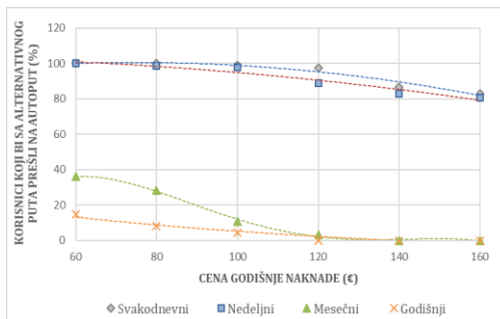
#### 4. Rezultati istraživanja

Kako bi se definisala odgovarajuća tarifna politika naplate putarine, neophodno je utvrditi kako se menja udeo korisnika koji bi sa alternativnih dvotračnih puteva prešli na autoputeve pri različitim cenama mesečne i godišnje naknade. Pri tome je važno istaći činjenicu da su u analizi uključeni samo potencijalni korisnici autoputa - oni kojima bi da nema putarine autoput bio primarni izbor. Takođe, kako bi donosioci odluka mogli da deluju na određene grupe korisnika – one koji su najviše pogođeni putarinom i donesu adekvatnu odluku neophodno je uzeti u obzir i učestalost putovanja kao jednog od najznačajnijih prediktora. Na ovaj način je utvrđeno kako bi različite cene mesečnih i godišnjih naknada uticale na svakodnevne, nedeljne, mesečne i godišnje korisnike.

Dobijeni rezultati su generalno pokazali da bi 68% ispitanika koji trenutno izbegavaju putarinu zbog klasičnog tarifnog sistema zasnovanog na plaćanju po kilometru prešlo na korišćenje autoputa. Naime, mesečnu kartu po određenim tarifama u visokom procentu spremni su da plate svakodnevni i nedeljni korisnici, a u značajnom udelu i mesečni korisnici. Kada se korisnicima ponudi godišnja naknada situacija je značajno drugačija. Naime, godišnju kartu bili bi spremni da kupe dnevni i nedeljni korisnici, dok mesečni i godišnji ne bi bili zainteresovani za ovu vrstu naknade. Dobijeni rezultati su logični imajući u vidu činjenicu da bi se svakodnevnim i nedeljnim korisnicima svakako isplatilo da koriste mesečnu i godišnju kartu nego da putarinu plaćaju po kilometru, imajući u vidu njihovu učestalost putovanja i samim tim dužinu putovanja na mesečnom odnosno na godišnjem nivou. Takođe, važno je istaći činjenicu da bi za većinu ovih korisnika godišnja karta bila najpovoljnije rešenje.



Slika 1. Udeo korisnika koji bi sa alternativnog puta prešli na korišćenje autoputa pri različitim cenama mesečne naknade



Slika 2. Udeo korisnika koji bi sa alternativnog puta prešli na korišćenje autoputa pri različitim cenama godišnje naknade

## 5. Diskusija i zaključci

S obzirom na prethodno navedene negativne efekte koje prouzrokuju vozila koja koriste alternativne putne pravce nameće se pitanje da li je i na koji način moguće privući određene korisnike alternativnih dvotračnih puteva da koriste autoput. Imajući to u vidu, analizirani su efekti uvođenja hibridnog tarifnog sistema naplate putarine. Hibridni model predstavlja kombinaciju plaćanja putarine zasnovanog na vremenu i pređenoj kilometraži, koji bi bio prilagođen specifičnim grupama korisnika autoputa. U cilju utvrđivanja prihvatljivosti hibridnog modela analizirani su stavovi potencijalnih korisnika autoputa – onih korisnika kojima bi da nema putarine autoput bio primarni izbor.

Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da je sa aspekta korisnika, naplata putarine na mesečnom i godišnjem nivou po povoljnijim cenama odevatno rešenje za svakodnevne korisnike. Na ovaj način se ovoj grupi korisnika omogućuje da koriste puteve sa naplatom putarine, i time izbegnu lokalne puteve lošeg kvaliteta čime se smanjuje propadanje lokalnih puteva, smanjuju operativni troškovi vozila i emisije polutanata. Sa druge strane, upravljač puta će povećati svoje prihode koji se mogu koristiti za poboljšanje nivoa usluge i bezbednosti saobraćaja. Imajući to u vidu, upravljač puta mora uzeti u obzir ove nalaze i ponuditi grupi korisnika koji izbegavaju korišćenje autoputa specifičnu šemu naknada kroz hibridni model. Takav hibridni model bi podrazumevao kombinaciju naplate putarine prema vremenu i pređenim kilometrima kao optimalno rešenje kako za upravljača puta tako i za korisnike. Ovaj hibridni model naplate putarine predstavlja potencijal za uspešan kompromis između upravljača puta koji imaju za cilj da minimizira broj korisnika koji izbegavaju korišćenje autoputa sa naplatom putarine i time maksimizira prihod od naplate putarine, i korisnika čiji je cilj da maksimizira korišćenje autoputeva po prihvatljivoj ceni.

U budućem radu, bilo bi značajno kvantifikovati efekte koji bi se ostvarili uvođenjem odgovarajuće tarifne politike naplate putarine, kao što je na primer uvođenje određenih povlastica u vidu mesečnih/godišnjih karata, kako sa aspekta upravljača puta, tako i sa aspekta korisnika i društva u celini. Naime, bilo bi neophodno sprovesti uporednu analizu troškova i koristi u slučaju postojećeg stanja koji podrazumeva da korisnici plaćaju putarinu isključivo po pređenim kilometrima i budućeg stanja (hipotetičke situacije) koji bi podrazumevao da pored plaćanja putarine po pređenom kilometru korisnici imaju mogućnost da kupe mesečnu ili godišnju kartu po povoljnijim cenama. Sa aspekta upravljača puta analiza koristi i troškova bi pre svega podrazumevala analizu prihoda od naplate putarine i troškova koji nastaju usled oštećenja sekundarne putne mreže. Sa aspekta korisnika neophodno je uzeti u obzir pored troškova putarine i troškove vremena putovanja i eksploatacije motornih vozila na autoputu i alternativnom dvotračnom putu. Analiza koristi i troškova sa aspekta društva u celini morala bi da obuhvati uporednu analizu nivoa bezbednosti saobraćaja, emisije polutanata i buke u slučaju da određeni broj korisnika koristi autoput odnosno alternativni dvotračni put. Na osnovu ovih analiza, upravljači puteva mogu usvojiti novu šemu cena putarina koja odgovara svakoj kategoriji učesnika u saobraćaju koji izbegavaju korišćenje puteva sa naplatom putarine. Na taj način moguće je ostvariti kompromis zainteresovanih strana – upravljača puta, korisnika i društva u celini i obezbediti efikasan, bezbedan i ekološki dobar saobraćajni tok.



## Literatura

- [1] Deakin, E. (1989). Toll Roads: a new direction for US highways? Built Environment, 15(3-4), 185-194.
- [2] Glavić, D., (2016). Komercijalna eksploatacija autoputeva: tehnologije naplate putarine, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
- [3] Keuleers, B., Chow, V., Thorpe, N., Timmermans, H., & Wets, G. (2006). Behavioural Change in Activity- Travel Patterns in Response to Road User Charging. Journal of Transport Economics and Policy, 40(1), 119-134.
- [4] Jaensirisak, S., Wardman, M., & May, A. D. (2005). Explaining variations in public acceptability of road pricing schemes. Journal of Transport Economics and Policy (JTEP), 39(2), 127-154.
- [5] Walker, J. (2011). The Acceptability of Road Pricing. RAC Foundation. London
- [6] Wood, H. P. (2011). Truck Tolling: Understanding Industry Tradeoffs When Using or Avoiding Toll Facilities (No. NCFRP Project 19).
- [7] Politis, I., Kyriakoglou, M., Georgiadis, G., & Papaioannou, P. (2020). Evidence from Highway Drivers in Greece Showing Toll Avoidance and Utility of Alternative Routes. Transportation Research Record, 2674(9), 948–958.
- [8] Jou, R.-C., Chiou, Y.-C., Chen, K.-H., & Tan, H.-I. (2012). Freeway drivers' willingness-to-pay for a distance-based toll rate. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 46(3), 549–559.
- [9] Jou, R.-C., & Huang, G.-L. (2014). Willingness to pay price for tolls and on-board units for short-distance freeway users who normally avoid toll boots. Transport Policy, 31, 10–18.
- [10] Carpintero, S. (2010). Toll roads in central and eastern Europe: Promises and performance. Transport Reviews, 30(3), 337-359.

## Summary

### HYBRID ROAD PRICING MODEL – ANALYSIS OF USERS' ACCEPTABILITY

*Abstract: The paper analyzes the effects of introducing a hybrid road pricing system. The hybrid model represents a combination of time-based and distance-based road pricing, adjusted to specific motorway user groups. In order to determine the acceptability and effects of the hybrid tariff model, attitudes of potential motorway users were analyzed. The respondents were surveyed under real conditions on the selected alternative roads in the Republic of Serbia. The target group included potential motorway users, i.e. the users who could be influenced by the road pricing tariff policy to shift from using alternative two-lane roads to using motorways. The obtained results showed that the application of the hybrid tariff model of road pricing adjusted primarily to daily users would induce 68% of users to start using the motorways. At the moment, these users avoid paying tolls because the system is based on the traditional distance-based road pricing. The introduction of the defined hybrid tariff system would ensure the so-called "win/win" situation both for motorway users and for road managers and society as a whole. In other words, the application of the hybrid tariff model of road pricing would provide benefits for all interest groups.*

*Key words: motorway, tariff policy, hybrid road pricing, users' attitudes*

## НАПЛАТА ЗАГУШЕЊА У ЦЕНТРАЛНИМ ГРАДСКИМ ЗОНАМА – ЕКОНОМСКИ, ЕКОЛОШКИ И ДРУШТВЕНИ УТИЦАЈ

Јелица Комарица, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду,  
jelicakomarica98@gmail.com

Марина Миленковић, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду,  
marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Драженко Главић, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду,  
tstkds@sf.bg.ac.rs

*Резиме:* Загушења у саобраћају представљају проблем са којим се суочавају многи градови, а нарочито њихове централне градске зоне (CZ). Настају као последица повећања саобраћајних захтева и константног раста степена моторизације. Управљање саобраћајним захтевима применом политике наплате загушења (CP) може значајно допринети да се поред смањења саобраћајног загушења, смање и његови негативни утицаји. Концепт CP заснива се на идеји да аутомобилима треба наплаћивати коришћење CZ, нарочито током вршних периода, како би се смањењем броја аутомобила у зони наплате, смањило и саобраћајно загушење. Тарифна политика CP може се значајно разликовати у зависности од тога да ли се наплата врши на дневном нивоу или на основу броја улазака у CZ, да ли се наплата спроводи свим данима у недељи или само радним данима у одређеним временским периодима, као и да ли цена зависи од просечне попуњености возила. Искуства градова, у којима је спроведена наплата загушења, указују на то да је за успешну имплементацију ове мере од великог значаја подршка јавности. Неки градови су успешно имплементирали CP, док су други, услед недовољне јавне и политичке подршке, доживели неуспех. Такође, резултати многобројних истраживања показују да примена политике CP поред тога што утиче на смањење броја аутомобила у CZ, утиче и на мању потрошњу горива, што за последицу има и смањену емисију загађујућих материја. Показало се да овакав вид управљања мобилношћу утиче и на смањење времена путовања, што доводи до повећања продуктивности корисника, а самим тим и економског раста. Имајући у виду претходно наведено, циљ овог рада јесте анализа економског, еколошког и друштвеног утицаја наплате загушења у CZ, како са аспекта корисника, тако и са аспекта управљача и друштва у целини. Свеобухватна анализа утицаја CP приказана у раду може представљати корисну основу за доношење одлука приликом дефинисања стратегија за решавање проблема саобраћајног загушења у градовима.

*Кључне речи:* саобраћајно загушење, наплата загушења, прихватање од стране јавности, емисија загађујућих материја, економска корист

## 1. Увод

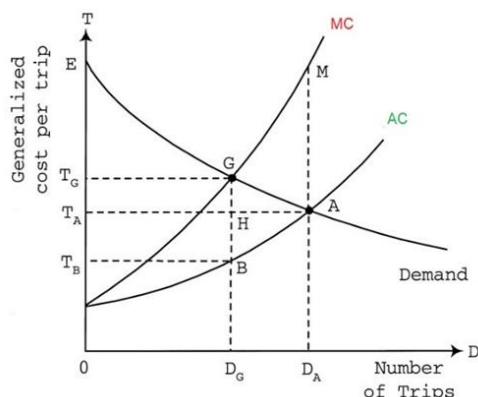
Саобраћајно загушење је деценијама уназад препознато као свакодневни проблем са којим се суочавају многи градови, а нарочито њихове централне зоне. Настаје услед убрзаног развоја градова и све већег пораста степена моторизације, док за последицу има бројне негативне ефекте као што су смањење брзине кретања, дуже време путовања, већа потрошња горива, повећана емисија штетних материја, бука, итд. Све чешће се за смањење загушења у саобраћају користе мере управљања мобилношћу, с обзиром да повећање постојећих капацитета уличне мреже утиче на појаву нових саобраћајних захтева. Мере управљања мобилношћу се генерално деле у две групе – Push и Pull. Push мере настоје да одврате људе од употребе путничких аутомобила, док Pull мере имају за циљ да промовишу употребу одрживих видова превоза. Једна од најзначајнијих Push мера односи се на контролу приступа путничким аутомобилима у централну зону града (CZ). Један од основних концепата контроле приступа јесте наплата загушења (CP) која се заснива на наплати коришћења централне градске зоне корисницима путничких аутомобила, посебно током вршних периода.

На основу политике наплате загушења која је успешно имплементирана у појединим градовима као што су Лондон, Стокхолм, Милано, Сингапур и Гетеборг, могу се уочити велике разлике у политикама наплате загушења. Тарифна политика CP се може значајно разликовати у зависности од тога да ли се наплата врши на дневном нивоу или на основу броја улазака у CZ, да ли се наплата спроводи свим данима у недељи или само радним данима у одређеним временским периодима, као и да ли цена зависи од просечне попуњености возила. Такође, постоје и одређене разлике у периодима функционисања система, као и у начину на који је решено питање наплате становницима централне градске зоне. Упркос чињеници да је CP ефикасна политика и да значајно доприноси смањењу емисија загађујућих материја, њено прихватање од стране јавности сматра се најважнијом препреком при имплементацији. На пример, услед недовољне политичке подршке и јавног прихватања, имплементација наплате загушења није имала успеха у бројним градовима попут Хонг Конга, Њујорка, Единбурга, Манчестера итд. Такође, иако CP политика утиче на већу економску корист са аспекта друштва кроз смањено време путовања, повећану продуктивност и употребу система јавног превоза, уколико се за примену исте не користи адекватна технологија наплате, економска корист може бити негативна. Имајући наведено у виду, циљ рада је да се кроз преглед стручне литературе утврде економски, еколошки и друштвени утицаји наплате загушења у CZ, што може представљати корисну основу доносиоцима одлука приликом имплементације мере.

## 2. Економски утицај наплате загушења

Економисти су деценијама препоручивали наплату загушења као начин да подстакну ефикасније коришћење транспортног система и решавање проблема загушења и загађења, обезбеђујући нето користи за друштво. Теоријска позадина наплате загушења ослањала се на основни економски принцип који подразумева да корисници треба директно да плаћају трошкове које намећу, као подстицај да

ефикасно користе одређене ресурсе. Другим речима, корисници који се крећу путевима са загушењем саобраћаја треба да плаћају новчану накнаду која је једнака разлици између маргиналних друштвених и приватних трошкова како би максимизирали друштвену нето корист (Слика 1), што представља СР политику.



Легенда кривих:  
 Marginal Cost – крива маргиналног друштвеног трошка;  
 Average Cost – крива просечног приватног трошка;  
 Demand – потражња/саобраћајни захтев.

Слика 1. Маргинални трошкови у условима загушења [1]

Смањењем саобраћајног загушења утиче се на смањено време путовања и потрошњу горива, већу брзину кретања, боље услове у току, повећану продуктивност корисника, а самим тим и већу економску корист друштва. Новчана средства добијена применом наплате загушења углавном се користе за унапређивање одрживих видова кретања као и система јавног превоза уз неопходну инфраструктуру. Међутим, значајан фактор представља тарифна политика од које ће већим делом зависити и прихватљивост СР политике, а самим тим и приход од исте. Као један од главних узрока повећаних трошкова саме имплементације система наводи се технологија наплате, од које може зависити економска оправданост политике.

Табела 1 приказује резултате истраживања који указују да СР политика са аспекта управљача пута није била економски оправдана, услед већих трошкова система, док су корисници имали мање економске трошкове.

Табела 1. Економски утицај наплате загушења

Аутори	Локација	Метод	Резултати
(Prud'homme & Vocalejo, 2005) [2]	Лондон (УК)	Revealed Preference	Резултати истраживања указују да је применом СР политике остварена економска корист, која је мања од оперативних трошкова система, што указује на економски неуспех имплементације.
(Kopp & Prud'homme, 2010) [3]	Стокхолм (Шведска)	State Preference	Резултати истраживања указују да су трошкови имплементације и повећане понуде јавног превоза били већи од користи СР политике.
(AlRukaibi et al., 2021) [4]	Кувајт (Кувајт)	State Preference	Трошкови корисника су се смањили у распону између 27,77% и 43,75%.

### 3. Еколошки утицај наплате загушења

Становништво у градовима је у великој мери изложено екстерним последицама загађења ваздуха од стране друмског саобраћаја. Многим истраживањима је утврђено да количина емисије загађујућих материја из саобраћаја зависи од пређених возило-километара и фактора емисије. Фактори емисије зависе од типа

возила, врсте горива (бензин, дизел, биогаз, итд.) и од услова возње (вожња стани-крани, равномерно кретање) на уличној мрежи.

Наплата загушења има значајан позитиван утицај на животну средину. Наиме, смањивањем саобраћајног загушења, смањује се и број пређених возило-километара, при чему се смањује потрошња горива, а самим тим и емисија загађујућих материја. Имајући то у виду, многи аутори су деценијама истраживали утицаје наплате загушења на животну средину, што потврђују и многе студије али и пилот истраживања у градовима широм света.

Табела 2 приказује резултате претходних истраживања о утицају наплате загушења на емисију загађујућих материја од стране друмског саобраћаја. Из ове табеле се може закључити да наплата загушења значајно утиче на смањење емисије загађујућих материја као што су CO, NO<sub>x</sub>, HC, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> чиме се доприноси бољем квалитету ваздуха, а самим тим и мањем загађењу животне средине.

Табела 2. Ефекти утицаја CP на емисију штетних материја

Аутори	Локација	Циљ	Метод	Резултати
(Eliasson et al., 2009)[5]	Стокхолм (Шведска)	CO NO <sub>x</sub>	State Preference	Предвиђа се смањење емисије загађујућих материја CO, NO <sub>x</sub> за 14% и 8,5% респективно.
(Coria et al., 2015) [6]	Стокхолм (Шведска)	NO <sub>2</sub> PM <sub>10</sub>	State Preference	Резултати показују да би се емисије (у просеку) NO <sub>2</sub> и PM <sub>10</sub> смањиле за 0,7% и 0,3% респективно током године.
(Wang et al., 2015) [7]	Кина	CO <sub>2</sub>	State Preference	Емисије CO <sub>2</sub> смањене су за 18,9%.
(Wu et al., 2017) [8]	Пекинг (Кина)	CO HC NO <sub>x</sub>	State Preference	Смањење емисија CO и HC за 60–70% и смањење NO <sub>x</sub> емисије за 35 – 45% унутар зоне наплате загушења.

Поред приказаних резултата, којим CP политика има позитивне ефекте, истраживачи попут Wu et al. [8] дошли су до закључка да је поред смањеног загађења унутар зоне наплате, дошло до повећања емисија загађујућих материја ван исте. Такође, услед преласка кретања са путничког аутомобила на јавни превоз у Лондону, повећан је број пређених возило-километара од стране аутобуса и такси возила на дизел погон, што знатно утиче на пораст штетних NO<sub>2</sub> честица [9].

#### 4. Друштвени утицај наплате загушења

Подршка јавности има значајну улогу у успеху оних транспортних политика чије мере значајно утичу на понашање и начин живота корисника, као што је политика наплате загушења. Услед недовољног информисања о самој политици и ефектима њене примене, као и вршења наплате за нешто што је до тада било бесплатно, одговор јавности је често био негативан.

На основу претходно спроведених истраживања, може се доћи до закључка да социо-економске карактеристике корисника као што су старост, статус запослења, просечан лични приход и навике корисника као што су удаљеност места становања и радног места од ЦЗ, вид кретања у одређене сврхе у/кроз ЦЗ, значајно утичу на спремност корисника да прихвате политику наплате загушења.

Табела 3 приказује резултате појединих истраживања чији је циљ био да се утврди спремност корисника за прихватање CP политике. Резултати указују на то да

су корисници у великој мери спремни да прихвате овакав концепт управљања мобилношћу, с тим да је прихватљивост значајно већа након увођења СР мере у односу на период истраживања пре њене имплементације. То указује да корисници имају позитиван став према том концепту након остваривања позитивних ефеката по питању саобраћајног загушења.

Табела 3. Спремност корисника за прихватање СР политике

Аутори	Локација	Метод	Резултати
(O'mahony et al., 2000) [10]	Дублин (Ирска)	Stated preference	45% испитаника подржало концепт наплате загушења, док је 55% било против.
(Bhatt Kiran et al., 2008) [11]	Лондон (УК)	Revealed preference	Пре увођења наплате загушења, јавна подршка је износила 40%, док је након примене износила 50%.
(Schuitema et al., 2010) [12]	Стокхолм (Шведска)	Stated preference	Резултати показују да је 51% испитаника подржало концепт наплате загушења.
(Liu et al., 2018) [13]	Мелбурн (Аустралија)	Stated preference	42% испитаника је подржало концепт наплате загушења, 38% је било против, док је 20% испитаника остало неутрално.

Такође, поједина истраживања су се фокусирала на то како би наплата загушења требало да буде у чврстој вези са искоришћеношћу прихода у корист корисника, како би се максимизирале шансе за јавну подршку. На пример, у Лондону и Стокхолму је од стране градске управе донета одлука да се приход од наплате загушења у већој мери искористи за побољшање јавног превоза, што је и утицало на већу јавну подршку.

## 5. Закључак

Као резултат све веће употребе путничких аутомобила и постојећег дебаланса саобраћајних захтева и капацитета уличне мреже, долази до појаве саобраћајног загушења. Саобраћајно загушење за последицу има повећање временских губитака и времена путовања, повећање трошкова путовања, загађења животне средине, итд. што има значајне негативне ефекте како на корисника тако и друштво у целини. Једна од све чешће коришћених мера за смањење саобраћајног загушења и његових негативних утицаја јесте наплата загушења. Иако је овакав вид управљања мобилношћу дао позитивне резултате у многим градовима где је успешно имплементиран, главни недостатак ове мере представља јавна подршка. Услед недовољне информисаности о самој политици и њеним позитивним ефектима, али и утицаја социоекономских карактеристика корисника, резултати истраживања указују да је спремност корисника да прихвате овакву меру много већа у периоду након у односу на период пре њене имплементације.

Резултати истраживања такође указују да са смањењем саобраћајног загушења, долази до смањења трошкова горива и времена путовања, што доприноси смањењу трошкова корисника и његовој повећаној продуктивности. Међутим, како би политика била економски оправдана са аспекта управљача, неопходно је применити адекватну технологију наплате чији оперативни трошкови неће бити већи од економске користи политике. Са еколошког аспекта, увођење наплате загушења у ЦЗ градова, утицало је на смањење емисија загађујућих материја услед смањења

кретања путничким аутомобилима, што је довело и до смањења загађења животне средине.

Дефинисање политике наплате загушења која би била подржана од стране јавности, још увек представља један од изазова са којим се суочавају стручњаци из ове области. Такође, поред смањења загађења животне средине коју доприноси примена ове мере, важно је пре имплементације спровести анализу потенцијалних трошкова и користи како би се постигла што већа економска корист како са аспекта корисника тако и са аспекта управљача пута.

## Литература

- [1] Yang, H., & Huang, H. J. (1998). Principle of marginal-cost pricing: How does it work in a general road network? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 32(1), 45–54.
- [2] Prud'homme, R., & Bocarejo, J. P. (2005). The London congestion charge: A tentative economic appraisal. *Transport Policy*, 12(3), 279–287.
- [3] Kopp, P., & Prud'homme, R. (2010). THE ECONOMICS OF URBAN TOLLS: LESSONS FROM THE STOCKHOLM CASE. *INTERNATIONAL JOURNAL OF TRANSPORT ECONOMICS*, 195–221.
- [4] AlRukaibi, F., AlRukaibi, D., AlBurait, A., & Al-Mutairi, A. (2021). The impact of congestion charging technique on traffic flow and atmospheric pollution in Kuwait City. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 9(1), 51–62.
- [5] Eliasson, J., Hultkrantz, L., Nerhagen, L., & Rosqvist, L. S. (2009). The Stockholm congestion - charging trial 2006: Overview of effects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(3), 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.09.007>
- [6] Coria, J., Bonilla, J., Grundström, M., & Pleijel, H. (2015). Air pollution dynamics and the need for temporally differentiated road pricing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 75, 178–195. <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2015.03.004>
- [7] Wang, Y., Peng, Z., Wang, K., Song, X., Yao, B., & Feng, T. (2015). Research on urban road congestion pricing strategy considering carbon dioxide emissions. *Sustainability (Switzerland)*, 7(8), 10534–10553. <https://doi.org/10.3390/su70810534>
- [8] Wu, K., Chen, Y., Ma, J., Bai, S., & Tang, X. (2017). Traffic and emissions impact of congestion charging in the central Beijing urban area: A simulation analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 51, 203–215.
- [9] Green, C. P., Heywood, J. S., & Navarro Paniagua, M. (2020). Did the London congestion charge reduce pollution? *Regional Science and Urban Economics*, 84.
- [10] O'mahony, M., Geraghty, D., & Humphreys, I. (2000). Distance and timebased road pricing trial in Dublin Environment Transport Interface View project Deduping View project.
- [11] Bhatt Kiran, Higgins Thomas, & Berg John T. (2008). Lessons Learned From International Experience in Congestion Pricing Final Report.
- [12] Schuitema, G., Steg, L., & Forward, S. (2010). Explaining differences in acceptability before and acceptance after the implementation of a congestion charge in Stockholm. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(2), 99–109.

[13] Liu, Z., Shiwakoti, N., & Bie, Y. (2018). Measuring the public acceptance of urban congestion-pricing: A survey in Melbourne (Australia). *Transport*, 33(4), 902–912.

## Summary

### CONGESTION PRICING IN CENTRAL CITY ZONES - ECONOMIC, ENVIRONMENTAL AND SOCIAL IMPACT

*Abstract: Traffic congestion is a problem faced by many cities, especially their central urban areas (CZ). It occurs as a consequence of increasing traffic requirements and constant growth of the degree of motorization. Traffic requirements management by implementing congestion pricing (CP) policy can significantly contribute to reducing not only traffic congestion, but also its negative impacts. The concept of CP is based on the idea that cars should be charged for the use of CZ, especially during peak periods, in order to reduce traffic congestion by reducing the number of cars in the toll zone. CP tariff policy can differ significantly depending on whether the payment is made on a daily basis or on the basis of the number of entries in the CZ, whether the payment is made on all days of the week or only on working days in certain time periods, and whether the price depends on the average occupancy of the vehicle. The experience of cities, where congestion collection has been carried out, indicates that public support is of great importance for the successful implementation of this measure. Some cities have successfully implemented CP, while others, due to insufficient public and political support, have failed. Also, the results of numerous studies show that the application of CP policy, in addition to reducing the number of cars in the CZ, also affects lower fuel consumption, which results in reduced emissions of pollutants. It has been shown that this type of mobility management also reduces travel time, which leads to increased user productivity, and thus economic growth. Having in mind the above mentioned, the aim of this paper is to analyze the economic, environmental and social impact of congestion collection in CZ, both from the perspective of users and from the perspective of managers and society as a whole. The comprehensive analysis of the impact of CP presented in the paper can be a useful basis for decision-making when defining strategies for solving the problem of traffic congestion in cities.*

*Keywords: traffic congestion, congestion collection, public acceptance, pollutant emissions, economic benefit*



**GRUPA D**

---

**PLANIRANJE SAOBRAĆAJA**

---



## GRUPA D

### PLANIRANJE SAOBRAĆAJA

#### **RODNE RAZLIKE U KARAKTERISTIKAMA TRANSPORTNIH ZAHTEVA U SRBIJI**

*Dragana Petrović, Svetlana Vukanović, Ivan Ivanović*

#### **IZAZOVI DNEVNE MOBILNOSTI U GRADOVIMA – RODNA PODJELA**

*Ana Vujičić, Valentina Mirović, Jelena Mitrović Simić, Sonja Razić*

#### **CONTRIBUTION TO THE INSTITUTIONALIZATION OF URBAN MOBILITY PROCESSES IN THE EXAMPLE OF NORTH MACEDONIAN MUNICIPALITIES**

*Jasmina Bunevska Talevska, Marija Malenkovska Todorova*

#### **METODE ZA OCENU ALTERNATIVA U STRATEŠKOM PLANIRANJU BICIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA**

*Sanja Branković, Ivan Ivanović*

#### **PRIMARNA SAOBRAĆAJNA INFRASTRUKTURA U FUNKCIJI ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI**

*Snežana Dimitrijević, Goran Zimonjić*

#### **УРБАНИСТИЧКА АНАЛИЗА ПЛАНСКЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ (У ИЗРАДИ И ВАЖЕЋЕ) У ОДНОСУ НА ДЕЛОВЕ ПЛАНИРАНЕ ТРАСЕ МЕТРО ЛИНИЈА У БЕОГРАДУ – ДРУГА ФАЗА ПРВЕ ЛИНИЈЕ И ДРУГА МЕТРО ЛИНИЈА**

*Предраг Крстић, Милица Милутиновић, Никола Стојановски, Даница Мунижаба, Игор Теофиловић, Марија Косовић, Смиљка Живанчев*

#### **STUDIJA UTICAJA NOVIH STAMBENIH OBJEKATA NA SAOBRAĆAJ**

*Bojan Orović, Vladimir Đorić*

#### **UVOĐENJE BRT – STUDIJA SLUČAJA ZA GRAD SKOPLJE**

*Olivera Petrovska, Jovan Hristoski, Daniel Pavleski, Andon Petrovski, Darko Spasenovski*

#### **АНАЛИЗЕ КАПАЦИТЕТА У ПОСТУПЦИМА ПЛАНИРАЊА ПУТЕВА**

*Милица Тубић, Јован Дробњак*

#### **CREATING A MACROSCOPIC MODEL WITH PTV VISION VISUM, EXAMPLE OF PELAGONIJA REGION**

*Marija Stojanoska, Vaska Atanasova*

#### **UTVRĐIVANJE FUNKCIJE ZAVISNOSTI VREMENA PUTOVANJA OD ODNOSA PROTOKA I KAPACITETA NA ULIČNOJ MREŽI NOVOG SADA**

*Nikola Pandžić, Vuk Bogdanović, Valentina Mirović, Nemanja Garunović*



## RODNE RAZLIKE U KARAKTERISTIKAMA TRANSPORTNIH ZAHTEVA U SRBIJI

*Dragana Petrović, Saobraćajni fakultet, Beograd, dragana.petrovic@sf.bg.ac.rs*

*Svetlana Vukanović, The World Bank, svukanovic@worldbank.org*

*Ivan Ivanović, Saobraćajni fakultet, Beograd, i.ivanovic@sf.bg.ac.rs*

*Rezime: Analiza rodni razlika u saobraćaju i transportu prisutna je u stručnoj literaturi prethodnih dvadeset godina. Studije sprovedene u mnogim zemljama Evrope i sveta ukazuju na rodne razlike u svim oblastima saobraćaja i transporta. Ipak, razlike između karakteristika transportnih zahteva muškaraca i žena još uvek nisu dovoljno istražene na našem podneblju. Svrha ovog rada jeste da ukaže na rodne razlike u najvažnijim karakteristikama transportnih zahteva na nivou cele teritorije Srbije kao i na nivou statističkih regiona. Tokom 2021. godine sprovedena su istraživanja u opštinama na teritoriji Republike Srbije u kojima je učestvovalo oko 1300 ispitanika, sa ciljem detaljnog prikupljanja rodno razvrstanih podataka o kretanjima. Anketa u domaćinstvu o osnovnim socio-ekonomskim karakteristikama članova domaćinstva i karakteristikama kretanja članova starijih od 6 godina sprovedena je metodom direktnog intervjua. Na nacionalnom nivou manji prosečni broj dnevnih kretanja je zabeležen kod žena nego kod muškaraca. U Srbiji, žene su ređe vozači a češće putnici u automobilu, češće su korisnici javnog prevoza i nemotorizovanih načina u odnosu na muškarce. Žene značajno manje poseduju vozačku dozvolu, provode manje vremena u saobraćaju i prelaze značajno manje distance u poređenju sa muškarcima. Većina zaključaka istraživanja je u skladu sa zaključcima studija iz literature, ali se izdvajaju i određene specifičnosti za područje Srbije.*

*Ključne reči: rodne razlike, karakteristike transportnih zahteva, saobraćajna istraživanja, anketa u domaćinstvu*

### 1. Uvod

Rodne razlike u karakteristikama transportnih zahteva su tema istraživanja u zemljama i gradovima širom sveta. U zemljama Evrope najveće razlike su uočene u zemljama u kojima je izraženija razlika u stepenu zaposlenosti muškaraca i žena. [1] Kod žena su češće zabeležena kraća putovanja u vanvršnim periodima, žene više pešače, više koriste autobus i metro, češće su putnici u automobilu, žene prelaze manje distance, imaju više kretanja u lancu i češće se kreću sa decom ili drugim članovima porodice nego što to čine muškarci. Sa druge strane, muškarci su značajno češće vozači putničkog automobila, motora i bicikla, dok skoro podjednako sa ženama koriste lokalne vozove, laku železnicu i taksu. [2] Žene imaju karakteristike transportnih zahteva koje više odgovaraju održivom razvoju gradova i održivoj mobilnosti što ide u prilog procesu dekarbonizacije u saobraćaju i transportu. [3]

U jednom od malobrojnih istraživanja koje je sprovedeno u Srbiji utvrđene su rodne razlike u saobraćaju i transportu. Istraživanja su pokazala da su muškarci češće vozači automobila, motorcikla i bicikla nego žene, da 71% punoletnih muškaraca poseduje vozačku dozvolu za automobile i motorcikle, dok tek 35% punoletnih žena poseduje istu dozvolu, da su žene češće putnici u automobilu nego što je to slučaj za muškarce, da žene

češće koriste javni prevoz uključujući i taksi, kao i da žene češće kombinuju različite vidove transporta u okviru jednog putovanja nego što to čine muškarci. [4]

Svrha istraživanja koje je sprovedeno tokom 2021. godine u okviru projekta “Gender Differences in Travel Behavior - Gender in Transport” je bila detaljno ispitivanje rodni razlika u karakteristikama kretanja na teritoriji 21 opštine u Srbiji. Rodne razlike su zatim ispitane između opština grupisanih na nekoliko načina: po statističkim regionima, po broju stanovnika, po karakteristikama terena, po prosečnom prihodu zaposlenih na nivou opštine, po indeksu društvenog razvoja<sup>7</sup>, a takođe i po gradskim i prigradskim adresama stanovanja. U ovom radu biće prikazane rodne razlike u najvažnijim karakteristikama transportnih zahteva na nivou Srbije kao i na nivou četiri statistička regiona.

## 2. Istraživanja

U svakom od četiri statistička regiona Srbije opštine su birane na osnovu dva kriterijuma: broja stanovnika i indeksa društvenog razvoja gradova i opština. Indeks društvenog razvoja je kompozitni indeks<sup>8</sup> koji omogućava poređenje postignutog nivoa društvenog razvoja među gradovima i opštinama Republike Srbije. U okviru svakog od statističkih regiona prikupljeni su podaci iz više opština različitih po navedenim karakteristikama. Pored socio-ekonomskih pokazatelja domaćinstva i članova domaćinstva, ključna pitanja za svakog pojedinca bila su o karakteristikama kretanja.

Tabela 1: Obuhvat istraživanja – Broj opština i veličina uzorka

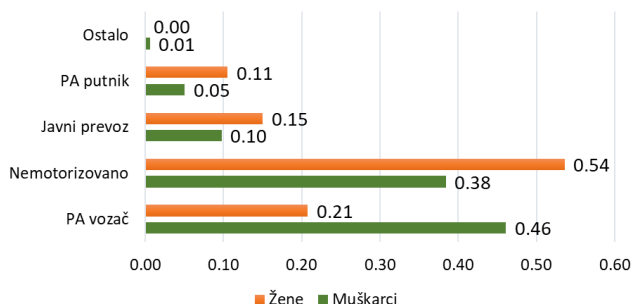
Statistički Region	Broj opština	Uzorak (broj ispitanika)
Vojvodina	5	350
Beograd	3	205
Šumadija i Zapadna Srbija	7	450
Južna i Istočna Srbija	6	273
Srbija (ukupno)	21	1.278

## 3. Rezultati istraživanja

U uzorku na nivou cele Srbije, muškarci su nešto dominantniji u mlađim kategorijama (7-25 i 25-44 godina), a žene u starijim (45-64 i 65+). Od ispitanih muškaraca 54% je zaposlenih, a od ispitanih žena 45%. Žene najviše koriste nemotorizovane načine kretanja, dok je kod muškaraca dominantan način „vozač putničkog automobila”. Žene više koriste javni prevoz od muškaraca i češće su putnici u putničkom automobilu. Rodne razlike u posedovanju vozačke dozvole imaju veliki uticaj na razlike u vidovnoj raspodeli kretanja. Čak 76% muškaraca poseduje vozačku dozvolu, dok je kod žena procenat onih koji poseduju vozačku dozvolu tek 47%.

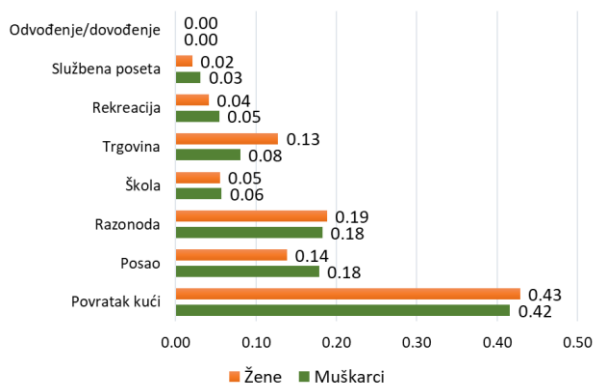
<sup>7</sup> <https://socijalnoukljucivanje.gov.rs/indeks/>

<sup>8</sup> Uključuje pre svega demografske, ekonomske, obrazovne, zdravstvene pokazatelje, kao i pokazatelje socijalne zaštite i neke druge pokazatelje kvaliteta života i društvenog učešća.



Grafik 1: Vidovna raspodela, Srbija

Vidovna raspodela, pored posedovanja vozačke dozvole, može biti posledica i ekonomskog statusa, kao i različitih raspodela po svrhama kretanja kod muškaraca i žena.



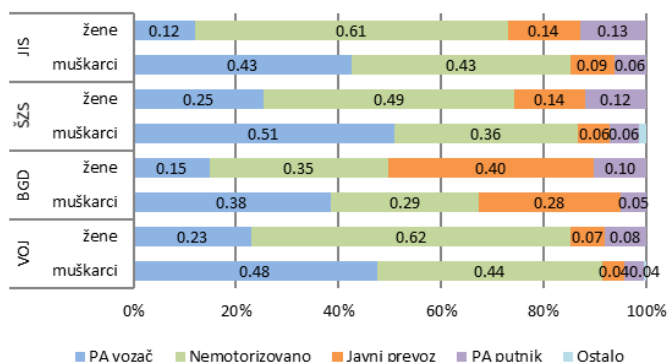
Grafik 2: Raspodela kretanja po svrhama, Srbija

Raspodela kretanja po svrhama je ipak slična kod muškaraca i žena, s tim što je svrha „posao“ nešto zastupljenija u raspodeli po svrhama kretanja kod muškaraca, dok je kod žena nešto zastupljenija svrha „trgovina“.

Prosečno vreme putovanja kod muškaraca je samo 8 minuta duže nego kod žena (68min:60min), ali muškarci prelaze značajno veća rastojanja. Prosečna dužina kretanja kod muškaraca je 28,18 km dok je kod žena 16,41km. Razlikama u prosečnoj dužini kretanja pored načina kretanja u određenoj meri doprinosi i razlika u raspodeli po svrhama kretanja.

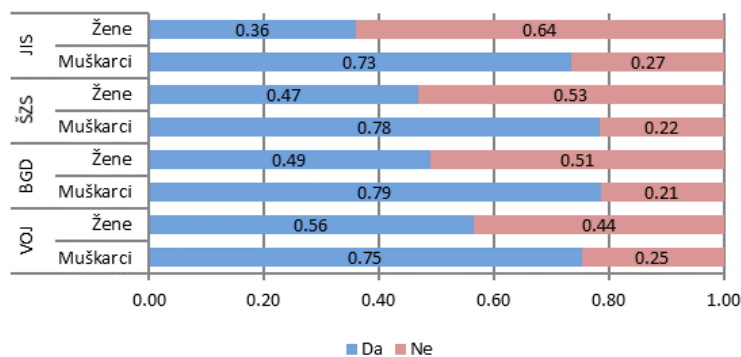
Vremenska raspodela ukazala je na činjenicu da, u odnosu na muškarce, žene manje kretanja realizuju rano ujutru i kasno uveče, što može biti u vezi sa vrstom posla i obaveza, kao i manje sigurnosti u saobraćaju koje žene osećaju tokom noćnih sati. I muškarci i žene više kretanja realizuju u jutarnjem vršnom periodu, u odnosu na popodnevni.

Prosečan dnevni broj kretanja na nivou celog uzorka je 3,25 pri čemu je kod muškaraca 3,33 dok je kod žena 3,18. U svim starosnim kategorijama, osim u 65+, kod muškaraca je zabeležen veći prosečan dnevni broj kretanja.



Grafik 3: Vidovna raspodela po statističkim regionima

Udeo nemotorizovanih kretanja kod žena u Vojvodini i Južnoj i Istočnoj Srbiji je oko 60%, dok je najniži u statističkom regionu Beograda (35%), što je direktna posledica razvijenosti javnog prevoza koji u Beogradu učestvuje sa 40% u kretanjima žena. Najmanje kretanja putničkim automobilom kod žena zabeleženo je u Beogradu i Južnoj i Istočnoj Srbiji. U svim statističkim regionima Srbije žene su češće putnici u putničkom automobilu, u javnom prevozu i češće su korisnici nemotorizovanih načina u odnosu na muškarce.

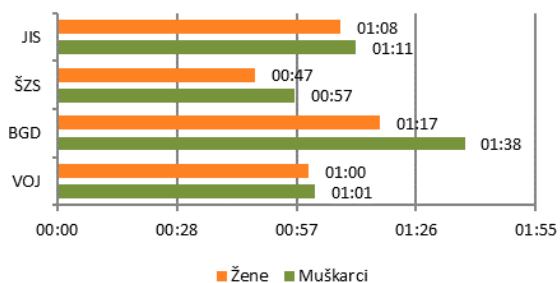


Grafik 4: Posedovanje vozačke dozvole po statističkim regionima

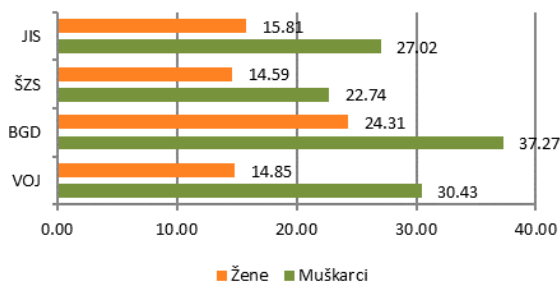
U svim statističkim regionima Srbije značajno je veći udeo muškaraca koji poseduju vozačku dozvolu u odnosu na žene. Interesantno je da je taj udeo kod muškaraca vrlo ujednačen (73%-79%), dok značajno više žena poseduje vozačku dozvolu u Vojvodini (56%) nego u Južnoj i Istočnoj Srbiji (36%).

Statistički region Beograda značajno se razlikuje od ostalih regiona po veličini, organizaciji javnog prevoza putnika, prostornoj raspodeli aktivnosti itd. pa je posledično najduže prosečno trajanje kretanja dobijeno upravo za ovaj region. Iako žene u svim statističkim regionima provode manje vremena u saobraćaju od muškaraca, u Beogradu je zabeležena najveća razlika dok je npr. u Vojvodini i Južnoj i Istočnoj Srbiji ta razlika gotovo beznačajna.





Grafik 5: Prosečno trajanje kretanja po statističkim regionima (hh:mm)



Grafik 6: Prosečna dužina kretanja po statističkim regionima (km)

Žene prelaze kraće distance od muškaraca u svim regionima, što je posledica razlika u vidovnoj raspodeli i raspodeli kretanja po svrhama. Žene uglavnom obavljaju dnevne aktivnosti na prostorno bliskim lokacijama u blizini adrese stanovanja. Najveća razlika u prosečnoj dužini kretanja između muškaraca i žena zabeležena je u Vojvodini, a najmanja u Šumadiji i Zapadnoj Srbiji

Najmanji prosečan broj dnevnih kretanja zabeležen je u regionu Južne i Istočne Srbije, a najveći u Vojvodini. Samo u Vojvodini je zabeležen veći prosečan broj dnevnih kretanja kod žena nego kod muškaraca. Najveća razlika u prosečnom dnevnom broju kretanja je zabeležena u Beogradu, a najmanja u Šumadiji i Zapadnoj Srbiji.

#### 4. Zaključak

Postoje značajne razlike u karakteristikama transportnih zahteva muškaraca i žena. Stepenn zaposlenosti i ekonomski status žena, kao i ekonomska razvijenost područja se izdvajaju kao važni uticajni faktori. U Vojvodini je skoro duplo više zabeleženih kretanja koja žene obavljaju kao vozači putničkog automobila nego u Južnoj i Istočnoj Srbiji. Upravo je u Vojvodini najmanja, a u Južnoj i Istočnoj Srbiji najveća razlika između udela zaposlenih muškaraca i žena. Takođe u Vojvodini najveći udeo žena poseduje vozačku dozvolu, a u Južnoj i Istočnoj Srbiji najmanji.

U svim regionima Srbije žene koriste nemotorizovane načine i javni prevoz više od muškaraca, manje vremena provode u saobraćaju i prelaze manje distance. Razvoj saobraćajnog sistema treba da podrži održive obrasce dnevne mobilnosti žena uz pružanje jednakih mogućnosti izbora za žene i muškarce. Veći udeo žena koje poseduju vozačku dozvolu doprineo bi ravnopravnosti žena na tržištu rada, omogućio bi ženama lakše obavljanje pojedinih dnevnih aktivnosti, a ne bi značajno narušio njihov doprinos održivoj mobilnosti.

U svim regionima Srbije muškarci imaju ujednačen pristup putničkom automobilu, pa su njihovi obrasci kretanja otporniji na uticajne faktore poput prihoda, razvijenosti

područja, karakteristika terena. Kretanja muškaraca manje zavise od razvijenosti ostalih transportnih podсистема, dok karakteristike kretanja žena u velikoj meri zavise od stepena razvijenosti javnog prevoza. Investicije u Srbiji bi trebalo usmeriti na omogućavanje jednakih mogućnosti i izbora u saobraćaju za žene bez obzira na opštinu ili region u kom žive.

## Zahvalnica

Ova istraživanja i rad podržani su od Svetske banke.

## Literatura

- [1] Civitas. (2016). Gender equality and mobility: mind the gap!
- [2] Ramboll. (2021). Gender and (Smart) Mobility Green Paper 2021
- [3] Kurshitashvili, Nato, Gonzalez Carvajal Karla, Saunders Kelly, and Ait Bihi Ouali Laila (2022). "Paths toward Green Mobility: Perspectives on Women and Rail Transport in Bosnia and Herzegovina, and Serbia". Washington, DC. World Bank
- [4] SeConS and Dornier. (2019.) Gender Equality in Transport in Serbia.

## Summary

### **GENDER DIFFERENCES IN TRAVEL BEHAVIOR AND MOBILITY PATTERNS IN SERBIA**

*Abstract: The analysis of gender differences in mobility patterns is present in the literature for the past twenty years. Studies conducted in many countries of Europe and worldwide indicate gender differences in travel behavior. Nevertheless, the gender differences in travel behavior and mobility patterns have not yet been sufficiently investigated in Serbia and Balkans. The purpose of this paper is to point out gender differences in travel behavior and mobility patterns in Serbia as well as among four statistical regions of Serbia. Research was conducted in municipalities on the territory of Serbia during 2021, covered around 1,300 respondents, with the aim of collecting detailed gender-disaggregated data on travel behavior and mobility patterns. The household survey on the basic socio-economic characteristics of the household members and the mobility patterns of the members over the age of 6 was conducted using the face-to-face interview. Women make a lower average number of daily trips than men in Serbia. Women are less often drivers and more often passengers in cars, more often users of public transport and non-motorized modes than men in Serbia. Women are significantly less likely to have a driver's license, women spend less time in transport and travel significantly less distance than men. Most of the conclusions of the research are in accordance with the conclusions of studies from the literature, but there are also certain specificities that stands out in Serbia.*

*Key words: gender differences, travel behavior, mobility patterns, travel survey, household survey*

## IZAZOVI DNEVNE MOBILNOSTI U GRADOVIMA – RODNA PODJELA

Ana Vujičić, Departman za saobraćaj, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, [ana.vujcic@uns.ac.rs](mailto:ana.vujcic@uns.ac.rs)

Valentina Mirović, Departman za saobraćaj, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, [plast@uns.ac.rs](mailto:plast@uns.ac.rs)

Jelena Mitrović Simić, Departman za saobraćaj, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, [mjelena@uns.ac.rs](mailto:mjelena@uns.ac.rs)

Sonja Razić, Departman za saobraćaj, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, [sonjarazic@gmail.com](mailto:sonjarazic@gmail.com)

*Rezime: U Gradu Novom Sadu se tradicionalno vrše sveobuhvatne Saobraćajne studije. Osnovne karakteristike dnevnih putovanja su lokacija (izvor i cilj koji se pripisuju saobraćajnim zonama), motiv (svrha), način (izabrani vid prevoza što uključuje pješaćenje, nemotorizovana i motorizovana prevozna sredstva) i vremensko trajanje (izraženo u minutima). Ukoliko se kao dio studije vrše Ankete u domaćinstvima, dobijeni podaci iz Dnevnika putovanja su višestruko iskoristivi, kako u planiranju saobraćaja, tako i sa socio - ekonomskog aspekta, te demografski. Predloženi zaključci u Saobraćajnim studijama, kao kratkoročni, srednjoročni i dugoročni ciljevi pridonose, ne samo boljoj saobraćajnoj ponudi grada, nego i uštedama vremena (provedenog u saobraćaju) i poboljšanju kvaliteta života građana. U radu je dat pregled novije literature iz istraživanja karakteristika putovanja u funkciji rodne podjele (tj. ženskog i muškog pola) u nekim gradovima, na osnovu sprovedenih Anketa u domaćinstvima uživo ili on-line. Diskusija je zasnovana na poređenju nekih od rezultata iz literature, sa rezultatima istraživanja autora rada, nastalih iz Dnevnika putovanja u novijim Saobraćajnim studijama Novog Sada u funkciji pola. Potenciranje pametnih, održivih i zelenih gradova danas je globalni trend, a nažalost, korišćenje motorizovanih vidova saobraćaja je na visokom nivou. U Srbiji i regionu je praksa da se primarna dnevna putovanja obavljaju, najčešće putničkim automobilom u svojstvu vozača/putnika. Grad Novi Sad je tek na početku implementacije nekih pametnih rješenja koja imaju za cilj redukovanje korišćenja putničkih automobila na mreži. Rezultati ovog rada pokazuju da žene svojim stilom života i svakodnevnim putovanjima više pridonose održivoj i zelenoj mobilnosti, jer racionalnije koriste saobraćajnu ponudu u Gradu Novom Sadu, nego muškarci.*

*Ključne riječi: planiranje saobraćaja, mobilnost, rodna podjela*

### 1. Uvod

Istraživanja iz oblasti planiranja saobraćaja se baziraju na obradi, analizi i modelovanju podataka prikupljenih na osnovu svakodnevnih putovanja stanovništva. Danas, najčešće potrebe za istraživanjima putovanja su u gradovima, uslijed širenja i izgradnje infrastrukture (doseljavanja stanovništva). Naravno, istraživanja se iz različitih motiva, mogu vršiti i u mikrolokacijama, npr. u pojedinim saobraćajnim zonama/distriktima. Godinama unazad, većina svjetskih istraživanja se sprovodi "on-line". Poslijednjih godina, u našim gradovima se izrađuju SMART planovi, tj. Saobraćajne studije iz planiranja saobraćaja sa predloženim mjerama za poboljšanje i implementaciju saobraćajnih rješenja na osnovu analiziranih

rezultat (prikupljenih na terenu raznim metodama saobraćajnih istraživanja. Međutim, prisutna je nedovoljna angažovanost domaćih i regionalnih istraživača da rezultate mobilnosti prezentuju po polu. Potreba istraživanja rodne mobilnosti, diktiraju globalni trendovi, te naročito bitne direktive Evropske unije. Evropski institut za rodnu ravnopravnost od 2010. godine aktivno mjeri indeks rodne ravnopravnosti u zemljama članicama. Indeks rodne ravnopravnosti je jedinstveni mjerni instrument koji se formira kombinovanjem rodni indikatora, prema konceptualnom okviru, u jednu zbirnu mjeru. Sastoji se od šest ključnih aspekata: rad, novac, znanje, vrijeme, moć i zdravlje. Prema ovom, u Srbiji je nivo rodne ravnopravnosti polovično ostvaren, ispod EU - prosjeka [1].

Autori ovog rada se odlučuju na rodni pristup obradi podataka, još na osnovu Saobraćajne studije [2], što su prezentovali u radu [3]. Zatim, kao što je stručna javnost upoznata, u Novom Sadu je 2017. izvršeno sveobuhvatno terensko istraživanje [4], a niz kratkoročnih, srednjoročnih i dugoročnih mjera za poboljšanje saobraćajnih uslova i implementaciju novih rješenja dat u [5]. U ovom radu predstavljen je dio novih rezultata mobilnosti u Novom Sadu (na osnovu ženskih i muških ispitanika).

## 2. Pregled literature

Najviše istraživanja mobilnosti u funkciji pola ispitanika je iz oblasti vidovne raspodjele putovanja u gradovima. Najnoviji rezultati iz *Evropskog atlasa mobilnosti za 2021. godinu* [9], pokazuju da su zaposlene žene mobilnije od muškaraca (uzorak su putovanja radnim danima). Preko polovine putovanja kod muškaraca je vezano za posao/mjesto stanovanja, naspram 30% kod žena. Sa druge strane, 30% putovanja žena je vezano za brigu o domaćinstvu i članovima (djeci), naspram samo 16% kod muškaraca, kao i da 20% putovanja žena odlazi na kupovinu, naspram 15% kod muškaraca. Na održavanje socijalnih kontakata, rasonodu, rekreaciju, žene će učestvovati sa 24% putovanja, u odnosu na 21% kod muškaraca.

Rezultati raspodjele motorizovanih putovanja iz 2015. godine, prikazani u [10] pokazuju odnos korišćenja svih vrsta javnog prevoza u odnosu na vožnju/suvožnju u putničkom automobilu, što je u Srbiji iznosilo 30% : 70% putovanja. Npr. u regionu, se uočava da je najveći udio korišćenja putničkih auotmobila u Crnoj Gori sa čak 95% putovanja u odnosu na 5% putovanja javnim prevozom. U Crnoj Gori je zaposlena samo trećina radno sposobnih žena, a 75% vozačkih dozvola su vlasništvo muškaraca. Za Novi Sad ne postoje aktuelni podaci, ali prema [2] iz 2010. godine, vozačku dozvolu posjeduje oko 40% ženske populacije i preko 75% muške populacije. Upoređivanja radi, u drugačijoj socio-demografskoj sredini, u Nju Delhiju (Indija) vozačku dozvolu posjeduje samo oko 10% ženskog stanovništva [11]. U Ilesi (Nigerija), prema Anketi iz [12] prosječna sedmična mobilnost je 8 putovanja/sedmično/žena naspram 6 putovanja/sedmično/muškarac.

U Tabeli 1 je dat procenat posjedovanja vozačke dozvole prema polovima (podaci iz 2020. godine), u nekim evropskim metropolama.



Ispitanik u *Dnevniku putovanja*, hronološki unosi osnovne karakteristike svojih dnevnih putovanja, tako što prema šifri unosi vid prevoza, svrhu putovanja, kada putovanje (sat i minut) počinje/završava i koje su adrese izvora/cilja (šifrant dodjeljuje broj saobraćajne zone). Bilo je maksimalno moguće dati karakteristike o 10 putovanja za putni dan, po ispitaniku. Prije popunjavanja samih dnevnika, svaki ispitanik je napisao opšte podatke o sebi (starost, zanimanje, zaspolenost itd.). U svakom domaćinstvu, anketar je prvo zabilježio stanje od uticaja na kompletnu obradu podataka, kao što su broj vozila/bicikala u domaćinstvu, mogućnost parkinga...

#### 4. Rezultati rodne mobilnosti u novom sadu sa diskusijom

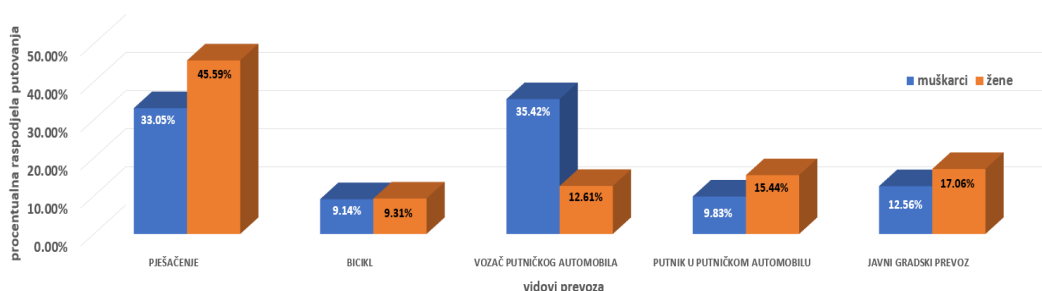
Stanovništvo Novog Sada ostvaruje prosječnu dnevnu mobilnost u iznosu od 3 putovanja/stanovniku/dan, prema [4]. Ovaj rezultat se smatra visokim u odnosu na ostale gradove u Srbiji i uviđa se porast u odnosu na 2,6 putovanja/stanovnik/dan iz [2]. Autori su prikazali vidovnu raspodjelu putovanja, u funkciji pola, na Grafikonu 1. U odnosu na evropske gradove, može se reći da je mobilnost u funkciji pola daleko od ravnopravne u Gradu Novom Sadu, Napominje se da su u našoj analizi, odgovori iz Dnevnika putovanja pod vidom prevoza "taksi" pridruženi putovanjima u svojstvu putnika u automobilu, a odgovori "autobus radne organizacije" putovanjima javnim gradskim prevozom. Putovanja vršena skuterom su pridružena vidu bicikl, a motociklom vidu vozač putničkog automobila (zbog izuzetno niskog korišćenja ovih vidova prevoza, u skladu sa saobraćajnom ponudom u gradu).

Na Grafikonu 2 je predstavljena prosječna dnevna mobilnost prema korišćenim vidovima prevoza, na osnovu Dnevnika putovanja, u funkciji oba pola. Mobilnost za svaki vid prevoza, nastaje dijeljenjem ukupnog broja putovanja tim vidom prevoza sa brojem ispitanika (posebno za svaki pol). Na dnevnom nivou, najveće razlike se javljaju u putovanjima putničkim automobilom u svojstvu vozača. Žene će prosječno ostvariti samo 0,43 putovanja/vozač putničkog automobila/dan od svojih dnevnih putovanja u odnosu na visokih 1,15 putovanja/vozač putničkog automobila/dan od strane muškaraca. Za sve ostale vidove prevoza, prosječna dnevna mobilnost je viša od strane ženskih vršioaca putovanja. Tako da su žene češće putnici u putničkom automobilu, gdje ostvaruju 0,42 putovanja/putnik u putničkom automobilu/dan u odnosu na 0,27 putovanja/putnik u putničkom automobilu kod muškaraca. Žene su ostvarile mobilnost od 0,58 putovanja/u javnom gradskom prevozu/dan u odnosu na 0,41 putovanja/u javnom gradskom prevozu/dan muškaraca. Takođe, u slučaju pješaćenja dolazi do očigledne razlike među polovima, tako da će prema ovom istraživanju žene prosječno obaviti 1,54 putovanje/pješaćenjem/dan u odnosu na 1,09 putovanja/pješaćenjem/dan kod muškaraca. U slučaju korišćenja bicikla, ostvaruje se prosječno 0,31 putovanje/biciklom/dan od strane žena u odnosu na 0,28 putovanja/biciklom/dan od strane muškaraca. Bicikl je jedini vid prevoza u kom nema značajnih odstupanja rodne mobilnosti. Ipak se napominje, da je u Novom Sadu došlo do duplog porasta učešća biciklističkih putovanja u vidovnoj raspodjeli između dvije studije (2010 – 2018. godine).

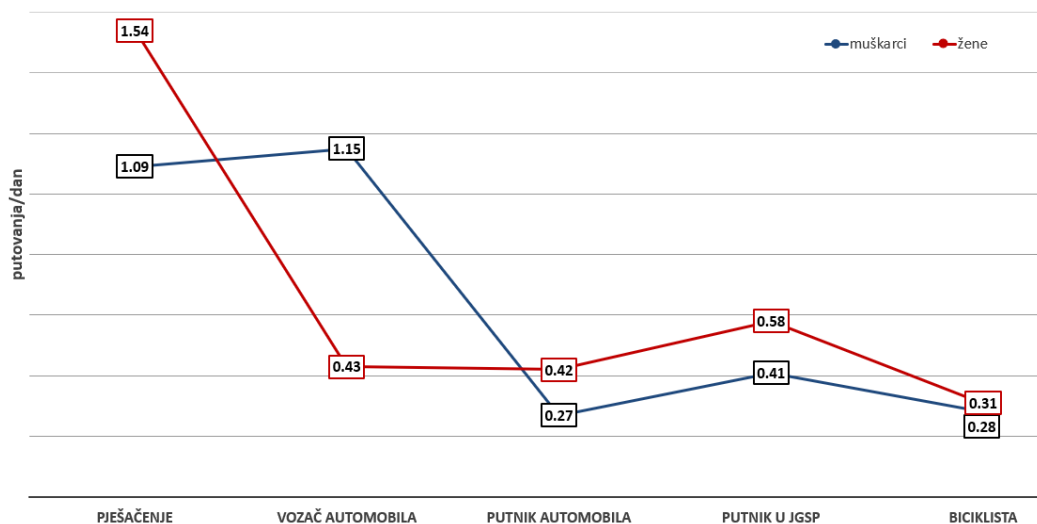
Na osnovu Grafikona 1, lako se zaključuje da su muškarci primarni korisnici mreže drumskih saobraćajnica u gradu, jer se isključivo kreću kao vozači putničkog automobila. Dok se žene kreću alternativnim vidovima prevoza i koriste saobraćajnu ponudu mnogo racionalnije (pješačke staze, biciklističke staze, autobuse javnog gradskog prevoza i

dijeljenje prevoza u putničkom automobilu). Iako je dnevna mobilnost ista kod oba pola, vidi se da održivu mobilnost u gradu ograničavaju više muškarci nego žene.

Takođe, autori su pokušali da nađu vezu između trajanja putovanja, kod oba pola u odnosu na korišćene vidove prevoza. Prema [5] prosječno trajanje putovanja u Novom Sadu iznosi oko 17 minuta, ali detaljnijom analizom u ovom radu, autori uočavaju da je prosječno trajanje putovanja kod ženskih ispitanika nešto niže, a kod muških nešto više od prosječnih 17 minuta. Razmatrajući putovanja prema korišćenom vidu prevoza, najveća razlika se javlja pri korišćenju motornih vidova prevoza. Tako da muškarci duže putuju nego žene, ukoliko koriste putnički automobil ili autobus javnog gradskog prevoza. Žene ostvaruju duža putovanja u slučaju korišćenja bicikla i pješaćenja, nego muškarci.



Grafikon 1: Vidovna raspodjela putovanja u funkciji pola u Novom Sadu



Grafikon 2: Prosječna dnevna mobilnost u funkciji pola za vidove prevoza u Novom Sadu

Na kraju, autori su razmatrali procenat zaposlenosti ispitanika u funkciji vida prevoza. U ovoj analizi, zaposlenim se smatraju i ispitanici koji se školuju/studiraju, a nezaposlenim i penzioneri. Nezaposlene žene više putuju biciklom, kao putnik u automobilu i pješaćenjem, nego nezaposleni muškarci. Npr. u udjelu putovanja pješaćenjem i biciklom, oko 60% putovanja je od strane nezaposlenih žena. U zbiru putovanja putničkim automobilom u svojstvu vozača, 25% putovanja je od strane nezaposlenih žena. Zaposlene žene koriste javni gradski prevoz gotovo jednako sa zaposlenim muškarcima i ova grupa stanovništva su

većinski korisnici, a zatim slijede penzioneri. Zaposleni muškarci mnogo više putuju putničkim automobilom u svojstvu vozača (oko 80% svojih putovanja), nego zaposlene žene (oko 70%). Generalno, u Novom Sadu, nezaposleni ispitanici oba pola najmanje koriste javni gradski prevoz za svakodnevna putovanja, a najviše pješaćenje. U ovom radu, nisu posebno razmatrane svrhe putovanja, ali svakako da trajanje i zaposlenost u kombinaciji korišćenja alternativnih vidova prevoza, ostavljaju prostor da se zaključi različitost u odnosu na [9]. U ovom radu, vidi se da je korišćenje javnog prevoza u Novom Sadu nisko, u odnosu na korišćenje automobila i pješaćenje. Ipak, rezultati iz [10], pokazuju da stanovništvo u Srbiji najviše koristi (po glavi stanovnika) autobuse za međugradska putovanja, nego i jedno stanovništvo bivših članica SFRJ (napominje se, nema podataka za BiH).

## 5. Zaključak i preporuke

Varijacije istraživanja predstavljenog u ovom radu su višestruke. Smatra se da je ovo samo polazna osnova, uslov za model. Potvrđeno je da postoji različitost u karakteristikama putovanja polova u Gradu Novom Sadu. Mnoga istraživanja i doktorske disertacije, pronađene u literaturi, ne samo iz planiranja saobraćaja, nego i društvenih nauka se bave statističkim testiranjem uticaja raznih parametara (npr. starost, posjedovanje vozačke dozvole, dohodak) na rodnu mobilnost. Rodne razlike su širok pojam, koji zadire u sve sfere društva i rada.

Na prvi pogled čini se da rezultati o ostvarenim putovanjima u funkciji pola nisu alarmantni, nego skoro pa jednaki. Dalja, detaljnija analiza, ukazuje da i te kako postoji veza između ostvarene mobilnosti prema polu i korišćenja saobraćajne ponude u Gradu Novom Sadu. Najveće razlike su ustanovljene prilikom korišćenja alternativnih vidova prevoza. Kod nas, činjenica je da su žene manje zaposlene, a primjetno je da obavljaju kompletnu brigu o domaćinstvu i potrebama članova, uglavnom djece (npr. odvoženje u vrtić, školu, kod ljekara, na aktivnosti itd.). Time žene generišu dodatna putovanja na dnevnom nivou, bez obzira na svoju (ne)zaposlenost i posjed vozačke dozvole, u odnosu na muškarce. Takođe, procentualno su žene zastupljenije kao kupci u marketima, tržnim centrima, pijacama. Potrebno je i dalje jačati svijest o boljoj rodnoj jednakosti, ne samo u pogledu obrazovanja i zaposlenja, nego i učestvovanja u saobraćaju što implicira korišćenje osnovnih vidova saobraćaja (naročito posjed vozačke dozvole za žene i pješaćenje za muškarce). Rezultati u ovom radu su pokazali da uticaj pola na mobilnost u gradovima, danas nije samo pomodarstvo za globalnim trendovima, nego moćan alat u planiranju saobraćaja. Doprinos ovakvih istraživanja je okrenut rastu broja korisnika i poboljšanju kvaliteta alternativnih vidova saobraćaj, naročito promociji održive i zelene mobilnosti u Novom Sadu.

## Zahvalnica

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja projekta "Razvoj inovativnih rešenja u funkciji unapređenja saobraćaja i transporta", osnovanog od strane Departmana za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu.

Ovaj rad je podržan od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost kroz projekat "Razvoj prostorno zasnovanog inteligentnog Sistema upravljanja bezbednošću saobraćaja", broj 142-451-2690/2021-01/02

## Literatura

- [1] Evropski institut za rodnu ravnopravnost <https://eige.europa.eu/> (jul 2022.)



- [2] Saobraćajna studija sa dinamikom uređenja saobraćaja, JP Urbanizam - Novi Sad, 2009.
- [3] Basarić V.,Vujičić A.,Mitrović Simić J.,Bogdanović V., Saulić N.: Gender and age differences in the travel behavior – A Novi Sad case study, Transportation Research Procedia, No. 14, 2016.
- [4] SMART PLAN ( I FAZA ), Fakultet tehničkih nauka & ADOMNE d.o.o., Novi Sad, 2018.
- [5] SMART PLAN ( II FAZA ), Fakultet tehničkih nauka & ADOMNE d.o.o., Novi Sad, 2019.
- [6] Zvanična stranica Grada Novog Sada, <http://www.novisad.rs/> (jul 2022.)
- [7] Republički zavod za statistiku, Srbija <https://www.stat.gov.rs/> (jul 2022.)
- [8] Nacionalna služba za zapošljavanje, Srbija <https://www.nsz.gov.rs/> (jul2022.)
- [9] European union. European Mobility Atlas, Brussels, 2021.
- [10]European union, Statistical Office. Passenger transport, Brussels, 2015.
- [11] Ramboll group. Gender and smart mobility, Copenhagen, 2021.
- [12]Musilimu A.A. Gender behaviour and women mobility constraints in Ilesa, Nigeria, IJTE, Vol 3., 2013

## Summary

### GENDER MOBILITY IN CITIES – DAILY TRIP RATES

*Abstract: In the City of Novi Sad, transport planning is based traditionally. Characteristics of daily trips are location (origin and destination attributed to traffic zones), motive (purpose), mode (chosen mode of transport including walking, non-motorized and motorized means of transport) and duration (expressed in minutes). If household surveys are carried out as part of the study, the data obtained from the Travel Diary can be used multiple (as socio-economic and demographic perspective). The proposed conclusions, as short-term, medium-term and long-term goals, contribute to a better traffic offer of the city, saving time and improving the quality of life of citizens. This paper is provided an overview of recent literature from the research of travel characteristics as a function of gender (male and female) in some cities, based on surveys. The discussion is based on a comparison of some of the results from the literature, with the results of the research of the authors of the paper. Empowerment of smart, sustainable and green cities is been a global trend today. Unfortunately, the use of motorized modes of transport is been at a high level. In Serbia and the region, it is a practice for primary daily trips to be made, most often by passenger car in the capacity of driver/passenger. The City of Novi Sad is been at the beginning of the implementation of some smart solutions aimed at reducing the use of passenger cars on the network. The results of this work is showed that women contribute more to sustainable and green mobility with their lifestyle. Women are used the traffic offer in the City of Novi Sad more rationally than men.*

*Key words: traffic planning, mobility, gender*

## CONTRIBUTION TO THE INSTITUTIONALIZATION OF URBAN MOBILITY PROCESSES IN THE EXAMPLE OF NORTH MACEDONIAN MUNICIPALITIES

*Jasmina Bunevska Talevska, University St.Kliment Ohridski-Bitola, Faculty of technical sciences Bitola, Bitola, jasmina.bunevska@tfb.uklo.edu.mk*

*Marija Malenkovska Todorova, University St.Kliment Ohridski-Bitola, Faculty of technical sciences Bitola, Bitola, marija.malenkovska@uklo.edu.mk*

*Summary: In the past three years, North Macedonia as well as several Southeast Europe (SEE) countries are strengthening the capacities of local self-governments for the implementation of sustainable urban mobility measures. The main activities address three levels. Knowledge transfer of good practices and experiences of EU countries in the implementation of SUMP takes place via the existing regional network CIVINET Croatia-Slovenia-SEE. At the national level, strengthening the capacities of associations of municipalities in order to be able to better advise municipalities on the development and implementation of SUMP. At the local level, supporting selected Municipalities in building organizational and technical capacities, which are a prerequisite for the successful implementation of SUMPs. This paper is based on the previous analysis and the general results from the process of validation of local capacities, technical and political conditions, and resources to manage the process, status, and existing condition of Macedonian municipalities in terms of sustainable urban mobility planning – SUMP implementation. Here general proposals in terms of walking, cycling, and traffic calming measures as contributions to urban mobility institutionalization are presented.*

Keywords: SUMP, Municipality, Assessment, Measures, Active mobility

### 1. Introduction

Energy transition in Europe is an inevitable process, which includes North Macedonia. In line with such commitments at the state level, local self-government units - LSGs have a significant role to play in the transition process. Some of the municipalities have done a lot in the past 3 years, and the efforts are in the future to improve the capacities for easier energy transition. For that purpose, from the area of urban mobility, the following further solutions are in the interest of the traffic and transition process. The originality of the results shown in this paper is one more product based on the project “Support to the local self-government units of the Republic of North Macedonia in promotion of sustainable urban mobility” [1].

Namely, considering the assessment of pilot municipalities, this paper presents the main recommendations related to walking, bicycle traffic, and traffic safety. Before the start of the evaluation process, there were many procedures as part of the international project “Sustainable Urban Mobility in South-East European Countries II – SUMSEEC II - Open Regional Fund for South-East Europe – Energy Efficiency” [2], which referred to the process of training, evaluation and selection of experts.

At the top of the European agenda Sustainable Urban Mobility Plan - SUMP is placed as the highest local strategy document for planning the development of mobility of

citizens which as a strategic document is essential in detecting the current state of traffic and urbanism and adopting suitable short-term and long-term (specific and strategic) measures to resolve and identify problems. In other words, SUMP is a tool that will promote the capacity of the LSGs in the direction of providing conditions for decent lives for citizens: health, safety, accessibility, good public transport and sustainable types of transport, and overall resilience.

The preparation, adoption, implementation, and monitoring of SUMP have a lot of benefits, for the government, and for public institutions, the economy, the non-government sector, and of course most of all for citizens.

## **2. Sustainable urban mobility planning in north macedonia - state-of-the-art**

On a national level, existing legal regulations do not regulate the development of SUMPs. Recently, the “White paper” for the development and planning of sustainable urban mobility was presented in the Assembly of the Republic of North Macedonia [3]. Before the start of the evaluation process, many procedures were connected to the process of training, evaluation, and selection of experts. Namely, five pilot municipalities were examined Municipality of Karposh, Municipality Kumanovo, Municipality of Bitola, Municipality of Ohrid, and Municipality of Kavadarci. To address the current challenges related to sustainable urban mobility, priority measures i.e. quick wins measures that are low-cost, justified, and easily implementable were identified together with the stakeholder`s group during the exercises at the workshops which was held in the municipalities. Selected measures are related to strategic policy, capacity-building activities, traffic safety, and collective transport, Infrastructure for active modes of transport (walking and cycling), promotion of sustainable modes of transport and awareness campaigns, traffic management, and parking management. These measures are stated in Table 1, based on the previous analysis for „Developing sustainable urban mobility policy: an example from four municipalities in North Macedonia, [4].

Indirectly, the Law on Local Self-Government predicts that the jurisdiction of the LSGs will allow it to adopt programs and implement projects for local economic development, which is confirmation that the local government has the jurisdiction to adopt a traffic development program, i.e. mobility, or a sustainable urban mobility planning process. This, more harmonized with European legislation and regulation on sustainable urban mobility, gives clear directions on the future course of our country, municipalities, and citizens, as well as many responsibilities on a national and local level.

Table 1: Priority measures in the case of Macedonian municipalities

No	Priority measure	Description of the measure
1	Temporary pedestrian streets in the city center	Temporary closing of street/s in the city center with access restriction of motor vehicles.
2	Intelligent pedestrian crossings	Using an illumination system that is intended to alert vehicles about the presence of pedestrians in the street. The illumination system is used to highlight the crossing and its surroundings, warning vehicles about the presence of pedestrians and therefore enhancing their safety.
3	Increase accessibility for elderly or disabled people	Ensuring accessibility for elderly or disabled people in form of smooth and submerged sidewalk edges at pedestrian crossings and using active surfaces.
4	Comprehensive cycle network	Development of a plan for a comprehensive cycle network in the city that will include a network of cycle routes incorporating segregated cycle facilities (marked lanes, tracks, shoulders, and paths), provision of cycle parking, bicycle pump, and service stations.
5	Public pool bikes	Available bicycles in the city or at the workplace allow people to have ready access to these shared bikes rather than rely on their own bikes.
6	Low emission zone in the city center	Low Emission Zones (LEZs) are areas where there is restricted access to high-emission vehicles.
7	Promotion of walking, cycling, and public transport as alternatives to car usage	Use of the media to improve public understanding of the problems caused by traffic growth and the impact of travel behavior, as well as to convey what can be done to solve these problems, including changing one's own travel behavior
8	Safe routes to schools	Review the school roads to find strengths and weaknesses and prioritize measures.
9	Traffic calming measures	Using physical measures to reduce vehicle speed and acceleration such as: raised intersections (use of intersections as shared spaces), chicanes, and mini-roundabouts.
10	Lorry routes and bans	Lorry routes are used to achieve routing by specifying the routes which lorries can take.
11	Regulation of delivery of goods in the city centre	Regulation of delivery of goods in the city centre by implementing time access restrictions, environmental restrictions, vehicle size/load access restrictions etc.
12	On-street parking charges in the city centre	Parking charges are fees paid by motorists for the use of parking spaces, either in dedicated car parks or in identified on-street parking bays.
13	Education of school children on traffic safety	Implement traffic safety education.
14	Design of safe roads for cyclists and pedestrians	Ensure roads with sufficient width and proper winter road maintenance. Prioritization of walking and cycling in road planning and design.
15	Space protection for walking and cycling	Physical protection of walking and cycling areas by urban equipment.

Source: [4]

Based on the review of the programs of the mayors of the municipalities for the period from 2017 until 2021 as in [5], it can be noted that as political challenges regarding mobility, most of the measures are related to improving conditions for a car traveling and encouraging car usage for daily trips. Furthermore, increasing the human resources capacity focused on the planning for movement of people and liveability (e.g. including urban planners, and transport experts) is a key to supporting a transition toward sustainable urban mobility. These people should reflect a diverse range of disciplines and should have an appropriate level of technical expertise, bearing in mind that integrated planning between transport and land-use planning is crucial to avoiding unsustainable car-oriented development leading to high traffic congestion. Once alternatives to car use are in place, the municipality can discourage car use and encourage a shift to more active and sustainable modes by making car travel more expensive, slower, and less convenient than the alternatives (e.g. by taxing private vehicles or their use, by increasing parking fees, by decreasing the space allocated to car use), [6], [7], [8].

According to relevant project analysis, at a city or town level is important to organize clear institutional roles and responsibilities and coordination between all relevant stakeholders, from municipal institutions, road user representatives, police, and non-governmental organizations.

### **3. Sustainable urban transport – the role of walking and cycling**

Walking and cycling as modes of active mobility have immense untapped potential and when fostered through safe infrastructure, bring numerous economic, environmental, health, and social benefits to the community. In Macedonian municipalities, over 50% of trips are typically under 5 kilometers, distances that are easy for walking or cycling. Furthermore, high rates of active mobility lead to greater connectivity, reduced traffic congestion, and more reliable travel times. Improving walking and cycling infrastructure can help to lessen congestion and the monetary loss associated with it [9].

During the corona crisis, the number of citizens who use bicycles both as transportation and as recreation grew even more and the bicycle is gaining more popularity as a means of transportation in North Macedonia.

There are generally known individual benefits of using a bicycle for recreation or transportation: moderate physical activity that positively affects the mental, cardiovascular, and general health of the individual. However, there are also social benefits that have been neglected and are worth highlighting. More people using the bicycle as a means of transport would mean:

- Improved public health and well-being of the population, reduced stress, longer life expectancy and fewer absences from work, higher productivity among employees, and improved learning and satisfaction among children;
- Increasing traffic safety, as well as solving the most pressing problems in local environments related to traffic congestion and the lack of parking spaces;
- Reduction of pollution (of air and in the form of noise) that comes from the excessive use of motor vehicles in populated areas;
- Economic benefits through savings in public health, environment, transport, and local government budgets;

- Reduced effect on climate change and achieving the goals of the signed conventions for reduced CO<sub>2</sub> emissions;
- Revival of city life by opening public spaces for citizens and creating pleasant public spaces where people come first, not cars;
- Positive effects for local businesses (the most successful are those that have beautiful pedestrian spaces in front of them) and the development of tourism by increasing the supply of ways of travel and active experiences (the bicycle is the perfect tool for experiencing new places).

During this period, impressive progress with the amendments to several laws in North Macedonia, and the new Rulebook on standards and norms for urban planning was observed. Despite this progress, as well as according to a detailed analysis of the capacities, resources, opportunities, and challenges, for most of the municipalities, still, the rulebook is auto-centric. Norms are too high due to the type of street network and thus, some of the larger municipalities that have real traffic problems need further simplification of procedures and required project documentation as well as simplification of procedures by the Ministry of Interior and the Ministry of Transport and Communications.

It is a potential that should be paid attention to and given even greater impetus. Municipalities independently, within the framework of the Law, organize and carry out works of public interest of local importance. They are responsible for urban planning, spatial planning, environmental protection, noise protection, local economic development, communal activities such as construction, street reconstruction, and traffic regulation, dealing with the problem of illegal parking, promoting health and preventive activities, and more according to the Article 22 of the Law on Local Self-Government. On the contrary, although traffic safety, environmental protection, and noise reduction, are preventive activities to promote health and are public interest, municipalities instead of freeing up sidewalks, encouraging walking, cycling, and calming traffic, mostly take care of the private interest, more precisely for the storage of motor vehicles.

In order to make walking and cycling safe and comfortable, the municipalities independently, and in cooperation need to start working on the following basic topics.

### **3.1. Free sidewalks**

According to the competencies, and in accordance with the Law on Local Self-Government, Municipalities need to start working on the action of freeing the sidewalks from usurpation by vehicles, dislocating poorly placed urban equipment and making the sidewalks and the entire public space good quality, easily accessible and accessible to everyone. Proposed measures are:

- ✓ The municipalities should develop and adopt parking policies that will organize and mark public parking in a non-pedestrian area and set a price if necessary in accordance with demand by adopting such policies, and provide funds for the development of active transport: walking and cycling.
- ✓ The municipalities should develop and adopt policies and rules for the installation of urban equipment that will guarantee a passable pedestrian corridor for the passage of two people, one of whom with special needs. Furthermore, every piece of urban

equipment (from lamps to open terraces) is to be placed in accordance with pedestrian movements. Large containers should preferably be placed on the roadway in line with parked vehicles.

- ✓ The municipality should install physical protection against parking on public pedestrian, bicycle, and green areas in the form of posts, planters, etc., and hire communal wardens.
- ✓ Make sidewalks accessible for wheelchairs, bicycles, and scooters by building continuous sidewalks (vehicles should be the ones who get on and off when crossing streets, not pedestrians) or by lowering the curbs according to the accessibility rules defined in articles 188-194 of the Urban Planning Rulebook, Official Gazette of NM 225/2020.
- ✓ To work on the quantitative and qualitative improvement of pedestrian spaces. To widen the sidewalks wherever they are narrow and there is a possibility of expansion, to reconstruct and arrange the sidewalks, not only the roadways. The introduction of pedestrian zones. Use quality materials that are comfortable for walking and do not increase temperatures (do not use asphalt for footpaths), introduce tree rows wherever they do not interfere with pedestrian movement, and increase the presence of public water fountains and places for public non-commercial sitting and socializing. The free and accessible pedestrian space is a basic measure that should show that a municipality is a place where people, not cars, are residents with rights. Not every citizen is a driver, but every citizen is a pedestrian, even car and bicycle drivers and public transport users in the first and last part of every journey are pedestrians.

In addition to this proposal are:

- The Constitution of North Macedonia, where free movement of all citizens is guaranteed;
- The Law of Road Traffic Safety which guarantees the safe movement for all and protects vulnerable road users;
- The urban planning regulations that guarantee the accessibility of public spaces and the minimum width of the pedestrian corridor;
- Health statistics show a high rate of people with disabilities because of crashes.

### **3.2. Bicycle network**

Local Self Governments need to allocate a budget for a Bicycle Network Plan that will explore the possibilities of implementing bicycle paths and lanes, as well as bicycle streets that are streets with mixed traffic, but with priority for bicycles. It is acceptable, to have a bicycle solution on some of the streets, at max 125 meters from everyone's home, according to the recommendations of the guides of the European Union, i.e. to form a grid with fields of 250 x 250 meters, so that people can rely on it and use it. According to this, bicycle paths from boulevards are not enough to create a reliable and accessible network. Proposed measures are:

- ✓ The municipality should make a study/plan for the implementation of a bicycle network on the municipal street network.

- ✓ In any Detailed Urban Plan where possible, extend street curb lines to blocks to allow for the creation of wider sidewalks and streets with bike lanes/paths.
- ✓ Where the former is not possible, to provide cycle paths or lanes through a different traffic solution: for example through narrowing of road lanes, through one-way traffic, and cycle lanes in the opposite direction of the traffic itself.
- ✓ Where even the former is not possible, to enable safe bicycle movement by introducing bicycle streets, i.e. streets where bicycles can move in the middle of the traffic lane and have priority over cars, sharing the same space.
- ✓ Bicycle solutions (paths, lanes, or streets) available also on secondary street network, not only on primary city streets, close to everyone's home, will create a sufficiently dense, cohesive, and accessible network which is the key factor according to all researches for citizens to use the bicycle as a means of transport. If they have to travel for a long time through chaotic streets that do not have a bicycle solution to reach a boulevard that does, the probability that they will use a bicycle is too low, no matter how many nice campaigns are made or subsidies are awarded.

In addition to this proposal are:

- Guides from the European Union, where recommendations for the development of a bicycle network are given;
- Guides from other countries: Netherlands, Germany, Slovenia.

Furthermore, LSGs according to their competencies in the field of urban planning can make bicycle parking possible, practical, and safe. According to citizens' opinion, one of the main obstacles why citizens do not use a bicycle is the impracticality of using it, they have to carry it in elevators, lift it upstairs, and leave it in corridors of buildings, in apartments, or on terraces. It creates obstacles, unsanitary, and discomfort, and furthermore, only the most agile can do all that lifting on a daily basis and this prevents the use of bicycles as a means of transport from spreading among all demographic groups.

### **3.3. Traffic calming**

According to the analysis, except for the boulevards with multiple traffic lanes and separated pedestrian and bicycle paths, the complete territory should be declared by the Municipal Council as ZONE 30. The municipalities can show leadership in this regard and follow the examples of the most progressive cities: Helsinki, cities in the Netherlands, Brussels, Grenoble, Nantes, and Paris where 30 km/h is the norm and 50 km/h is the exception, for the main streets.

- ✓ To make a decision of the Municipal Council to limit the speed to 30 km/h for most of the network (mostly residential streets) which has a separate pedestrian infrastructure (sidewalks), but there is no space for separate bicycle paths and lanes, so citizens who use bicycles are forced to share the roadway with motor vehicles;
- ✓ This proclamation must be accompanied by an appropriate street design that will encourage safer driver behavior and save human lives (elevated pedestrian



crossings, raised intersections, micro-roundabouts, chicanes, narrowed vehicle lanes, on-road parking markings, etc., as on Photo 1)

Reducing the speed limit will reduce the reaction time, and the braking distance will increase the chance of survival for all vulnerable road users in the event of a collision, and will significantly reduce the probability of a collision.



Photo 1: Several of the proposed street design physical measures brought municipalities

In addition to this proposal, there are several decisions at the world and European levels:

- World Health Organization, in order to reduce traffic casualties, adopted the Stockholm Declaration, which recommends "a maximum speed limit of 30 km/h whenever vulnerable participants and motor vehicles mix";
- General Assembly of the United Nations that adopted the Stockholm Declaration;
- European Commission, which approved the declaration in line with the "Vision Zero" goal, i.e. zero deaths in the EU by 2050.

## References

- [1] Support local self-government units of the Republic of North Macedonia to promote sustainable urban mobility. (2019). GIZ/ZELS.
- [2] SUMSEEC II - Sustainable Urban Mobility in Southeast European Countries II - Open Regional Fund for South-East Europe – Energy Efficiency. (2019). GIZ.
- [3] Bunevska Talevska, Jasmina., Simonovski, Zlatko. (2019). "White paper" for the development and planning of sustainable urban mobility in the Republic of North Macedonia. Assembly of the Republic of North Macedonia.
- [4] Bunevska Talevska, J. Pavleski, D., (2021). Developing sustainable urban mobility policy: an example from four municipalities in North Macedonia, TTS2021-Proceedings, DOI 10.20544/TTS2021.1.1.21.p40 UDC••352:656.121]:005.51(497.7), 168-173.
- [5] Bunevska Talevska, J. (2022). Road safety is an essential component in sustainable urban mobility - The impact of COVID-19 on public space: 19<sup>th</sup> – European Transport Congress, 258-265.
- [6] Bunevska Talevska, Jasmina. (2019). Report on the assessment of sustainable urban mobility planning in the Municipality of Karpos. GIZ/ZELS.

- [7] Bunevska Talevska, Jasmina. (2019). Report on the assessment of sustainable urban mobility planning in the Municipality of Bitola. GIZ/ZELS.
- [8] Bunevska Talevska, Jasmina. (2019). Report on the assessment of sustainable urban mobility planning in the Municipality of Ohrid. GIZ/ZELS.
- [9] Bunevska Talevska, J. (2019). Contribution toward sustainable urban mobility planning, First Macedonian road congress, Book of proceedings, 143-146.

## METODE ZA OCENU ALTERNATIVA U STRATEŠKOM PLANIRANJU BICIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA

Sanja Branković, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, sanjabrankovic96@gmail.com

Ivan Ivanović, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, i.ivanovic@sf.bg.ac.rs

*Održivi razvoj i održivo planiranje su postali važna celina u procesu planiranja urbanog saobraćajnog sistema. Sastavni deo održivog planiranja podrazumeva razvoj multimodalnog sistema, u kojem planiranje biciklističke infrastrukture igra bitnu ulogu. Tokom planiranja biciklističke rute potrebno je da se uzme u obzir veliki broj faktora koji utiču na izbor najpovoljnije. Postoje različite metode koje se koriste za izbor optimalnih biciklističkih ruta, a zavise od dostupnosti informacija. U radu su predstavljene četiri metode ocene alternativnih biciklističkih ruta. Njihova primena utiče na podizanje kvaliteta planiranja biciklističke infrastrukture sa naglaskom na važnost višekriterijumskog pristupa planiranju. Pored kvantifikativne ocene ruta koju obezbeđuju predstavljene metode, prostorna vizuelizacija uz pomoć GISa može da pomogne planerima u analizi biciklističkog saobraćaja i procesu donošenja odluka.*

*Ključne reči: planiranje biciklističke infrastrukture, višekriterijumska analiza, održivo planiranje, GIS (Geografski informacioni sistemi)*

### 1. Uvod

Saobraćajni sistem poseduje veliki broj elemenata, koji često nisu u ravnoteži i kontrolisanom stanju ukoliko nisu pod stalnim nadzorom. Za jedan tako složen sistem, kao što je saobraćajni sistem, GIS tehnologija omogućava izrade studija saobraćajnih i transportnih sistema, upravljanje, održavanje, formiranje mreže, pronalaženje najkraćih staza, raspodelu saobraćaja na mreži, određivanje trasa i redova vožnje, formiranje prostornih modela interakcije, formiranje matrica kretanja, raspoređivanje vozila itd. [1]

Upotreba GIS alata za analizu društveno – prostornih podataka, posebno na više prostornih razmera, dozvoljava kreiranje različitih potencijalnih ruta ili čitavih biciklističkih mreža. Osim toga, može da pomogne planeru u donošenju odluka o izboru ruta za biciklistički saobraćaj i dalje u donošenju odluka gde je najpogodnije postaviti biciklističku infrastrukturu. Ovakav pristup osigurava da će troškovi za projektovanje i izgradnju mreže biti bolje uloženi ako se planiranje uskladi sa predviđanjima buduće biciklističke infrastrukture.

Na razvoj metoda za planiranje biciklističkih ruta je uticala kategorija korisnika koje infrastruktura treba da opsluži, odnosno, da li su to isključivo radna kretanja, ili se infrastruktura planira za rekreaciju, turistički obilazak grada i sl. Pored toga, važno je da se prepoznaju zone u kojima se planiraju biciklističke rute. Suština jeste da se pronađe kompromis između ponude i potražnje, kako bi što veći broj korisnika bio opslužen uz što viši nivo usluge, a da se pritom vodi računa o bezbednosti korisnika. Neke od metoda su predstavljene dalje u radu. Fokus je bio na metodama kod kojih se izlazni rezultati mogu jednostavno implementirati u GIS-u i omogućiti kvalitetnu prostornu analizu u procesu donošenja konačne odluke o razvoju mreže biciklističkog saobraćaja.

## 2. Metode za ocenu alternativa biciklističke rute

### 2.1. Indeks nivoa usluge biciklista

Jedan od pristupa za planiranje biciklističke infrastrukture je korišćenje višekriterijumske analize u GIS-u. Tipični modeli planiranja biciklističkih objekata mogu da se podele u dve grupe: modeli zasnovani na ponudi i modeli zasnovani na potražnji. Model zasnovan na ponudi se oslanja na dve sveobuhvatne teorije. Prvi pristup podrazumeva da sve gradske arterije i sabirne ulice moraju da imaju biciklističku infrastrukturu. Drugi, zasnovan na kvantitativnom modelu, poput analize nivoa usluge biciklista ili analize bezbednosti biciklista, infrastrukturu planira na osnovu proračuna. Drugim rečima, kvantitativnom analizom se procenjuju uslovi u saobraćaju. Ova analiza uzima u obzir eksploatacione karakteristike ulica kao što su: ograničenje brzine, procenat teškog teretnog saobraćaja, širina kolovoza itd. [2]

#### 2.1.1 Model zasnovan na ponudi

U analizi izbora načina prevoza, rizik se smatra jednim od osnovnih faktora koji demotivise ljude da koriste bicikl kao sredstvo prevoza. Većina rizika sa kojima se suočavaju biciklisti direktno je povezana sa motorizovanim saobraćajem, ličnom bezbednošću, topografijom, vremenskim uslovima i sveukupnim stresom neposrednog okruženja. Kao rezultat toga, sigurnost je glavna odrednica u izboru biciklističke rute i jedna je od najčešće korišćenih mera za planiranje biciklističke infrastrukture u većini gradskih organizacija za planiranje saobraćaja. Da bi se kvantifikovala sigurnost, različiti istraživači su pokušali da modeliraju "udobnost" biciklističkog saobraćaja, bilo kvantitativno ili kvalitativno. Jedna od popularnih tehnika za merenje "udobnosti" jeste indeks nivoa usluge biciklističkih ruta. Ova mera procenjuje percepciju učesnika o uslovima na mreži. Nivo usluge je u funkciji obima motornih vozila, brzine njihovog kretanja, stanja i širine kolovoza. Landis (1996) je kreirao formulu za izračunavanje indeksa nivoa usluge: [3]

$$BLOS = 0,507 \ln\left(\frac{Vol_{15}}{L_n}\right) + 0,199SP_t(1 + 10,38HV^2) + 7,066\left(\frac{1}{PR_5}\right)^2 - 0,005W_e^2 + 0,76C$$

Gde je:

$Vol_{15}$  - obim saobraćaja po smeru po 15-o minutnim intervalima;

$L_n$  - broj traka po smeru;

$SP_t$  - ograničenje brzine;

$HV$  - procenat teških teretnih vozila;

$PR_5$  - ocena stanja površine kolovoza (1 - loše, 5 - dobro);

$W_e$  - prosečna efektivna širina trake.

Dobijeni rezultat predstavlja stepen "udobnosti" (bezbednosti) za biciklistički saobraćaj, a najniži rezultat predstavlja najbolje uslove za bicikliste. Nivo usluge je klasifikovan u šest kategorija koje su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1: Vrednosti nivoa usluge biciklističkih ruta

Nivo usluge	Reperna vrednost
A	$\leq 1,5$
B	1,51 – 2,5
C	2,51 – 3,5
D	3,51 – 4,5
E	4,51 – 5,5
F	$> 5,51$

### 2.1.2 Model zasnovan na potražnji

Modeli potražnje obično koriste zbirne podatke za određivanje protoka iz jedne zone u drugu. Razvijene su različite metode zasnovane na potražnji, koje uključuju različite studije ponašanja, modele diskretnog izbora, analize tržišta i modele potencijalne potražnje za biciklističkom infrastrukturom. [3]

Uticajni faktori koji utiču na potražnju a koji mogu da se koriste su: generatori i atraktori biciklističkog saobraćaja (administrativni centri, škole, rekreativna područja, parkovi), broj saobraćajnih nezgoda, itd. Uz odabrane i rangirane faktore koji utiču na potražnju za putovanjima biciklom, potrebno je sprovesti analizu kojom će se oceniti potencijalna potražnja za biciklističkom infrastrukturom. Za proračun indeksa potencijala potražnje za infrastrukturom, može se koristiti modifikovana metoda jednostavnog aditivnog ponderisanja (SAW) za integraciju svih faktora vezanih sa potražnjom. Prvi korak je izračunavanje normalizovane vrednosti za svaki faktor pomoću linearnih funkcija vrednosti. Postoje dva razloga za normalizaciju ovih faktora. Prvo, vrednosti faktora su značajno različite. Na primer, broj ljudi koji imaju pristup biciklističkoj infrastrukturi je mnogo veći od broja parkova u blizini infrastrukture. Drugo, sa generatorima i atraktorima biciklističkog saobraćaja (pozitivni faktori) i inhibitorima (negativni faktori) treba postupati drugačije. Za generatore i atraktore za bicikliste, što je veća vrednost, veći je potencijal potražnje. Ali za inhibitore bicikala, što je veća vrednost, manji je potencijal potražnje. Zbog toga se koriste linearne funkcije za normalizaciju vrednosti svakog faktora povezanog sa potražnjom.

Rezultujuća vrednost za svaki faktor kreće se od 0 do 1 i uzima u obzir i pozitivne i negativne faktore. Drugi korak je izračunavanje težine za svaki faktor na osnovu njegove rangirane pozicije kroz funkciju ponderisanja. Pristup ponderisanja jednostavno pretvara redosled rangiranja faktora u normalizovane vrednosti težine  $W_i$ , tako da se više rangiranom faktoru daje veća težina, a zbir svih pondera jednak je 1.

Sa normalizovanim vrednostima faktora i težinama, indeks potencijalne potražnje se računa kao ponderisani zbir normalizovanih vrednosti faktora.

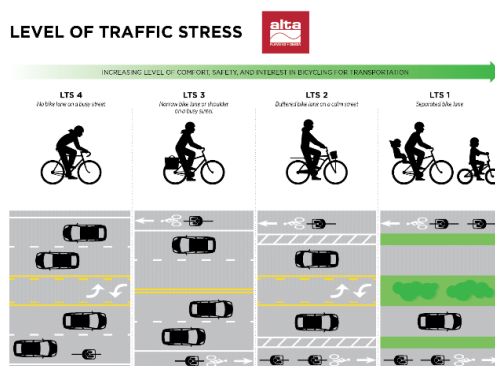
Poslednji faktor u ovoj višekriterijumskoj analizi predstavlja stanovništvo koje može dati procenu potencijalne ponude i potražnje za biciklističkom mrežom.

### 2.2. Indeks nivoa stresa u saobraćaju

Još jedna korisna metoda za odabir najpovoljnije rute za izgradnju biciklističke infrastrukture jeste prema nivou stresa u saobraćaju (Level of traffic stress LTS). Nivo saobraćajnog stresa je pristup koji kvantifikuje količinu neprijatnosti koju ljudi osećaju kada voze bicikl zajedno sa ostalim motorizovanim saobraćajem. Ova metoda dodeljuje numerički nivo stresa biciklista ulicama i stazama na osnovu atributa kao što su: protok,

brzina, broj traka, frekvencija parkiranja i dr. Kada ulica ima umeren ili visok nivo stresa, to može da bude znak da je biciklistička infrastruktura potrebna u obliku odvojene biciklističke staze, ili pešačko biciklističke staze, da bi se ljudi osećali prijatnije u vožnji. Ova metoda indentifikuje četiri nivoa stresa a svi su vizuelno prikazani na slici 1: [4]

- LTS 4 – Visok stres, pogodan za nekoliko odraslih osoba
- LTS 3 – Umereni stres u saobraćaju, pogodan za neke odrasle osobe
- LTS 2 – Mali stres u saobraćaju, pogodan za većinu odraslih osoba
- LTS 1 – Vrlo nizak stres u saobraćaju – pogodan za decu.



Slika 1: Nivoi stresa u saobraćaju [5]

Da bi se izračunao indeks nivoa stresa u saobraćaju, koristi se modifikovana metoda jednostavnog aditivnog ponderisanja (SAW) za integraciju svih faktora, koja se pominje u prethodnom poglavlju.

Navedeni pokazatelji za dobijanje nivoa stresa u saobraćaju mogu da se lako agregiraju putem tabela za atribute u GIS-u, ArcMAP i drugim programima.

### 2.3. Indeks kompatibilnosti biciklističkog saobraćaja

Indeks kompratibilnosti biciklističkog saobraćaja na saobraćajnicama mešovitog karaktera (Bicycle Compatibility Index - BCI) je razvijen za segmente gradskih i prigradskih ulica, za primenu u mešovitom saobraćajnom okruženju. Indeks kompatibilnosti se koristi onda kada ne postoji odgovarajuća biciklistička infrastruktura i biciklisti moraju da koriste deo kolovoza za kretanje. Metoda je stvorena da bi se procenila određena sposobnost saobraćajnica da se na njoj istovremeno odvija i motorizovan i biciklistički saobraćaj sa podjednakim tretmanom, a da jedni druge ne ugrožavaju koristeći saobraćajnicu. Ona koristi geometrijske i operativne karakteristike kao što su širina traka, protok vozila, brzina i sl. [6]

Metoda ima jednostavan oblik, budući da je to linearna jednačina koja se sastoji od devet varijabli oblika:

$$BCI = 3,67 - 0,966BL - 0,41BLW - 0,498CLW + 0,002CLV + 0,0004OLV + 0,022SPD + 0,506PKG - 0,264AREA$$

gde je:

BCI – indeks kompratibilnosti bicikala;

BL – prisustvo biciklističke staze ili trake  $\geq 0,9$  m – 0: ne; 1: da;

BLW – širina biciklističke trake;

CLW – širina ivičnjaka;

- CLV – protok vozila u ivičnoj traci;
- OLV – protok vozila u drugim trakama;
- SPD – zakonsko ograničenje brzine +15 km/h;
- PKG – prisustvo trake za parkiranje sa više od 30% popunjenosti – 0: ne; 1: da;
- AREA – tip okruženja puta – stambeno okruženje = 1, drugo okruženje = 0.

Dobijeni rezultat predstavlja indeks kompatibilnosti biciklističkog saobraćaja, a najniži rezultat predstavlja najbolje uslove za bicikliste. Nivo usluge je klasifikovan u šest kategorija koje su prikazane u tabeli 2.

Tabela 2: Indeks kompatibilnosti [6]

Nivo usluge	Raspon indeksa	Nivo kompatibilnosti
A	0 – 1,50	Ekstremno visoka
B	1,51 – 2,30	Veoma visoka
C	2,31 – 3,40	Srednje visoka
D	3,41 – 4,40	Srednje niska
E	4,41 – 5,30	Veoma niska
F	> 5,30	Ekstremno niska

Navedena metoda može da bude korisna za deljenje informacija o ulicama koje su pogodne za biciklistički saobraćaj sa biciklistima, u slučajevima kada ne postoji odgovarajuća biciklistička infrastruktura. Ovaj vid informacija može da bude posebno važan u slučaju kada korisnik ne poznaje određeno područje, a želi da koristi bicikl kao prevozno sredstvo.

#### 2.4. Metoda izbora najkraće rute

Kod ove metode, globalni pozicioni sistem (GPS) se koristi za procenu eksploatacionih karakteristika biciklističkih ruta, kako bi se stekao detaljan uvid u ponašanje biciklista i analiziraju rute koje su oni koristili u Geografskom informacionom sistemu (GIS-u). Fokus ovakve metode je na radnim putovanjima i faktorima koji na njih utiču, a oni se razlikuju od faktora koji utiču na korišćenje bicikla za rekreaciju ili sport. Ovakva metoda uglavnom upoređuje rute izabrane od strane biciklista sa najkraćim rutama i pokušava da pronađe razloge zašto ih biciklisti biraju.

Uz dostupnost automatizovane opreme za beleženje izabranih putanja (GPS), sakupljanje podataka o rutama biciklista je postalo mnogo lakše i preciznije. Uz korišćenje GIS-a, pruža se mogućnost da se dobiju precizniji podaci o pređenim rutama i ostvarenim brzinama. Zajedničkim korišćenjem ova dva alata dobijaju se izabrane rute, koje se naknadno upoređuju sa najkraćim rutama između početne i ciljne tačke bicikliste. GPS podaci uključuju: nadmorsku visinu, brzinu, dužinu i vreme putovanja unutar ruta kojima su pridruženi ostali neophodni atributi koji su vezani za ovakvu metodu: hijerarhija ulica, stanje kolovoza i postojanje biciklističke infrastrukture. [7]

Cilj ove metode je procena važnosti atributa koji utiču na preferencije izbora ruta biciklista. Jedna od motivacija je proučavanje izbora putanje prigradskih biciklista kako bi se utvrdila vrsta politike i planirali infrastrukturni programi koji mogu da podstaknu upotrebu bicikla. Iako poređenje između najkraćih i stvarnih puteva može da pruži neke informacije o ponašanju biciklista, u proceduri postoje pretpostavke koje ograničavaju donošenje

zaključaka iz rezultata. Pretpostavlja se da biciklisti u potpunosti znaju svojstva svake rute kao i da vrlo često neki drugi kriterijumi uzimaju prioritet u odnosu na distancu.

Sve navedene metode za planiranje biciklističkih ruta mogu se jednostavno obraditi u nekom od dostupnih GIS softvera (ArcGIS, TransCAD 5.0 i sl.). Akcenat se stavlja na prostornoj vizuelizaciji koju GIS omogućava, a koja olakšava sagledavanje prostora u kojem se planira biciklistička infrastruktura.

Na narednoj slici prikazan je primer dobijenih nivoa usluge biciklističkih ruta na pet ulica u okviru saobraćajne mreže grada Valjeva.



Slika 2: Indeksi nivoa usluge biciklističkih ruta u centralnoj zoni Valjeva

### 3. Zaključak

U radu su predstavljene četiri metode koje mogu da pomognu u strateškom planiranju biciklističkih ruta. Njihova osnovna razlika je u tome da li postoji, ili ne postoji biciklistička infrastruktura na posmatranom području i vrsti podataka koji se prikupljaju radi analize. Predstavljene metode ukazuju da nije dovoljno uzimati u obzir samo tehničko - eksploatacione karakteristike saobraćaja, već treba analizirati i socio – ekonomske karakteristike stanovništva koje utiču na potražnju kroz primenu višekriterijumskog pristupa u planiranju biciklističkog saobraćaja. Takođe, veliki značaj ovih metoda se ogleda u tome što donosiocu odluke pružaju mogućnost da kvantifikuje ocene alternative što olakšava proces donošenja odluke. Pored kvantifikacije, kvalitetna prostorna analiza se može obezbediti implamentacijom dobijenih podataka u neki od GIS softvera.

Predstavljene metode nisu uniformne. One u velikoj meri zavise od karakteristika samog grada u kojem se primenjuju i postojeće ulične mreže. Zbog toga, metode treba birati i prilagođavati karakteristikama sredine u kojoj se ova vrsta analize realizuje.



## Literatura

[1] Anđelković S, Ivanović I, Primena Gis-a u planovima održive mobilnosti, Tehnika, Vol. 75, br. 2, str. 216-221, 2020.

[2] Rybarczyk G, Wu C, Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis, Applied Geography, Vol. 30, br. 2, str. 282–293, 2010.

[3] Landis W, Bicycle system performance measures. ITE Journal, Vol 66, br. 2, str. 18–26, 1996

[4] <https://montgomeryplanning.org/wp-content/uploads/2017/11/Appendix-D.pdf>

[5] <https://blog.altaplanning.com/level-of-traffic-stress-what-it-means-for-building-better-bike-networks-c4af9800b4ee>

[6] Harkey D, Reinfurt D, Sorton, A, The bicycle compatibility index: A level of service concept, implementation manual, 1998.

[7] Pereira Segadilha A.B, Suely da Penha Sanches, Analysis of Bicycle Commuter Routes Using GPSs and GIS, Procedia – Social and Behavioral Sciences, Vol 162, str. 198-207, 2014.

## Summary

### METHODS FOR THE ASSESMENT OF ALTERNATIVES IN STRATEGIC PLANNING OF BICYCLE TRAFFIC

*Abstract: Sustainable development and sustainable planning have become an important part of the urban transportation system planning process. An integral part of sustainable planning involves the development of a multimodal system, in which cycling infrastructure planning plays an important role. When planning a bicycle route, it is necessary to take into account a large number of factors that influence the choice of the most favorable one. There are different methodologies used to select the optimal cycling routes, and they depend on the availability of data. This paper presents four methodologies for the assessment of the bicycle route alternatives. Their application affects the quality of bicycle infrastructure planning with an emphasis on the importance of a multi-criteria approach. In addition to the quantitative evaluation of the routes provided by the presented methods, spatial visualization in GIS can help transportation planners in bicycle traffic analysis and decision-making process.*

*Key words: GIS (Geographic Information Systems), cycling infrastructure planning, multicriteria analysis, sustainable planning*

## PRIMARNA SAOBRAĆAJNA INFRASTRUKTURA U FUNKCIJI ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI

*Snežana Dimitrijević, dis, CEP Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, dimitris@cep.rs*

*Goran Zimonjić, dis, CEP Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, goran@cep.rs*

*Rezime: Kada se govori o održivoj urbanoj mobilnosti, uglavnom se misli na nemotorizovana kretanja (pešaci, biciklisti, mikro-mobilnost i sl.), njihovo učešće u vidovnoj raspodeli, infrastrukturu namenjenu ovim vidovima kretanja, pokazatelje koji ih opisuju, itd. Takva situacija se nekako nametnula po inerciji, tj. to su segmenti održive urbane mobilnosti koji dominiraju u gradovima zapadne Evrope, u gradovima koji imaju zaokružene i celovite saobraćajne infrastrukturne sisteme i razvijene sisteme javnog gradskog transporta putnika. Međutim, u Beogradu, a i u mnogim drugim gradovima u Srbiji, situacija je značajno drugačija. Iako poslednjih decenija, s jedne strane broj stanovnika u Beogradu stagnira dok se sa druge stepen motorizacije povećava, taj porast stepena motorizacije nije pratio i razvoj saobraćajne infrastrukture, pa i uz dugoročno planiranje nije mnogo toga učinjeno na izgradnji saobraćajne infrastrukture koja bi obezbedila rasterećenje delova postojeće gradske ulične mreže. Tranzitni saobraćaj kroz centar grada, uske ulice koje su pretvorene u parking zone, skoro neprohodne čak i za pešake, teško da mogu da obezbede ostvarivanje ciljeva održive urbane mobilnosti. U ovom radu će se dati osvrt na nedostajuće segmente primarne saobraćajne infrastrukture na području Beograda, čija bi realizacija i izmeštanje tranzitnog saobraćaja sa deonice primarne ulične mreže u užem urbanom području, obezbedila prostor za redefinisavanje uličnih profila u korist održivo prihvatljivijih vidova kretanja.*

*Ključne reči: saobraćaj, saobraćajna infrastruktura, održiva urbana mobilnost*

### 1. Uvod

Održiva urbana mobilnost podrazumeva aktivno zalaganje za promenu načina urbanističkog i saobraćajnog planiranja, vidova kretanja, navika i ponašanja ljudi u cilju smanjenja negativnih posledica po društvo, ekologiju i ekonomiju, kao što su: zagađenje vazduha, koje rezultira klimatskim promenama, buka, saobraćajna zagušenja, saobraćajne nezgode, degradacija urbanih sredina (smanjenje prostora za pešake usled povećanja izgrađenosti prostora i stepena motorizacije), eksploatacija zemljišta, itd.

Preduslov za funkcionisanje Beograda kako u funkcionalnom tako i ekološkom smislu jesu održivi načini kretanja a da bi i u budućnosti bio grad prijemčiv za život, uz povećanje broja stanovnika, stepena motorizacije i ubranu urbanizaciju koja je u toku, neophodno je u potpunosti unaprediti i redefinisati odnos svakodnevnog kretanja. Efikasan i pristupačan javni prevoz, smanjenje porasta putničkih automobila, povećanje učešća biciklista i pešačenje su u godinama koje su pred nama jedini način da grad Beograd bude zdraviji grad i još bolje mesto za život.

S druge strane, preduslov za transformaciju klasičnog transportnog sistema i uspostavljanje transportnog sistema zasnovanog na principima održive urbane mobilnosti

je obezbeđivanje celovite mreže saobraćajne infrastrukture i razvijenih sistema javnog gradskog transporta putnika.

Primarna putna i ulična mreža, sistem visokokapacitativnog transporta putnika, mostovi preko Save i Dunava, železnički saobraćaj i dr. su elementi transportnog sistema Beograda koji su u raznim dokumentima prostornog i urbanističkog planiranja tretirani u svim generacijama prostornih i generalnih urbanističkih planova.

## 2. Karakteristike elemenata postojećeg transportnog sistema

Transportna infrastruktura na području Beograda predstavlja ograničavajući faktor razvoja grada zbog njene nedovoljne razvijenosti, izgrađenosti i kapacitetnih sposobnosti a istovremeno predstavlja i potencijal budućeg razvoja, odnosno jedan od najuticajnijih segmenata planiranja za dostizanje opšteg cilja, uređenja i razvoja Beograda i njegovog metropolitenskog područja, a naročito za dominantnije regionalno pozicioniranje.

Osnovne karakteristike elemenata postojećeg transportnog sistema Beograda su:

- mreža puteva međunarodnog značaja koja se decenijama planira u profilu autoputa nije kompletirana, nedostatak kompletne obilaznice oko Beograda;
- opremljenost mreže međunarodnih puteva operativnim i pratećim sadržajima je neujednačena, na niskom organizacionom i tehničko-tehnološkom nivou;
- regionalna putna mreža nedovoljno razvijena a postojeća loše održavana;
- železničke pruge uglavnom jednokolosečne sa zastarelim tehničkim elementima i signalno-sigurnosnom opremom, malom propusnom moći i malim brzinama;
- stara železnička stanica je zatvorena a nova na lokaciji Prokop, decenijama nezavršen objekat koji funkcioniše u uslovima upitne bezbednosti i nivoa usluge;
- gradski i prigradski železnički saobraćaj zbog nedovoljnog prevoznog kapaciteta, neuređenih i neizgrađenih stajališta, neodržavanih pruga i neredovnog saobraćanja ima veoma malo učešće u ukupnom obimu kretanja, posebno se zapaža nedostatak visokokapacitetne podzemne železnice;
- međugradski i prigradski saobraćaj oslonjen na autobuski prevoz čija je efikasnost u direktnoj zavisnosti od stanja putne infrastrukture i saobraćajnog opterećenja;
- nedovoljno razvijeni sistemi koji obezbeđuju pristupačnost saobraćajnoj infrastrukturi i korišćenje saobraćajnih sredstava osobama sa posebnim potrebama;
- pogodnosti koje ima aerodrom "Nikola Tesla" u pogledu geografskog položaja nedovoljno su iskorišćene, nedostaju adekvatni sadržaji i kapaciteti za prihvatanje kargo aviona kao i železnička veza grada sa aerodromom;
- lučki kapaciteti nemaju definisan status kao ni viziju budućeg razvoja a postojeći nisu u potpunosti, ili nisu uopšte opremljeni za moderni kontenerski i savremeni međunarodni multimodalni transport;
- ne postoji odgovarajuća koordinacija rada između luke "Beograd" i luka u regionalnom području (Pančevo, Smederevo);
- rečni putnički saobraćaj sveden na sezonski i turistički i to prevashodno međunarodnog karaktera;
- mreža logističkih centara je nerazvijena, terminali integralnog transporta na nepovoljnim lokacijama i nedovoljno tehnološki opremljeni tako da se još uvek ne može govoriti o Beogradu kao multimodalnom transportnom čvoru.

Postojeću putnu i uličnu mrežu Beograda u istorijskom delu grada, na desnim obalama Save i Dunava, karakteriše nepotpun radijalno koncentričan koncept mreže, kojoj nedostaje efikasan koncentrični deo, dok je za Novi Beograd karakterističan pravilan pravougaoni koncept ulične mreže. Radijalno koncentričan koncept mreže nije baš pogodan za masovnu upotrebu putničkih automobila, ali je veoma dobar za funkcionisanje visokokapacitativnog i kvalitetnog šinskog sistema javnog prevoza. S druge strane, pravougaoni koncept ulične mreže na Novom Beogradu je pogodniji za masovniju upotrebu putničkih automobila, dok je manje efikasan za sistem javnog prevoza.

Primarnu mrežu Beograda u sektoru drumskog saobraćaja čine auto-putevi i magistralne gradske saobraćajnice, kao i sabirne i pristupne ulice, odnosno ulice I i II reda. Auto-put je trasiran kroz centralno gradsko područje pošto je to bio koncept za rešavanje gradskih saobraćajnih problema do sedamdesetih godina prošlog veka. Auto-put danas predstavlja okosnicu putne mreže na koju se nadovezuje primarna putna i ulična gradska mreža.

U šumadijskom delu Beograda na auto-put se priključuju sledeći primarni pravci: Bulevar oslobođenja do Slavije i ulica Kralja Milana do Terazija, Bulevar vojvode Mišića, ulice Kneza Miloša, Takovska i Bulevar despota Stefana do Pančevačkog mosta. Paralelu auto-putu predstavlja Bulevar kralja Aleksandra sa Brankovom ulicom i Bulevarom Mihajla Pupina. Na Novom Beogradu od važnijih saobraćajnih pravaca na auto-put se priključuju ulica Jurija Gagarina sa produžetkom do ulice Vladimira Popovića i Bulevara Nikole Tesle, ulica Omladinskih brigada i Tošin bunar.

Glavne poprečne veze koje se u tradicionalnom delu grada priključuju na auto-put ujedno su nosioci gradskih intezivnih saobraćajnih tokova koji nemaju alternativu. Stoga ne čudi što su navedeni saobraćajni pravci decenijama preopterećeni, a samim tim i veoma ranjivi. Ukoliko iz bilo kog razloga dođe do zatvaranja bilo kojeg od navedenih saobraćajnih pravaca, ne postoje adekvatne alternative u uličnoj mreži, tako da su nužni obilasci substandardni i problematični. Posebno osetljive tačke predstavljaju mostovi za putnički motorni saobraćaj, kako preko Save a naročito preko Dunava. Zatvaranje bilo kojeg od mostova ima za posledicu kolaps celog saobraćajnog sistema.

### **3. Primarna saobraćajna infrastruktura u strateškim planovima**

Prostorno-planskom i urbanističkom dokumentacijom u poslednjih 70 godina planiraju su sledeći koridori:

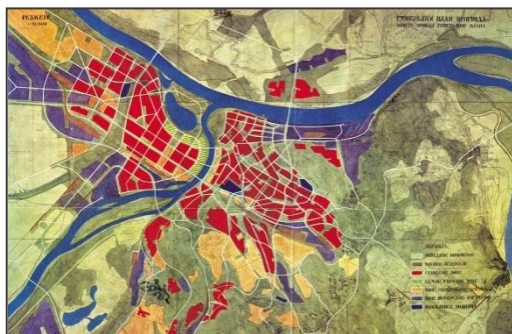
- Auto-putska obilaznica oko Beograda
- Spoljna magistralna tangenta
- Unutrašnji magistralni poluprsten

Važeći strateški planovi kojima su definisane trase navedenih koridora su:

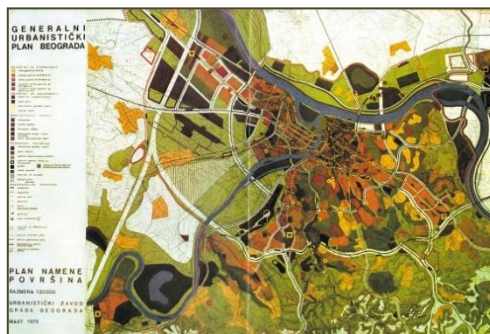
- Regionalni prostorni plan AP Beograda (2011.)
- Generalni urbanistički plan Beograda (2016.)
- Plan održive urbane mobilnosti Beograda (2020.)

Generalnim planom iz 1950. godine (Slika 1) definisan je urbanistički koncept izgradnje Novog Beograda, koridor auto-puta kroz Beograd i segmenti primalne ulične mreže koja treba da poveže zapadni deo grada - Zemun i Novi Beograd sa istorijskim Beogradom na desnim obalama Save i Dunava. Uzvodno, na Dunavu, blisko poziciji izgrađenog mosta "Mihailo Pupin" planiran je most preko Dunava a na levoj obali Dunava

planirana saobraćajnica koja novi most treba da poveže sa naseljima u banatskom delu Beograda.



Slika 1: Generalni plan Beograda, 1950.



Slika 2: Generalni urbanistički plan Beograda, 1972.

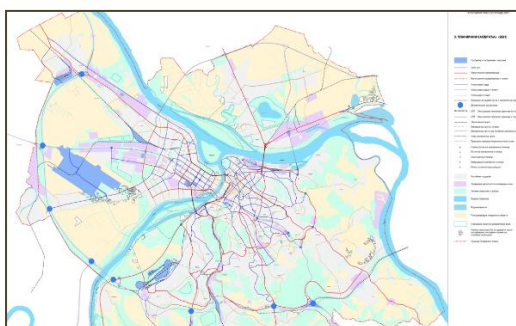
Generalnim urbanističkim planom iz 1972. godine (Slika 2) definisana je trasa auto-putske obilaznice sa zapadne i južne strane Beograda i mostom preko Dunava u Vinči; jasno definisana trasa Spoljne magistralne tangente (SMT) sa mostom preko Save u jugo-zapadnoj zoni Ade Ciganlije i mostovima preko Dunava (Zemun i Ada Huja); i trasa Unutrašnjeg magistralnog poluprstena (UMP) sa pozicijom mosta preko Save u severo-istočnoj zoni Ade Ciganlije - blisko poziciji na kojoj je izveden most na Adi 2013. godine.

Izmenama i dopunama Generalnog urbanističkog plana Beograda iz 1985. godine (Slika 3), "odustalo" se od prethodnim GUP-om jasno definisane trase Spoljne magistralne tangente, tj. odustalo se od mosta preko Save u jugo-zapadnoj zoni Ade Ciganlije i deonice koja bi preko tog mosta spojila deo trase SMT-a na zapadu (Novi Beograd) sa širom zonom istorijskog dela Beograda. U ovoj reviziji "izgubljena" je deonica od Bulevara u Rakovici do ulice Dr Ivana Ribara.

Generalnim planom iz 2003. godine (Slika 4) su, manje-više, potvrđena planska opredeljenja primarne ulične mreže data Planom iz 1985. godine.



Slika 3: Generalni urbanistički plan Beograda, 1985.



Slika 4: Generalni plan Beograda, 2003.

#### 4. Unutrašnji magistralni poluprsten - ump

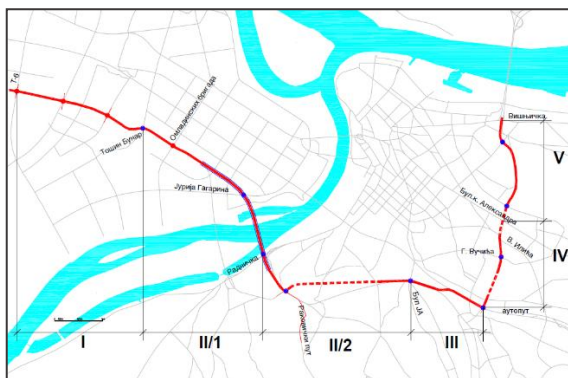
Unutrašnji magistralni poluprsten predstavlja magistralnu saobraćajnicu unutar kontinualno izgrađenog gradskog područja oko centralne zone koju čine staro jezgro Beograda, budući centar u Savskom amfiteatru, stari i novi centar na Novom Beogradu i

staro jezgro Zemuna. Završetkom Unutrašnjeg magistralnog poluprstena treba da se obezbede uslovi za međusobno povezivanje delova grada obodom centralnog područja i zaštiti centralno područje od lokalnog i daljinskog tranzitnog saobraćaja. Veza treba da bude alternativa radijalnom kretanju kroz centar grada.

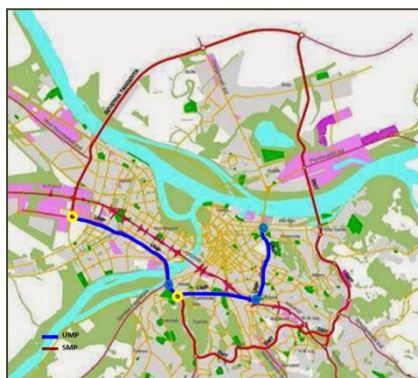
Trasa UMP-a (Slike 5 i 6) planirana je od saobraćajnice T-6, na zapadu, obodom šireg područja centralne zone do Pančevačkog mosta na severo-istoku. Ukupna dužina UMP-a je oko 16 km, uključujući i most na Adi. Projekat je podeljen na 5 sektora, od kojih je završen samo sektor I (2,8 km) i deo sektora II, tj. sektor II/1 do Hipodroma, odnosno raskrsnice sa Paštrovićevom ulicom (4,8 km, uključujući i most na Adi), što je ukupno 7,6 km.

Sektor II/2 uključuje 2,2 km dugačak tunel ispod Topčiderskog brda, koji povezuje Sektor II/1 sa Autokomandom. Sektor III se pruža od Autokomande do postojeće petlje Šumice. Sektor IV povezuje petlju Šumice sa Bulevarom kralja Aleksandra, prateći postojeće trase ulica Grčića Milenka i Pop Stojanove. Sektor V prati postojeću trasu od Pop Stojanove i Severnog bulevara, povezujući ih sa Bulevarom despota Stefana i Pančevačkim mostom, severno od petlje.

Unutrašnji magistralni poluprsten predstavlja jedan od najznačajnijih planiranih gradskih saobraćajnih pravaca, koji ima zadatak da rastereti centralno područje od individualnog saobraćaja, smanji obim saobraćaja na postojećim mostovima preko Save i obezbedi alternativne mogućnosti u povezivanju pojedinih gradskih područja kako sa centralnim područjem tako i međusobno. Pored značaja za individualni i drumski saobraćaj u celini, značaj UMP ogleđa se i u vođenju javnog gradskog saobraćaja i to naročito na pravcu koji spaja levu sa desnom obalom Save u čijem koridoru je planiran razvoj kapacitetnog šinskog sistema.



Slika 5: Trasa UMP-a podeljena na sektore



Slika 6: Položaj trasa UMP i SMT

Za potrebe realizacije planirane trase UMP, važeća je sledeća dokumentacija:

- Generalni projekat sa prethodnom studijom opravdanosti - 2002. godina
- Generalni plan Beograda 2021, trasa je potvrđena i GUP-om 2016. godine
- Sektor I - Marka Čelebonovića - izgrađen 90-ih godina 20. veka
- Sektor II/1 sa mostom na Adi (Sava) - izgrađen do 2013. godine
- Za sektor II/2 važeći je Plan detaljne regulacije (PDR) iz 2007. godine

- Za sektor III čeka se usvajanje PDR (2022.) - PDR za saobraćajni potez UMP od saobraćajnice T6 do Pančevačkog mosta - sektor 3, od izlaska iz tunela u Dr Milutina Ivkovića do čvora "Šumice",
- Za sektore IV i V u toku je izrada PDR za saobraćajni potez UMP od saobraćajnice T6 do Pančevačkog mosta – sektori 4 i 5, od čvora Šumice do Pančevačkog mosta.

## 5. Spoljna magistralna tangenta - smt

Spoljna magistralna tangenta (Slika 6) je gradska magistralna saobraćajnica koja ima zadatak da zaštiti staro jezgro Beograda od teretnog saobraćaja. Spoljna magistralna tangenta treba da poveže radialne saobraćajne pravce koji uvode saobraćaj u centar grada, čime bi se ostvarila ravnomernija distribucija saobraćaja ka zonama povećane atrakcije. Pored navedenog, izgradnja ove saobraćajnice imala bi za cilj segregaciju pojedinih vidova saobraćaja pre svega teretnog i tranzitnog, na obilazne saobraćajnice, što će se odraziti na povećanje propusne moći postojeće ulične mreže grada.

Spoljna magistralna tangenta je saobraćajnica ukupne dužine oko 52 km, i čine je sedam deonica sa sledećim karakteristikama:

1. saobraćajnica T6 - od ulice Marka Čelebonovića do Cara Dušana u Zemunu, dužine 4,4 km - izgrađena;
2. severna tangenta - od ulice Cara Dušana u Zemunu, most "Mihailo Pupin" i dalje preko Zrenjaninskog do Pančevačkog puta, dužine 20,2 km - izgrađena;
3. faza I SMT - od denivelisane raskrsnice na Pančevačkom putu, preko mosta na Adi Huji do trafo stanice "Beograd 20", dužine 6,3 km, važeći PDR iz 2013. godine;
4. faza II SMT - od trafo stanice "Beograd 20" do petlje "Lasta" na auto-putu u Velikom Mokrom Lugu, dužine 5,3 km, važeći PDR iz 2016. godine;
5. saobraćajnica "Kružni put" - od petlje "Lasta" do Borske ulice, dužine 4,5 km - važeći PDR iz 2007. godine;
6. ulice Borska i Pere Velimirovića, dužine 2,8 km - važeći PDR-ovi iz 2003. i 2009. godine;
7. Bulevar patrijarha Pavla u Rakovici - od Pere Velimirovića do Paštrovićeve, dužine 3,6 km, u izgradnji - važeći PDR iz 2016. godine.

Od ukupno 52 km planirane trase Spoljne magistralne tangente do sada je izgrađeno 24,6 km (deonice 1 i 2); u toku izgradnje je 3,6 km (deonica 7); rekonstrukcija ulica na postojećim trasama sa proširenjem regulacione širine je planirana na dužini od 2,8 km (deonica 6) a izgradnja na novoj trasi je planirana u ukupnoj dužini od 16,6 km (deonice 3, 4 i 5). Trasa planirane Spoljne tangente obuhvata i dva mosta preko Dunava, od kojih je most "Mihaila Pupina" izgrađen i pušten u saobraćaj 2014. godine a drugi je planiran nizvodno, preko Ade Huje, na deonici 3.

## 6. Obilaznica oko beograda

Državni put A1 predstavlja najvažniji saobraćajni pravac kroz Srbiju. Počinje kod graničnog prelaza Horgoš sa Mađarskom, a završava se kod graničnog prelaza Preševa sa Severnom Makedonijom. Auto-put A1 skoro celom svojom dužinom, od Subotice do Preševa je izgrađen u punom profilu, osim deonice od petlje Orlovača do petlje Bujanj Potok (dužine oko 11 km) koja je u izgradnji. Deonica auto-puta kroz Beograd, koja danas predstavlja oslonac beogradske putne i ulične mreže, deo je državnog puta A3, trasiranog u najvećem delu na području Vojvodine (Batrovci-Beograd) i manjim delom na području Beograda.

Položaj trase auto-putske obilaznice u odnosu na gradsko područje Beograda planski je utvrđen Generalnim urbanističkim planom iz 1972. godine. Izgradnjom obilaznice oko Beograda obezbediće se povezivanje koridora Xb, E-75/A1 (granica sa Mađarskom, Horgoš - Novi Sad - Beograd) sa koridorom X, E-70/A3 (granica sa Hrvatskom, Batrovci - Beograd), državnim putem I-B.26 (Beograd - Šabac) i Rutom 4, E-763/A2 (Beograd - Požega - Boljare granica sa Crnom Gorom).

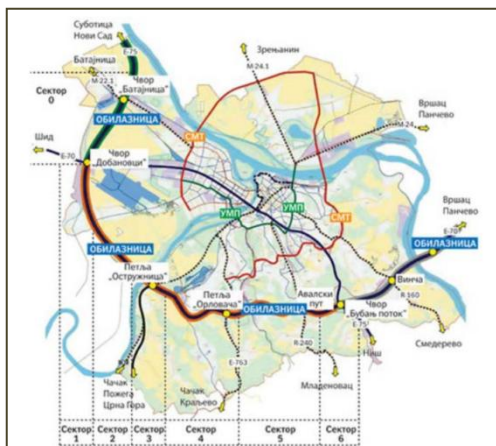
Obilaznica oko Beograda dužine je oko 50 km (Slika 7) i sastoji se od sl. deonica:

- deonica A# Batajnica - Dobanovci: dužina deonice je oko 9 km, kompletno je završena i duž trase i na petljama;
- deonica B# Dobanovci - Bubanj potok: dužina deonice je oko 30 km, sastoji se od 6 sektora, od kojih su sektori na deonici od Dobanovaca do Orlovače, sa mostom preko Save u Ostružnici, dužine oko 21 km - izgrađeni, a deonica od Orlovače do Bubanj potoka, dužine oko 11 km je još uvek u izgradnji (planirani rok završetka radova bio je septembar 2022. godine, međutim, izvesno je da će se završetak prolongirati);
- deonica C# Bubanj potok - Pančevo (E-70): dužina deonice je oko 8 km, 80-tih godina prošlog veka urađena je Prethodna studija opravdanosti sa generalnim projektom u kome su analizirane varijante, ispitani ekonomski parametri i zaključeno da deonica predstavlja prioritetnu i rentabilnu investiciju u putnoj mreži Srbije. Studija opravdanosti izgradnje obilaznice oko Beograda urađena je 2005. godine a na osnovu nje urađen PDR za deo auto-putske i železničke obilaznice oko Beograda (deonica auto-puta: Bubanj potok - Vinča - Pančevo; železnička deonica: Beli Potok - Vinča - Pančevo), sa drumsko-železničkim mostom preko Dunava, usvojen je 2014. godine.

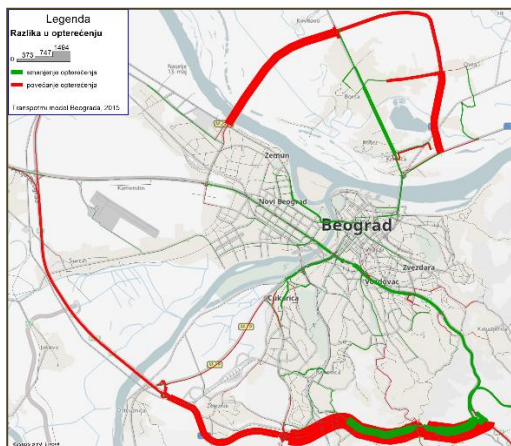
Efekti završetka obilaznice oko Beograda će se manifestovati kroz: preusmeravanje tranzitnih i saobraćajnih tokova teških teretnih vozila sa preopterećene ulične mreže Beograda na obilaznicu; kraće vremena putovanja i viši nivo usluge za tranzitne tokove; viši nivoi usluge i bezbednosti saobraćaja na gradskoj uličnoj mreži; smanjenje troškova eksploatacije vozila; smanjenje emisije štetnih gasova i buke na užem gradskom području, itd. Trasa obilaznice oko Beograda projektovana je tako da zadovolji sve kriterijume međunarodnog auto-puta, a da istovremeno bude afirmativan faktor u razvoju grada.

Nakon završetka deonice od petlje Orlovača do petlje Bubanj potok gradska uprava Beograda će preuzeti u svoju nadležnost deonicu od petlje Beograd do petlje Bubanj potok. Preuzimanje deonice auto-puta obuhvatiće skup upravljačkih nadležnosti kao što su: eksploatacija i upravljanje saobraćajem, zaštita puta, ulaganja, organizacija i sprovođenje aktivnosti na izgradnji, rekonstrukciji, održavanju, stručni nadzor, saobraćajno-tehničke baze podataka, itd.





Slika 7: Trasa UMP, SMT i obilaznice



Slika 8: Razlike saobraćajnog opterećenja na novim deonicama primarne mreže

## 7. Značaj i potencijal kompletiranja primarne ulične mreže

Obim razvoja elemenata transportnog sistema se zasniva na projekcijama socio-ekonomskih parametara, kao i projekcijama saobraćajnih parametara koji iskazuju osnovne trendove saobraćajne ponude i potražnje za planski period.

U procesu unapređenja transportnog sistema prioritet je razvoj kapacitetnih vidova javnog transporta putnika na najopterećenijim koridorima uz podizanje nivoa prevozne usluge. Primarna ulična mreža ima dvojaku ulogu u okviru urbane strukture, treba da omogući dostupnost svim postojećim sadržajima i bude ključni faktor daljeg razvoja pojedinih delova grada. Transportni podsystemi, kao što su intermodalni transport i povećnje učešća teretnog rečnog saobraćaja u prevozu roba i lokacija luke, zahtevaju značajnije intervencije i zahvate jer nisu ravnomerno razvijani već više decenija. Deficit javnih i namenskih kapaciteta za parkiranje vozila potrebno je nadoknaditi kako bi se smanjio uticaj povećanja stepena motorizacije koji dovodi do sve većeg zauzeća saobraćajnih površina - utiče na kretanje, kako vozila tako i pešaka, i onemogućava razvoj intenzivnijeg biciklističkog saobraćaja.

Obezbeđivanje celovitih infrastrukturnih transportnih mreža i balansiranje odnosa različitih vidova saobraćaja čine osnovu za uspostavljanje održivih vidova transporta u gradovima. Izgradnjom nedostajućih segmenata primarne saobraćajne infrastrukture na području Beograda, stekli bi se uslovi za izmeštanje tranzitnog saobraćaja sa deonica primarne ulične mreže u užem urbanom području, i obezbedio prostor za redefinisane uličnih profila u korist održivo prihvatljivijih vidova kretanja - pešačkog i biciklističkog saobraćaja.

Analizirajući saobraćajna opterećenja postojeće ulične mreže Beograda (sa deonicama izgrađene Severne tangente, sektorima I i II/1 na UMP i auto-putске obilaznice) u raspoloživom Transportnom modelu (VISUM), uočena su smanjenja saobraćajnog opterećenja na gradskoj uličnoj mreži (Slika 8) koja su u procentualnom isnosu pokazana u Tabeli1.

Tabela 1: Smanjenje saobraćajnog opterećenja na postojećim deonicama

Saobraćajni potez	Smanjenje [%]
<i>Kružni put</i>	76
<i>Zrenjaninski put</i>	34
<i>Auto-put kroz Beograd</i>	16
<i>Brankov most</i>	10
<i>Bulevar Nikole Tesle</i>	17
<i>Most na Adi</i>	6
<i>Vojvode Mišića</i>	16
<i>Bulevar kralja Aleksandra</i>	15

## 8. Zaključak

Izgradnja prstenastih saobraćajnica oko uže i širih gradskih zona Beograda, kao što su unutrašnji magistralni poluprsten (UMP), spoljna magistralna tangenta (SMT) i auto-putaska obilaznica oko Beograda u cilju podsticanja ekonomskog razvoja grada, zadovoljenja potreba za kretanjem građana u skladu sa linijama želja i prognoziranim opterećenjima su imperativ za uspostavljanje celovite ulične mreže koja će na mreži saobraćajnica nižih rangova obezbediti uslove za održive vidove transporta.

Izgradnja navedenih magistralnih saobraćajnica će u ulicama u kojima se obezbedi smanjenje protoka, dovesti do promene funkcionalnog ranga i omogućiti redefinisane elementa uličnih profila pa i prenamenu saobraćajnih površina namenjenih motornom saobraćaju u saobraćajne površine usmerene na zahteve pešaka i biciklista.

## Literatura

- [1.] Putevi Srbije, internet adresa: <https://www.putevi-srbije.rs/index.php/sr/obilaznica-oko-beograda-op%C5%A1te-informacije>, posećeno dana 23.08.2022.
- [2.] Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda, internet adresa: <https://gis.beoland.com/smartPortal/gisBeoland>, posećeno dana 14.08.2022.
- [3.] Urbanistički zavod Beograda, internet adresa: <https://www.urbel.com/srl/zavod/istorijat/>, posećeno dana 11.08.2022.
- [4.] Plan održive urbane mobilnosti Beograda, CEP; Beograd, 2020.
- [5.] Plan generalne regulacije građevinskog područja sedišta jedinice lokalne samouprave – grad Beograda; "Službeni list grada Beograda", br. 20/16 i 97/17
- [6.] Generalni urbanistički plan Beograda; "Službeni list grada Beograda", br. 11/16
- [7.] Transportni model Beograda 2015; Saobraćajni fakultet, CEP; Beograd, 2015.

## Summary

### **MAIN TRAFFIC INFRASTRUCTURE IN THE FUNCTION OF SUSTAINABLE URBAN MOBILITY**

Abstract: When we talk about sustainable urban mobility, we mainly mean non-motorized movements (pedestrians, cyclists, micro-mobility, etc.), their participation in modal split, infrastructure intended for these types of movement, indicators that describe them, etc. Such a situation somehow imposed itself by inertia, i.e. these are segments of sustainable urban mobility that dominate in the cities of Western Europe, in cities that have complete transport infrastructure systems and developed systems of public transport. However, in Belgrade, and in many other cities in Serbia, the situation is significantly different. Although in recent decades, on the one hand, the number of inhabitants in Belgrade has stagnated, the degree of motorization, on the other hand, has increased. This increase in the degree of motorization has not been accompanied by the development of the transport infrastructure, even with long-term planning, not much has been done to build a transport infrastructure that would ensure the relief of parts of the existing street network. Transit traffic through the city center, narrow streets that have been turned into parking zones, almost impassable even for pedestrians, can hardly ensure the achievement of the goals of sustainable urban mobility. This paper will give an overview of the missing segments of the primary transport infrastructure in Belgrade, the building of which and the relocation of transit traffic from the sections of the main street network of the narrower urban area would provide space for the redefinition of street profiles in favor of sustainably acceptable modes of movement.

*Key words: traffic, traffic infrastructure, sustainable urban mobility*

## УРБАНИСТИЧКА АНАЛИЗА ПЛАНСКЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ (У ИЗРАДИ И ВАЖЕЋЕ) У ОДНОСУ НА ДЕЛОВЕ ПЛАНИРАНЕ ТРАСЕ МЕТРО ЛИНИЈА У БЕОГРАДУ – ДРУГА ФАЗА ПРВЕ ЛИНИЈЕ И ДРУГА МЕТРО ЛИНИЈА

*Из Урбанистичког завода Београда:*

*Предраг Крстић, дипл. инж. саобраћаја, predrag.krstic@urbel.com*

*Милица Милутиновић, магст. инж. саоб, milica.milutinovic@urbel.com*

*Никола Стојановски, магст. инж. саобраћаја, nikola.stojanovski@urbel.com*

*Даница Мунижаба, дипл. инж. саобраћаја, danica.munizaba@urbel.com*

*Игор Теофиловић, дипл. инж. саобраћаја, igor.teofilovic@urbel.com*

*Марија Косовић, магст. инж. архитектуре, marija.kosovic@urbel.com*

*Смиљка Живанчев, инж. грађевине, smiljka.zivancev@urbel.com*

*Резиме: Анализом су сагледане условљености из важећих и урбанистичких планова у изради на траси Друге фазе прве метро линије и Друге метро линије, као и урбанистички и саобраћајни параметри зона кроз које су планиране трасе метроа, уклапање метро система у околни простор и однос према осталим постојећим и планираним транспортним подсистемима. Такође, Анализом су детаљно сагледане евентуалне проблематичне зоне уклапања метро система у постојеће градско ткиво и планирана решења из важећих урбанистичких планова. Предмет Анализе су и ефекти функционисања метро система на околно подручје, као и утицаји на постојећу изграђеност. У Анализи се квантификују урбанистички и саобраћајни параметри и прогнозира тренд раста социо-економских карактеристика у саобраћајним зонама кроз које је планирана траса метроа. На основу резултата спроведене Анализе, биће предложене границе обухвата детаљне планске разраде Друге фазе прве линије и Друге метро линије, као и евентуалне измене планских решења у окружењу.*

*Кључне речи: метро, анализа, намена површине, саобраћај, планирање, прогноза*

### **1. Увод**

Повод за израду Анализе је потреба да се унапред детаљно анализирају и сагледају евентуалне проблематичне зоне уклапања метро система у постојеће градско ткиво и планирана решења из важећих планских докумената.

Циљ израде Анализе је сагледавање урбанистичких условљености из важећих урбанистичких планова као и планова у изради и уклапање решења метро система у простор којим се води метро траса, са максималним ефектима метро система на околно подручје и минималним негативним утицајима на постојећу изграђеност и планиране намене. На основу спроведене анализе предложене су границе обухвата детаљне планске разраде друге фазе прве линије и друге метро линије, као и измене и допуне планских решења у окружењу.

Предмет анализе су планска документа на траси друге фазе прве метро линије и друге метро линије.

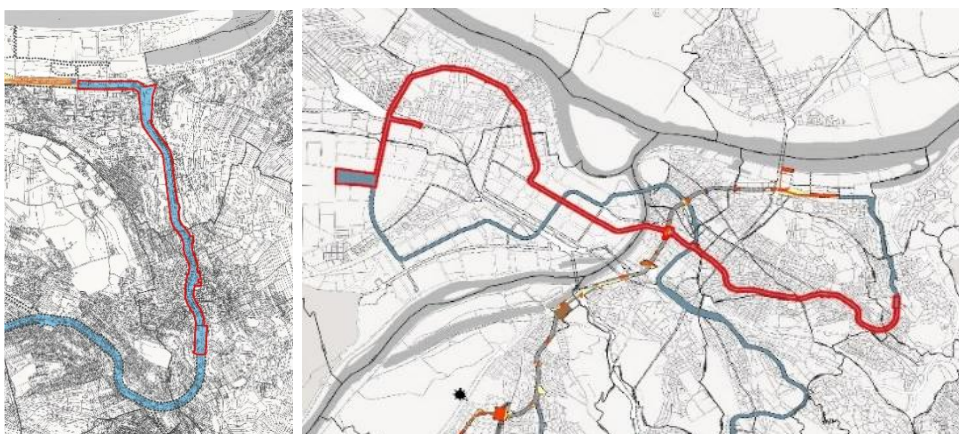
Друга фаза прве метро линије планирана је Планом генералне регулације шинских система у Београду са елементима детаљне разраде за прву фазу прве метро линије ("Сл. лист града Београда" бр. 102/21) (у даљем тексту: ПГР шинских система) [1] на потезу од Железничке станице Карабурма до Миријева. Предмет анализе на наведеном потезу су укупно 33 просторна и урбанистичка плана са евидентирањем потенцијално конфликтних места.

Друга метро линија планирана је ПГР-ом шинских система на потезу Миријево – Бежанија. Предмет анализе на наведеном потезу је укупно 119 просторних и урбанистичких планова са евидентирањем потенцијално конфликтних места.

## 2. Опис планираног стања метро система

Прва метро линија планирана је на правцу Железник - Макиш - Жарково - Беле воде - Трговачка - Пожешка - Парк "Баново брдо" - Ада Циганлија - Сајам - Мостар - Савски трг - Трг Републике - Скадарлија - Дунав - Панчевачки мост - Карабурма - Ада Хуја - Вишњичка - Миријевски булевар - 7. гимназија - Миријево.

Друга фаза прве линије обухвата део трасе прве линије од станице Карабурма до станице Миријево.



Слика 1: Граница друге фазе прве линије метроа и граница друге линије метроа

Друга метро линија планирана је на правцу Депо Бежанија – Кванташка пијаца - ЖС Земун – Нови Новосадски пут – Филипа Вишњића – Стадион Земун – Сењски трг – Александра Дубчека – Општина Нови Београд – Меркатор – Арена – Сава центар - Блок 18 – Савски трг – Мањез – Макензијева – Јужни булевар – Шуматовачка – Војислава Илића – Цветкова пијаца – Мите Ружића – Устаничка – Миријево.

Траса је, према ПГР-у шинских система, на делу од депоа Бежанија до петље "Змај" и Железничке станице Земун до станице Сава центар, планирана у отвореном ископу (cut&cover) док је од станице Сава центар до станице Миријево планирана у дубоком тунелу.

### **3. Утицај планираног метро система на постојећу планску документацију**

#### **3.1 Друга фаза прве метро линије**

Обухват границе друге фазе прве метро линије је готово у потпуности детаљно обрађен регулационим плановима, плановима детаљне регулације и непосредном применом правила грађења Плана генералне регулације. Израда плана детаљне регулације потребна је једино за Вишњичку улицу и подручје северно од Вишњичке улице.

Метро станице су планиране у оквиру површина планираних за мешовите градске центре, комерцијалне садржаје, саобраћајне површине, зелене површине и верске објекте.

Уочен је конфликт планиране трасе метро система са планираним и делом изграђеним интерцептором у зони Вишњичке улице као и са зацевљеним Миријевским потоком у зони Миријевског булевара.

Такође, у оквиру анализираних границе налазе се: археолошко налазиште (Праисторијска Карабурма – ниво заштите 3) у својству културног добра, три реализоване станице за снабдевање горивом, планирани топловод у оквиру Миријевског булевара, постојећи топловод магистралног реда планиран за реконструкцију (траса метроа је планирана управно на предметни топловод, а метро станица у непосредном окружењу), планирани дистрибутивни полиетиленски гасовод (управан на планирану трасу метроа).

Уочено је да је важећом планском документацијом планирано зацевљење Миријевског потока дуж Миријевског булевара док део потока у коме он престаје да прати трасу Миријевског булевара планира у регулисаном надземном току.

Предложена је корекција позиције станице Ада Хуја на начин да се помери источно ка станици Вишњичка и на тај начин избегне планирање евакуационо-вентилационог односно евакуационог шахта између станица Ада Хуја и Вишњичка.

#### **3.2 Друга метро линија**

Површина у обухвату границе друге метро линије је готово у потпуности детаљно обрађена регулационим плановима, плановима детаљне регулације и непосредном применом правила грађења Плана генералне регулације, једино је потребна израда плана детаљне регулације за део трасе непосредно уз метро станице Војислава Илића и Шуматовачка са северне стране Јужног Булевара, на позицији метро станице Блок 18, Кванташка пијаца и Депо Бежанија. Део трасе са припадајућим елементима метро система са Новобеоградске стране је највећим делом планиран у оквиру површина које су дефинисане непосредном применом правила уређења ППР-а Београда. [2]

Метро станице су планиране у оквиру површина планираних за зелене површине, саобраћајне површине, становање, мешовите градске центре, комерцијалне садржаје, јавне службе, површине за спорт, верске објекте и железницу.

Позиције станица, евакуационо-вентилационих и евакуационих шахтова потребно је ускладити са планираним позицијама коловоза, трамвајских баштица, као и постојећим и планираним инфраструктурним водовима.

Напоменуто је да је метро станица Мањеж планирана у оквиру јавне зелене површине – парка Мањеж који ужива заштиту природног добра и планирана је као преседачка станица са трећом метро линијом, да је метро станица Блок 18 планирана у оквиру мешовитих градских центара у центру блока чија саобраћајна матрица није разрађена. За предметни блок је започета израда плана детаљне регулације након спроведеног урбанистичко – архитектонског конкурса, али је предметни план стопиран због нерационалне експропријације приликом имплементације саобраћајног решења предметног конкурса.

Предложена је корекција позиције станице Нови Новосадски пут на позицију планираних комерцијалних садржаја уместо мешовитих градских центара како би се омогућило равномерна трансформација блока.

#### **4. Социоекономски показатељи и друге карактеристике дуж метро линија**

##### **4.1. Друга фаза прве метро линије**

###### **Постојећа намена површина**

У постојећем стању, доминантна намена овог подручја је становање са укупним учешћем од готово 40%, привредне делатности (око 11%), зелене површине (око 10%) док су остале намене у које се убраја мешовита намена (која укључује стамбени и пословни простор у одређеном процентуалном односу), мрежа саобраћајница, инфраструктурни објекти и комплекси, железница, водне површине, шуме итд. заступљене са близу 35%. Посебно се издваја веома мала заступљеност комерцијалних садржаја у постојећем стању (нешто више од 2%).

###### **Планирана намена површина**

У оквиру границе саобраћајних зона које су предмет ове Анализе, а односе се на другу фазу прве линије метро система, доминантну намену према важећем ПГР-у представља становање са учешћем од око 53% у укупно посматраној површини која је предмет анализе. Зелене површине и шуме покривају око 20% територије, а све остале намене су заступљене са учешћем мањим од 10%. У складу са наведеним ова зона града се у односу на планиране намене може сматрати доминантно стамбеном зоном.

###### **Прогноза броја становника**

Прогноза броја становника на посматраном подручју дата је за два временска пресека: 2027. и 2033. годину. Као базна година узета је 2021. година за коју је прогноза дата у Транспортном моделу Београда из 2015. године.

Укупан број становника у постојећем стању (2021. година), у оквиру подручја које је обухваћено предметним саобраћајним зонама износи 85 176. Према прогнози, у 2033. години треба очекивати пораст од око 12,2% у односу на постојеће стање. Највеће повећање броја становника може се очекивати у саобраћајној зони 147 (Ада Хуја) и то за 45% од 2021. до 2027. године, као и за додатних 45% од 2027. до 2033. године.

На дијаграму којим се описује тренд пораста броја становника, броја запослених по месту рада и броја запослених по месту становања може се уочити да се ради о линеарном повећању ових показатеља. У периоду од 12 година може се очекивати пораст броја становника за нешто више од 12%, броја запослених по месту

становања за nešto više od 13%, dok se porast broja zaposlenih po mestu rada može očekivati, takođe za oko 12%.

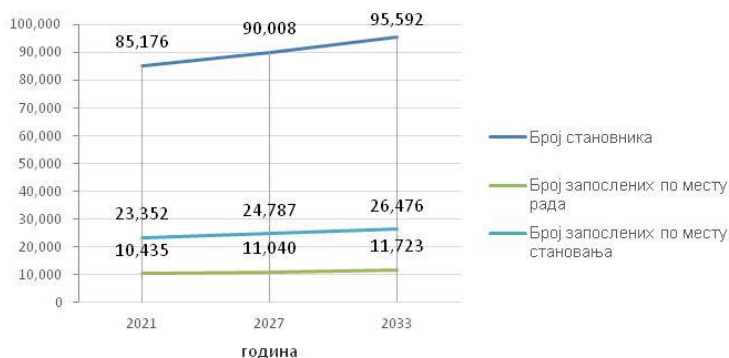


График 1: Тренд кретања социо-економских карактеристика саобраћајним зонама по годинама у граници друге фазе прве линије метроа

### Јавни градски транспорт путника

У коридору друге фазе прве метро линије који је планиран дуж улице Вишњичке и Миријевског булевара, у постојећем стању, саобраћа више аутобуских линија са дефинисаним стајалиштима која се налазе у оквиру петоминутне пешачке доступности од планираних метро станица.

Планираним ширењем трамвајске мреже дуж Вишњичке улице, реализацијом железничке станице Карабурма са новим линијама БГ воза и реализацијом метро система, опслуженост овог подручја системом јавног транспорта путника биће значајно побољшана. Централно место у будућем систему јавног транспорта путника имаће шински системи као његова окосница.

На свим планираним станицама метро система биће остварена веће или мања интермодалност система јавног транспорта путника.

### Процена повећања вредности некретнина у зони метро станица

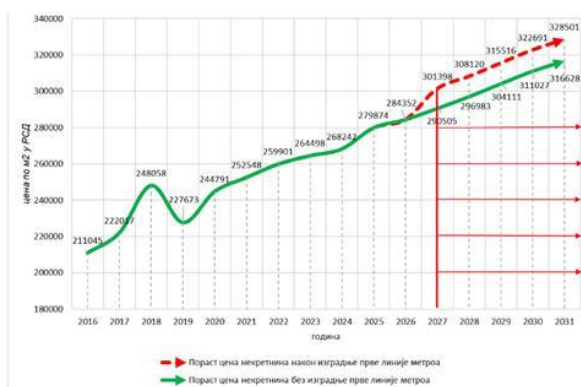


График 2: Тренд кретања социо-економских карактеристика саобраћајним зонама по годинама у граници друге фазе прве линије метроа

На основу података из базе Републичког завода за статистику извршена је процена пораста цене некретнина новоградње за случај постојања и не постојања метро система. Процењено је да ће цене новоградње имати линеран пораст у периоду до 2031. године. У вези са тим такође, процењено је да ће цена



новоградње бити већа за оне делове града који ће се налазити у непосредној доступности метро систему, у просеку за око 3,75%.

#### 4.2. Друга метро линија

##### Постојеће намена површина

У постојећем стању, доминантна намена у гравитационој зони друге метро линије је становање.

##### Планирана намена површина

Доминантна намена у коридору друге метро линије остаје становање са око 36% учешћа у укупној површини која је у обухвату анализе поменуто метро линије. Поред становања значајно учешће у планираној намени имају и привредне зоне и мешовита намена (која укључује стамбени и пословни простор у одређеном процентуалном односу) са око 10%. Све остале намене у коридору друге метро линије заступљене су са мањим процентуалним учешћем.

##### Прогноза броја становника

Укупан број становника у саобраћајним зонама које су у обухвату Анализе друге метро линије је око 308 000, за разлику од саобраћајних зона друге фазе прве метро линије у којима је 85 177 становника.

У периоду до 2027. године може се очекивати благи пораст броја становника на посматраном простору за око 2,7% што износи око 8 200 становника.

У периоду до 2033. године на посматраном простору може се очекивати пораст броја становника за 6,5% што износи око 20 000 становника.

Саобраћајне зоне у којима се може очекивати пораст броја становника су: зона 34 – Београд на води, 212 - простор између Аутопута и Сурчинског пута, МЗ Бежанијска коса, зона 233 – блокови 32 и 29 на Новом Београду.

Насупрот саобраћајних зона у којима је прогнозирано повећање, постоје саобраћајне зоне у којима се прогнозира смањење броја становника. То су пре свега: зона Филолошке гимназије на Зеленом венцу (зона 30), затим зона 58 (између улица Немањине, Балканске, Краљице Наталије и Кнеза Милоша), зона 59 на Врачару, зона 107 (простор око Цветкове пијаце и СЦ Олимп на Звездари), као и зона 192 (простор око ТПС Земун).

На дијаграму којим се описује тренд пораста броја становника, броја запослених по месту рада и броја запослених по месту становања, може се уочити да се ради о линераном повећању ових показатеља.

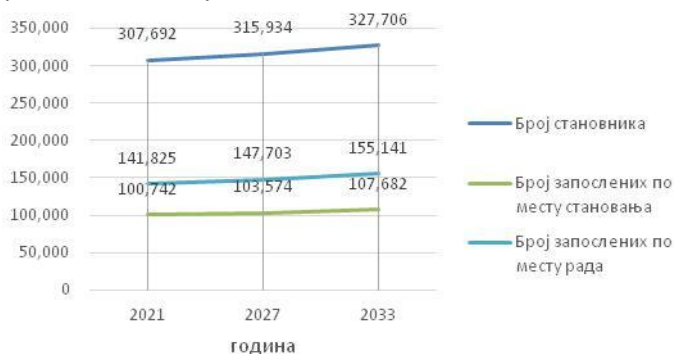


График 3: Тренд кретања социо-економских карактеристика по годинама у граници друге линије метроа

## Јавни градски транспорт путника

У оквиру предметног простора у функцији су сви видови јавног транспорта путника.

Према извршеној анализи утврђено је да се највећи број преседања са планираних метро станица може обавити са/на аутобуски подсистем превоза путника (на сваком стајалишту метроа), трамвајског подсистема (на 6 стајалишта метроа), тролејбуског подсистема (на 4 стајалишта метроа) и потом на линије БГ воза где би трансфер био могућ само у оквиру једног стајалишта метроа (Макензијева).

### Процена повећања вредности некретнина у зони метро станица

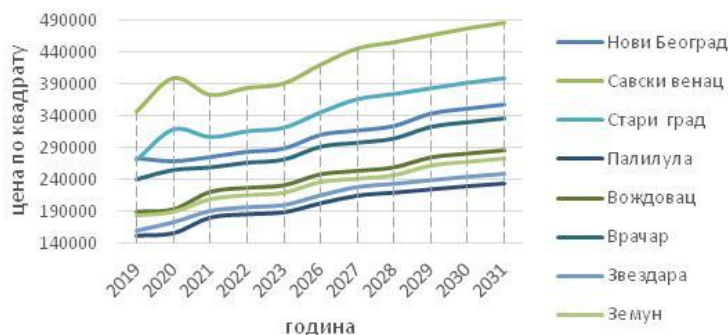


График 4: Прогноза цена новоградње у општинама по м2 од 2022. до 2031. године, изражена у РСД, кроз које пролази друга метро линија \*Улазни подаци: Републички завод за статистику [3]

Од укупног броја метро станица на другој метро линији, највећи број је у првој и трећој зони градског грађевинског земљишта, где у односу на базну 2021. годину по реализацији метро система треба очекивати пораст цене некретнина просечно за 19,34% до 2027. године, односно за око 30% до 2031. године.

## 5. Закључак

У наредном делу приказана је табела квантификације и просторног утицаја на другу фазу прве линије и другу линију метроа.

Сваки урбанистички план решењима у оквиру своје границе у мањој или већој мери утиче, не само на простор у његовом обухвату, већ и на околно ткиво. Тако и план метро система, због своје специфичности и комплексности, утиче на измене и допуне планских решења датих у урбанистичким плановима чији се обухват поклапа са обухватом плана метро система. Такође, планска решења метро система и решења из планова чија је израда у току, морају бити међусобно усаглашена и одржива. Овом анализом сагледане су условљености и решења из важећих урбанистичких планова као и планова у изради у односу на решења делова планираног метро система. На основу спроведене анализе предложене су границе обухвата детаљне планске разраде друге фазе прве линије и друге метро линије, као и измене и допуне планских решења у окружењу. Извршена је анализа социо-економских показатеља, у оквиру саобраћајних зона кроз које је планирана друга фаза прве линије метро система (11 зона укупне површине 1243 ха), као и друга линија (83 зоне укупне површине 4897 ха). Анализа је показала да ће број

становника, запослених по месту рада и број запослених по месту становања у периоду до 2033. године имати блажи линеарни пораст. Такође, на основу расположивих података, процењено је да ће цене новоградње бити веће за оне делове града који ће се налазити у непосредној доступности метро система.

Табела 1: Квантификација и просторни утицај на другу фазу прве линије и другу метро линију

	<i>Друга фаза прве метро линије</i>	<i>Друга метро линија</i>
<i>Број саобраћајних зона</i>	11	83
<i>Површина (ha)</i>	1243	4897
<i>Број становника</i>	85.177	308.000
<i>Број метро станица</i>	6	23
<i>Бр. планова</i>	33 просторна и урбанистичка плана.	119 просторних и урбанистичких планова.
<i>Намене које обухватају метро станице</i>	<i>Мешовити градски центри, комерцијални садржаји, саобраћајне површине, зелене површине, верски објекти</i>	<i>Зелене површине, саобраћајне површине, становање, мешовити градски центри, комерцијални садржаји, јавне службе, површине за спорт, верски објекти, железница</i>
<i>Покривеност плановима</i>	<i>Потпуна покривеност ПГР и ПДРовима и непосредном применом правила грађења</i>	<i>Потпуна покривеност ПГР и ПДРовима и непосредном применом правила грађења</i>
<i>Потребна израда плана</i>	<i>Израда ПДРа потребна је јза Вишњичку улицу и подручје северно од Вишњичке улице</i>	<i>Потребна израда ПДРова уз метро станице: Војислава Илића и Шуматовачка, Блок 18, Квантаска пијаца и Депо Бежанија</i>
<i>Корекција станица</i>	<i>Ада Хуја</i>	<i>Нови Новосадски пут</i>
<i>Инфраструктурни утицај</i>	<i>Планирано зацељење Миријевског потока дуж Миријевског булевара</i>	<i>Усклађивање позиције станица, евакуационо-вентилационих и евакуационих шахтова са позицијама коловоза и трамвајских баштица</i>
<i>Археолошка налазишта и природна добра</i>	<i>Праисторијска Карабурма – ниво заштите 3</i>	<i>Парка Мањеж - природно добро</i>

## Литература

- [1] План генералне регулације шинских система у Београду са елементима детаљне разраде за прву фазу прве линије метро система ;
- [2] План генералне регулације грађевинског подручја седишта јединице локалне самоуправе – град Београд (целине I- XIX) ;
- [3] Републички завод за статистику, Статистички годишњак Републике Србије 2021

## Summary

### **URBAN ANALYSIS OF PLANNING DOCUMENTATION (IN THE PREPARATION AND VALID) IN RELATION TO PARTS OF THE PLANNED ROUTE OF THE METRO LINE IN BELGRADE – THE SECOND PHASE OF THE FIRST LINE AND THE SECOND METRO LINE**

*Abstract: The analysis looked at the conditions from the valid and urban planning plans under construction on the route of the Second Phase of the first metro line and the Second Metro Line, as well as the urban and traffic parameters of the zones through which the metro routes are planned, the integration of the metro system into the surrounding area and the relationship with other existing and planned transport subsystems. Also, the analysis looked in detail at potential problem areas of fitting the metro system into the existing urban fabric and planned solutions from valid urban plans. The subject of the analysis are the effects of the functioning of the metro system on the surrounding area, as well as the effects on the existing construction. The analysis quantifies urban and traffic parameters and forecasts the growth trend of socio-economic characteristics in the traffic zones through which the metro route is planned. Based on the results of the analysis, the boundaries of the detailed planning of the second phase of the first line and the second metro line will be proposed, as well as possible changes to the planning solutions in the area.*

*Key words: metro, analysis, zoning, traffic, planning, forecast*

## STUDIJA UTICAJA NOVIH STAMBENIH OBJEKATA NA SAOBRAĆAJ

*Bojan Orović, International Vessel & Barge Chartering doo, Beograd, email: orovic@ivb.rs  
Vladimir Đorić, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Beograd, email: v.djoric@sf.bg.ac.rs*

*Rezime: Studije uticaja su relativno slabo korišćene analize u našoj inženjerskoj praksi kojima bi trebalo da se preciznije definišu efekti izgradnje raznih objekata na postojeću saobraćajnu mrežu. Novi stambeni kompleksi za kolektivno stanovanje se grade i na mestima gde je saobraćajna mreža već razvijena do punih prostornih kapaciteta, na mestima koja su prethodno zauzimali industrijski ili vojni kompleksi, zone individualnog stanovanja ili zelene površine. Na taj način dolazi do značajne promene veličine i tipa saobraćajnih zahteva, koje postojeća lokalna saobraćajna mreža nije u mogućnosti da prihvati uz zadovoljavajući nivo usluge. U radu je prikazana metodologija analize uticaja koja je zasnovana na pozitivnoj praksi sa posebnim osvrtom na projekat „Voždove kapije“, uz predstavljanje elemenata analize saobraćajnog sistema na koje će izgrađeni kompleks imati uticaj.*

*Ključne reči: studija uticaja, analiza uticaja stambenih objekata na saobraćajni sistem*

### 1. Uvod

Izgradnju novog objekta ili kompleksa, bez obzira na prirodu sadržaja (stanovanje, komercijalna ili poslovna zona, industrija, zabavni ili kulturni sadržaji) od početka do kraja prati ceo niz analiza – od samog izbora lokacije, preko projektovanja izgleda i veličine, pristupa sa javnog prostora, parkinga itd. Studija uticaja novog sadržaja na saobraćajni sistem i okolinu trebalo bi da bude obavezan deo svakog projekta, sa obimom određenim u odnosu na veličinu i lokaciju objekta, sa učešćem svih zainteresovanih strana- projektanata, investitora, lokalnih vlasti, nevladinih organizacija i građana. U domaćim pravilnicima i zakonodavstvu, ne postoji usvojeni standard ili pravilo koji propisuje kada i kako se studija uticaja zahteva i radi, a samim tim, ni usvojena metodologija izrade studija uticaja. U praksi, studija uticaja je najčešće zahtevana za velike trgovačke centre ili potpuno nova stambeno-poslovna naselja (i to mahom samo studija uticaja na životnu sredinu), dok je neosetljiva na izgradnju pojedinačnih ili grupe pojedinačnih stambenih, industrijskih ili komercijalnih objekata.

U međunarodnoj praksi, različit je nivo detaljnosti pravila o potrebi i metodologiji izrade studija. U SAD, pravilnici i metodologije postoje na nivou svake savezne države i megapolisa, jasno definisano ko, kada i kako bi trebalo da sprovodi studiju uticaja. U Evropi, ne postoji uredba na nivou Evropske Unije, već zavisi od države do države, tako da razvijenost svesti i pravila o studiji varira. Na ostalim kontinentima, razvijena društva imaju svoje metodologije izrade studije uticaja (Kina, Novi Zeland, Australija, Južnoafrička republika) ili veliki gradovi u kojima postoje problemi sa zagušenjima (Bangkok, Sao Paolo, Bombaj).

## 2. Pregled literature

### 2.1. Pojam studija uticaja

Studija uticaja predstavlja sveobuhvatan pregled svih potencijalnih promena u saobraćaju nastalih zbog objekata predloženih za izgradnju ili rekonstrukciju u skladu sa urbanističkim planom, a sa ciljem prevencije i ublažavanja mogućih narušavanja ciljanog nivoa saobraćajne usluge. Svaka nova izgradnja će generisati putovanja na postojećoj saobraćajnoj mreži, kako putničkim automobilima i komercijalnim vozilima, tako i putovanja biciklom, peške i javnim prevozom. U slučaju kada je predloženi objekat po veličini ili tipu takav da je očekivano da generiše veliki broj putovanja na okolnoj saobraćajnoj mreži, potrebno je sprovesti studiju uticaja kako bi bilo utvrđeno da li će taj dodatni zahtev usloviti neke promene na mreži. [1]

Studija uticaja je važan deo analize izvodljivosti i opravdanosti izgradnje novog sadržaja. Uvid u studiju uticaja pomaže vlastima u donošenju odluke o dozvoli za gradnju ili sledećim koracima u razvoju saobraćajnog sistema u odnosu na obim i intenzitet aktivnosti koji nov sadržaj donosi. Studije uticaja su posebno značajne zbog preventivnih mera, kojima se ublažava uticaj novog sadržaja na saobraćajni sistem i pre javljanja prvih osetnih promena na saobraćajnom sistemu. [2]

Osnovni ciljevi studija uticaja su:

- Utvrđivanje uslova funkcionisanja saobraćaja na mreži u slučaju kada predloženi sadržaj nastaje u zoni gde je infrastruktura izgrađena a u okolini postoji još predloženih sadržaja i raspoloživih lokacija za izgradnju
- Identifikacija unapređenja mreže potrebnih da se održe trenutni uslovi u funkcionisanju saobraćaja
- Provera da li će pristupi sadržaju blokirati saobraćaj na mestu pristupa i u okolini
- Obezbeđivanje osnovne (okvirne) procene troškova sprovođenja mera ublažavanja uticaja
- Realizacija u duhu uključenja zainteresovanih strana u ceo proces sa primenom ciljeva održive mobilnosti
- Prostorni raspored korisnika u okolini budućeg planiranog objekta sa posebnim osvrtom na kontakt objekta ili većine korisnika objekta sa visokokapacitivnim i ulicama/putevima visokog ranga
- Pronalaženje rešenja koje najmanje utiče na nesmetan saobraćaj na glavnim saobraćajnicama u blizini a ne ugrožava osnovnu opslugu objekta [2]

### 2.2. Primeri dobre prakse

Studije uticaja i koristi prethodnog planiranja nisu svuda u svetu u inženjerskoj praksi prepoznate kao obavezna i značajna aktivnost. Najrazvijenija praksa u vezi sa studijama uticaja je u SAD, gde postoji generalni pravilnik na nivou svake države, i specijalni na nivou megapolisa. Sa izuzetkom Evrope, američki pravilnici i priručnici su najčešće preuzeti i u ostatku sveta, sa manjim modifikacijama u odnosu na karakteristike područja za koji su pravilnici razvijani. [3]

U Evropi, osim Ujedinjenog Kraljevstva, jasan pravilnik za studije uticaja ne postoji. Studije su obično integrisane u druge planove, ili su zahtevane samo za velike objekte, ili se rade kao deo studija ekološkog uticaja.

U Južnoafričkoj Republici, procedura izrade i pravni osnov za Studije procene uticajase nalazi u Integrisanom transportnom planu, dokumentu kojim je formulisana vizija, politika i strategija razvoja neke jedinice samouprave (opštine, grada, regiona), sa posebnim akcentom na saobraćaj, sa navedenim projektima čija je realizacija planirana u petogodišnjem periodu.

Planiranje saobraćaja mora biti integrisano sa razvojem novih urbanističkih celina, a studija uticaja ne sme da bude samostalna, tj. njene rezultate i zaključke bi trebalo posmatrati u odnosu na ciljeve iz planova višeg reda.[4 i 5]

Hongkong, iako privilegovani kineski region, oduvek je bio pod snažnim uticajem Ujedinjenog Kraljevstva, pa samim tim i planiranje saobraćaja prati britansku praksu. Svaki distrikt u Hongkongu ima svoj saobraćajni model, sa modelovanjem saobraćaja pet godina unapred. Podaci iz ovih modela se koriste prilikom izrada studija uticaja. Modelovanje uticaja se vrši za većinu objekata isključivo radi identifikacije svih potencijalnih problema u mreži i od inženjera se isključivo očekuje da predvide lokalne efekte. U izradu studije uticaja se uključuju sve zainteresovane strane, na internim sastancima i javnim raspravama o objektu ili kompleksu. [7]

U Ujedinjenom Kraljevstvu postoji veliki broj dokumenata koji obezbeđuje vođenje kroz pripremu i izradu studija uticaja koja su pripremili različite organizacije i lokalne vlasti u Ujedinjenom Kraljevstvu. Najznačajniji su:

- Vodič za studije uticaja, izdat od Ministarstva lokalne samouprave, odseka za transport
- Studije uticaja i realizacija projekata: Vodič, izdato od škotskih vlasti
- Vodič za najbolju praksu izrade studija uticaja, izdat od londonske vlasti, odseka za saobraćaj

Vodič za studije uticaja pruža neophodne informacije za pripremu studija saobraćajnih uticaja i saobraćajne izveštaje (za objekte za koje nije neophodna studija uticaja). Izveštaji su potrebni i vlastima i investitorima, kako bi olakšali određivanje potrebnog obima studije za objekat konkretne namene i gabarita.

### **3. Metodologija izrade studije slučaja**

Obim, metodologija i sadržaj studije slučaja za kompleks „Voždove kapije“ biće prilagođeni domaćoj praksi i potrebama a po ugledu na međunarodna iskustva i problemeu saobraćaju u Srbiji i Beogradu.

Sadržaj studije obuhvataju sledeće celine:

- Uvod, u kojem će biti navedeni urbanistički plan i ostala pravna dokumenta u skladu sa kojim se kompleks objekata na ovoj lokaciji i u ovim gabaritima gradi
- Prostorni obuhvat studije, u kojem će biti prikazana i navedena površina, ulice, pešačke staze i raskrsnice koje će biti obuhvaćene studijom
- Objekat – opis i veličina objekta, vreme puštanja u eksploataciju, mesta

pristupa objektu, komercijalne informacije

- Postojeće stanje – opis tehničko eksploatacionih karakteristika ulica koje su obuhvaćene studijom, pešačkih i biciklističkih staza, parkiranja, javnog prevoza, značajnih objekata. U okviru analize postojećeg stanja biće sprovedeno saobraćajno istraživanje, prikazani podaci dobijeni istraživanjem o protocima na raskrsnicama u vršnim periodima i broju nastalih putovanja koje su kao izvor i cilj imala objekte koji su već useljeni
- Prognoza uticaja – prognoza funkcionisanja saobraćaja u zoni u trenutku useljenjekompleksa u celini, sa osvrtom na parkiranje, broj nastalih putovanja od kompleksa i saobraćaj na raskrsnicama u blizini
- Ocena stanja sa predlogom mera unapređenja – komentar na dobijene rezultate i vrednosti saobraćaja u postojećem stanju.

### **3.1. Analiza stanja - saobraćajne analize**

Analiza stanja saobraćaja uopšteno može sadržati sledeće celine, naravno u zavisnosti od postojanja pojedinih celina na konkretnom prostoru obuhvata analize uticaja.

- Javni masovni prevoz - analiza opsluženosti prostora podsistemom JP
- Tehničko eksploatacione karakteristike ulica u zoni studije
- Analiza saobraćajnih tokova u uticajnoj zoni
- Pešačka i biciklistička infrastruktura
- Karakteristike parkiranja
- Putanja do stajališta javnog prevoza
- Putanja do škola
- Istraživanje nastajanja i karakteristika putovanja novog objekta (obima, vremenska, vidovne raspodele kretanja itd.)

Sve prikupljene informacije, analize i istraživanja predstavljaju ulazne podatke za prognozu karakteristika kretanja. Metode prognoze se uglavnom zasnivaju na analogiji sa sličnim objektima, sa naglaskom na uticaj novog stambenog kompleksa „Voždove kapije“ na saobraćaj u neposrednoj okolini, upotrebom prostih prognoza rasta saobraćaja i putovanja, u odnosu na postojeće stanje i opšte saobraćajne navike i karakteristike stanovništva.

## **4. Studija slučaja - naselje voždove kapije**

Stambena novogradnja u Srbiji, a posebno u Beogradu, uglavnom ima sledeće karakteristike:

- Maksimalna površinska izgrađenost parcele ili bloka
- Nedovoljan broj parking mesta i izostanak mehanizama koji bi učinili garaže u celosti popunjenim
- Veliki gustina stanova po jedinici površine (i nemerljivo povećanje u odnosu na postojeće stanje)
- Neadekvatne pešačke površine (sa akcentom na nizak nivo pristupačnosti ranjivim korisnicima)
- Potpuni izostanak zelenih površina ili mali prostor pod zelenilom



- Učestalo ignorisanje neposredne okoline u kontekstu lokacije u gradu i/ili dimenzija objekta/kompleksa u odnosu na objekte u okolini
- Izostanak analize ulaza/izlaza na parkiralište na glavni saobraćajni tok
- Izostanak analize sposobnosti okolne saobraćajne mreže da opsluži budući saobraćajni zahtev usled promene broja stanovnika, putničkih automobila, radnih mesta itd. zone, pre svega u vršnim časovima

Dodatno, u poslednjih nekoliko godina, pre svega u Beogradu, većina novih stambenih kompleksa se gradi po principu zatvorenih dvorišta čime se ograničava pristup pešacima za tranzit kroz stambeni blok i/ili boravak u dvorištu, čime ti kompleksi značajno narušavaju i atraktivnost pešačenja kao načina ispunjenja potrebe za putovanjem, čak i namanjim udaljenostima između izvora i cilja.

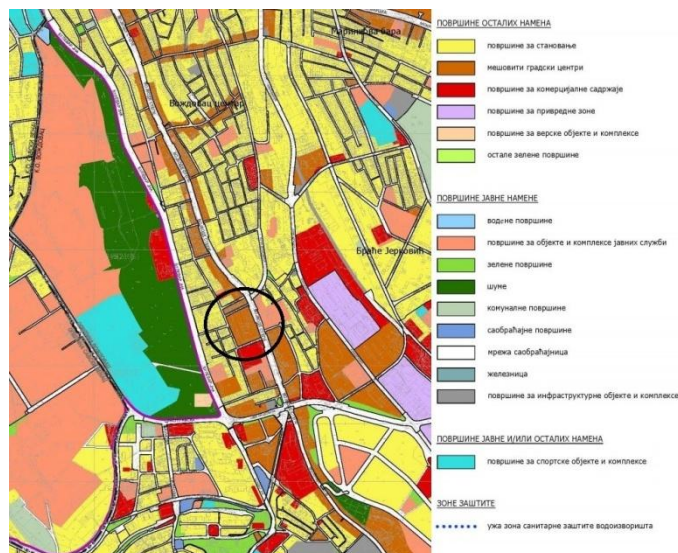
S obzirom da projekat „Voždove kapije“, i većina objekata novogradnje u Ulici Vojvode Stepe u širem smislu ispunjavaju navedene kriterijume, uticaj novih stambenih kompleksa na postojeću saobraćajnu mrežu će biti predstavljen u nastavku kroz ovaj projekat.

Izgradnja bilo kog novog objekta utiče na funkcionisanje saobraćaja u njegovoj okolini, u manjoj ili većoj meri. Komplex sa oko 2500 stanovnika, 779 stanova i preko 30 poslovnih prostora, na mestu gde do tada nije postojalo radnih mesta ili stambenih jedinica proizvešće značajne promene u funkcionisanju saobraćaja i u gušće naseljenim područjima od okoline „Voždovih kapija“.

#### **4.1. Rezime problema**

Uticaj kompleksa „Voždove kapije“ na okolinu najbolje je analizirati kroz tri segmenta:

- Ranjivi korisnici: pešaci, osobe sa invaliditetom, biciklisti, vozači električnih trotineta
- Stacionarni saobraćaj: zahtevi, način realizovanja parkiranja u zoni i raspoloživakapaciteti
- Dinamički saobraćaj: saobraćaj putničkih automobila u zoni studije i raskrsnicamasa Ulicom Vojvode Stepe



Slika 1: Plan generalne regulacije: položaj i okolina kompleksa „Voždove kapije“

#### 4.2. Ranjivi korisnici

Pešaci i osobe sa invaliditetom nailaze na probleme prilikom realizovanja kretanja u zoni studije u postojećem stanju – uski trotoari sa rupama, česte prepreke na trotoarima u vidu drveća, kontejnera, komunalne opreme i legalno ili nelegalno parkiranih automobila. Pešački prelazi su većinom neobeleženi i nedefinisani u zoni raskrsnica. Posebnu pažnju je potrebno obratiti na prilaz i najlakši put do škole učenicima, s obzirom na osnovnu školu „Filip Filipović“ koja se nalazi nedaleko od kompleksa, u Bulevaru Oslobođenja. Roditelji sa decom u kolicima deo svog kretanja, u postojećem (ali i budućem ukoliko ne dođe do intervencije) stanju, moraju realizovati kolovozom. Biciklisti i električni trotineti (koji beleže dinamično rastući trend upotrebe) nemaju odvojene staze ili je nemoguće zbog kvaliteta podloge i prepreka da realizuju kretanje trotoarom, što negativno utiče na bezbednost korisnika ovih vidova prevoza. Svi navedeni postojeći problemi će samo biti uvećani nakon kompletne izgradnje kompleksa ukoliko ne dođe do značajnih upravljačkih i eksploatacionih promena na infrastrukturi.

#### 4.3. Parkiranje

U postojećem stanju evidentan je problem u parkiranju u zoni studije i okolnim zonama i ulicama. Postojeći raspoloživi kapaciteti su neprestano popunjeni, a broj parkiranih vozila je u svim periodima veći od broja dostupnih parking mesta. Vozila se parkiraju na različitim lokacijama (trotoarima, u zoni raskrsnica, na zelenim površinama...) tako da ne ugrožavaju prolazak motornih vozila ulicom, ne obraćajući pažnju na pristupačnost pešaka. Pored nelegalno parkiranih vozila, veliki broj vozila se na dozvoljenim mestima parkira drugačije nego što je to predviđeno (parkiranje na trotoaru umesto pola- pola i slično). Nakon što kompleks bude kompletno izgrađen i funkcionalan, a ukoliko ne dođe do upravljačkih promena, problem će biti višestruko veći i ugroziće saobraćaj svih kategorija korisnika i potencijalno povremeno proizvesti potpuni prekid saobraćaja u ulicama između Bulevara Oslobođenja i Vojvode Stepe.

Predviđeno je da kao deo kompleksa bude izgrađeno 787 parking mesta. Ipak, s obzirom da će sva parking mesta privatna tj. obezbeđena rampom, novoizgrađena parking mesta neće imati uticaj na poboljšanje parkiranja u zoni, iz sledećih razloga:

- Deo stanovnika neće imati parking mesto u okviru kompleksa, već će svoj automobil parkirati u neposrednoj okolini kompleksa, i posledično samo povećavati već postojeći problem sa parkiranjem
- Zaposleni i gosti kompleksa neće imati parking mesta u okviru kompleksa, i time će takođe svoje automobile parkirati u neposrednoj okolini kompleksa i povećati problem sa prostorom za parkiranje u okolini.

#### **4.4. Saobraćaj putničkih automobila**

Kada je u pitanju funkcionisanje saobraćaja u neposrednoj okolini kompleksa, postojeći kapaciteti će moći da odgovore zahtevima, uz povremene i kratkotrajne gužve u vršnim periodima, kada dođe do eventualnih petominutnih skokova zahteva, posebno u zonama istraživane dve raskrsnice sa Ulicom Vojvode Stepe. U odnosu na postojeće stanje, a nakon useljenja kompleksa u punom kapacitetu, potrebno je uvesti upravljanje saobraćajem na raskrsnici Vojvode Stepe i Otokara Kerošovanija svetlosnim signalima (obavezno u koordinaciji sa bliskim signalom ispred Saobraćajnog fakulteta), i dozvoliti pun režim saobraćaja na raskrsnici. U postojećem stanju, iz Otokara Kerošovanija je dozvoljeno u Ulicu Vojvode Stepe skrenuti isključivo desno, iako većina vozača ne poštuje ovo ograničenje već, u skladu sa mogućnostima, skreće i levo u Vojvode Stepe, presecajući glavni tok ka Trošarini.

Kada izađu na visokokapacitivnu gradsku uličnu mrežu, što će, kako je navedeno, biti jedan relativno udoban proces, većina vozača će putovanja realizovati preko Autokomande ili Trošarine. Procena je da će u vršnom satu između 90 i 95 putničkih automobila iz kompleksa „Voždove kapije“ svoj transportni zahtev realizovati preko Autokomande. U svakom slučaju, useljenjem kompleksa, očekuje se oko 750 novih automobila u zoni, koji će u svakom slučaju doprineti povećanju saobraćaja, s obzirom da je pre izgradnje kompleksa zona bila nenaseljena / bez automobila. Kada uzmemo u obzir da se u blizini kompleksa grade još 2 veća stambena kompleksa („Park Villa Residence“ i

„Vojvoda Residence“ sa kumulativno oko 500 stanova, kao i značajan broj manjih stambenih novogradnji, evidentno je da će Autokomanda i raskrsnica Vojvode Stepe-Save Maškovića imati dodatno povećanje transportnih zahteva.

#### **5. Zaključak**

Najveći izazov sa kojim se danas susreću saobraćajni inženjeri i planeri je kreiranje sistema u skladu sa ciljevima održivog razvoja, tj. da se smanji potreba za dugim putovanjima u okviru grada i putovanjima putničkim automobilom, kao i da se napravi sistem pristupačan za sve kategorije korisnika, poveća upotreba javnog prevoza, pešačenja i bicikla i smanji ukupna potrošnja energije. Studije uticaja novih objekata na saobraćajni sistem je ključno za razumevanje svih problema i šansi za napredak u jednom sistemu, s obzirom da je nemoguće obuhvatiti sve detalje i potencijalne pretnje funkcionisanju sistema višim planskim dokumentima.

Studije uticaja su koristan alat prevencije nastajanja problema i generator uštede za upravljača infrastrukturom i za korisnike sistema, i njihova realizacija je pretpostavka balansiranog razvoja gradova.

### Literatura

- [1] Pande, A., Wolshon, B., "Traffic Engineering Handbook Seventh Edition", New Jersey, USA, ITE (2016)
- [2] Weller, P., "Transport impact guidelines for site development", New Zealand, Land Transport New Zealand (2007)
- [3] Traffic and Transport Assessment Guidelines, Dublin, Republic of Ireland, National Roads Authority (2004)
- [4] "South African Traffic Impact and Site Traffic Assessment Manual", South Africa, COTO (2012)
- [5] "South African Traffic Impact and Site Traffic Assessment Standards and Requirements Manual", South Africa, COTO (2014)
- [6] "City of Johannesburg Transport Assessment Guidelines", South Africa, City of Johannesburg (2017)
- [7] "Transport planning and design manual", Hong Kong, Hong Kong Transport Department (2001)

### Summary

## Traffic Impact Study of New Housing developments on Existing Traffic

*Abstract: Traffic Impact Studies shall help understanding and evaluating impact of new residential developments on existing traffic and transport infrastructure in the adjacent area. Traffic Impact Studies are not frequently used analysis in domestic planning and engineering practice. In Serbia, new multi-family residential developments are most often being built in the areas where street and road infrastructure is already developed up to the full spatial capacities, and where in the past land was used for industry, military, green areas or single-family residential. With change of land use, traffic demand is being severely changed as well (usually being increased), and existing infrastructure is often not ready to support same with satisfying Level of Service. In this paper traffic impact study methodology will be presented, based on international practice in this field, with using „Vozdove kapije“ multifamily residential as case study example.*

*Key words: traffic impact study, traffic impact analysis of residential areas*

## UVOĐENJE BRT – STUDIJA SLUČAJA ZA GRAD SKOPLJE

*Olivera Petrovska, Univerzitet Majka Tereza, Skopje, Fakultet tehničkih nauka, olivera.petrovska@unt.edu.mk*

*Jovan Hristoski, Univerzitet Majka Tereza, Skopje, Fakultet tehničkih nauka, jani.hristoski@unt.edu.mk*

*Daniel Pavleski, Univerzitet Majka Tereza, Skopje, Fakultet tehničkih nauka, daniel.pavleski@unt.edu.mk*

*Andon Petrovski, 24 ING dooel Bitola, 24ingbt@gmail.com*

*Darko Spasenovski, 24 ING dooel Bitola, 24ingbt@gmail.com*

*Rezime: Skoplje, kao glavni grad, ne razlikuje se mnogo po problemima u saobraćaju od ostalih gradova koji koriste transportni sistem koji se prvenstveno oslanja na automobile. Iako je reč o gradu sa više od pola miliona stanovnika, danjašni sistem javnog prevoza obuhvata samo autobuski sistem. Mreža linija se oslanja na koncept direktnih linija, gradski autobusi nemaju nikakvu vrstu prioriteta, dodajući gubitak vremena putovanja zbog saobraćajnih gužvi, relativno nisku frekvenciju u pouzdanost usluge. U oblasti ulaganja za unapređenje sistema javnog prevoza u Skoplju i uviđanje potrebe za uvođenjem brzog, kvalitetnog, ekološki prifatljivog i atraktivnog prevoza, Grad Skoplje je odlučio da uvede sistem brzog autobusnog prevoza – BRT. Vrsta sistema masovnog javnog prevoza koji pruža mnogo viši nivo transportne usluge u veći kapacitet u odnosu na klasičan gradski autobuski prevoz. U ovom radu sumirani su rezultati studije BRT za Grad Skoplje za implementaciju Linije br. 1, duga 12.81 km u jednom pravcu, servis frekvencije u vršnom satu na svaka 3 – 4 minuta, izbor novog CNG hibridnog autobusnog vozila (do 24 m dužine), fizičko razdvajanje autobuskih linija, nova strategija prioriteta BRT-a za 54 signalizovane raskrsnice sa realnim simulacijama vremena, smanjenje vremena transporta za više od 50%, novi dizajn sadržaja za dva terminala depoa i novi dizajn 21 autobuske stanice sa sistemom prilaza metrou.*

*Ključne reči: BRT, saobraćaj, simulacija*

### 1. Увод

Главни град Македоније, Скопље, не разликује се много по проблемима у саобраћају од других градова који имају систем превоза који се првенствено ослања на аутомобиле. Загушења у саобраћају, изгубљено време, недостатак паркинг места и повећано загађење животне средине проблеми су са којима се свакодневно суочавају становници града. Захтеви за решавањем ових проблема у последње време су постали још јачи, посебно због озбиљних проблема загађења ваздуха.

Одговор на ове проблеме, данас у свету, али и у граду Скопљу, тражи се у решењима која подржавају одрживу мобилност. Ова решења подразумевају дестимулисање коришћења аутомобила као превозног средства у граду, које захтева превише простора и значајног загађивача животне средине, и подстицање коришћења других видова превоза. То подстицање се врши обезбеђивањем квалитетне алтернативе – адекватне инфраструктуре, пројектовања саобраћајних елемената који подржавају друге видове транспорта, пружања квалитетне

транспортне услуге и економских, регулаторних и других мера које подстичу одрживе видове транспорта.

Иако је реч о граду са више од пола милиона становника, данашњи систем јавног градског превоза обухвата само аутобуски систем. Мрежа линија се ослања на концепт директних линија, али како није усклађена са урбанистичким развојем града, јавља се изузетно велики број путника који се преседају, што је у супротности са концептом директних путовања. Аутобуси градског превоза немају никакав приоритет и подложни су додатном губитку времена због гужви, посебно у вршним сатима. Као резултат тога, брзине услуге у вршним сатима на неким линијама су испод 14 км/ч, што резултира дугим транзитним временом. Изненађује податак да је јавни градски превоз у Скопљу 1989. године, када је био мали град, превозио око 150.000.000 путника годишње, а данас је та цифра испод 50.000.000 годишње.

У оквиру настојања да се унапреди систем јавног градског превоза у Скопљу и увиђања потребе за увођењем брзог, квалитетног, еколошког и атрактивног вида превоза, одлучено је да се уведе систем брзог аутобуског система - БАС (у енглеском говорном подручју- Bus Rapid Transit – BRT).

## **2. Основне карактеристике брзог аутобуског система**

Иако систем брзих аутобуса – БАС укључује аутобусе као превозно средство, овај систем је НОВА ВРСТА јавног градског превоза који пружа много виши ниво услуге превоза и већи капацитет у поређењу са класичним аутобуским градским превозом.

Основни елементи дизајна и карактеристике БАС-а подређени су циљу постизања већих транспортних брзина, већег капацитета линије, веће поузданости услуге, а тиме и веће атрактивности и вишег нивоа услуге. Ово се постиже са:

- Обезбеђивање физички одвојене трасе од остатка саобраћаја како би се елиминисао губитак времена услед загушења саобраћаја;
- Раскрснице су у нивоу, али су решене светлосном сигнализацијом, при чему је приоритет за возила БАС-а;
- БАС станице су затвореног типа, односно преузимање, валидација или провера карте се врши на станици, а не у возилу. Тиме се минимизира време уласка и изласка путника, односно време задржавања возила на станицама;
- Обично се користе савремени зглобни аутобуси, а одавно и двозглобни аутобуси, како би се обезбедио већи капацитет;
- Избор погона аутобуса је у правцу обезбеђивања високих еколошких стандарда;
- БАС обухвата коришћење нових технологија и информационих решења, пре свега у области информисања путника у реалном времену (АВЛ, информациони систем у реалном времену, плаћање паметним картицама или мобилним телефоном итд.)

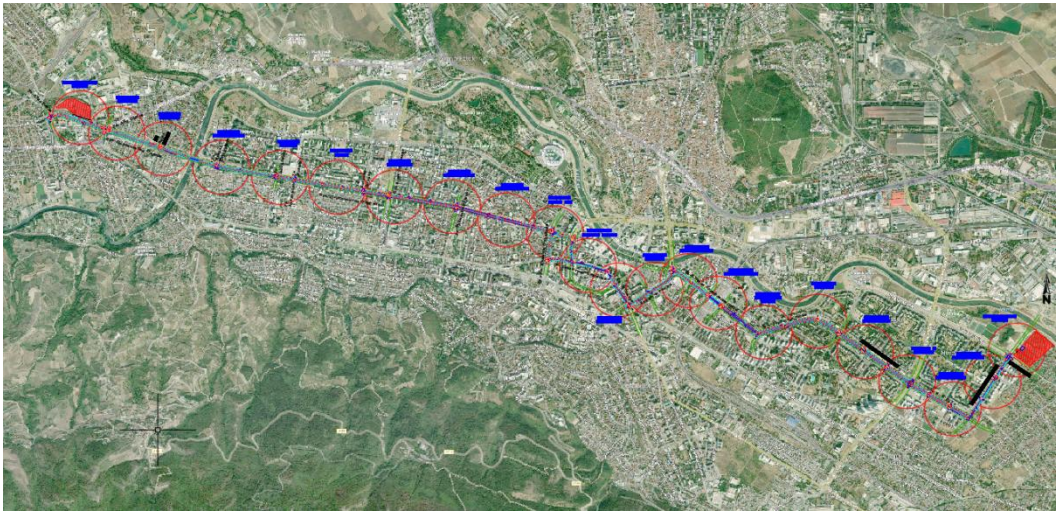
## **3. Истраживања**

### **3.1. Област истраживања**

Предмет овог рада је имплементација брзог аутобуског система – БАС у граду Скопљу, односно изградња линије 1 са трасом од Ђорче Петрова до Новог Лисиче у дужини од 12,81 км у једном правцу и са 21 станица и два терминала. Циљ је смањење саобраћајних гужви, смањење времена путовања, смањење загађења животне средине као и обезбеђење брзог, високог капацитета, поузданог,

еколошког и атрактивног јавног градског превоза проналажењем оптималног решења за БАС линију 1, део брзог аутобуског система који је планиран за град Скопље.

Подручје покривања је дефинисано у следећим границама: од депоа Ђорче Петров до депоа Ново Лисиче у Скопљу са укупном дужином трасе од 12.800,00 метара, као и покривеност прилаза раскрсницама, приказаним на слици 1.



Слика 1: Област истраживања

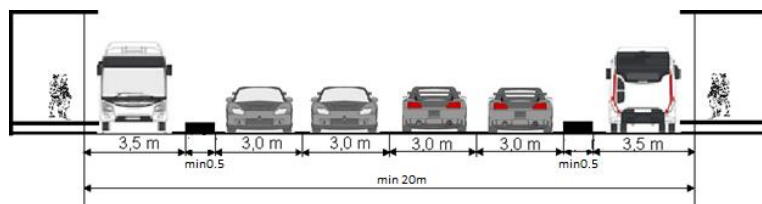
### 3.2. Анализа и избор алтернативних решења

Постављање БАС трасе може се извести на више различитих начина, а свако од тих решења има своје предности и мане. Основни начини постављања и покретања БАС руте су:

- Постављање трасе у крајњој десној саобраћајној траци
- Постављање БАС трасе у централном делу коловоза
- Једна централна БАС станица, возила са левим вратима БАС линија 1 у Скопљу
- Одвојене бочне БАС станице, возила са десним вратима, БАС линија 1 у Скопљу
- Једна централна БАС станица, возила са десним вратима, БАС траке у супротном смеру од остатка саобраћаја, БАС линија 1 у Скопљу
- Једна централна БАС станица, возила са десним вратима, прелазак БАС трака са приступом перону станице лево пре и после БАС станице

У складу са анализираним алтернативним решењима за изглед трасе БАС-а, у погледу избора најбољег, може се закључити да:

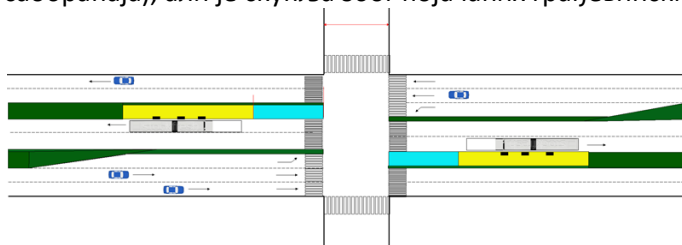
Варијанта А, односно постављање БАС трака на крајњу десну страну путева, одбија се од даљег разматрања, због карактеристика које су у супротности са циљевима, а то су брзина превоза, поузданост услуге и повећани трошкови за БАС станице.



Слика 2: Варијанта А

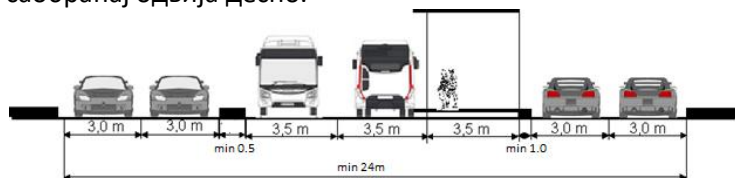
Варијанта Б1 са централном БАС станицом за оба смера кретања и са возилима са левим вратима, омогућава реализацију са најнижим трошковима изградње и најмање грађевинских интервенција на постојећим саобраћајницама. Увођење БАС-а као новог јавног градског превоза велике брзине и великог капацитета у Скопљу значи потпуну реорганизацију мреже линија јавног градског превоза. Од концепта директних (аутобусних) линија прелазимо на концепт основних линија и напојних водова. Имајући у виду постојећу саобраћајну мрежу града Скопља и недостатак кључних веза, алтернатива са возилима са левим вратима би довела до онемогућавања трака за лево скретање за друга возила, посебно на Бул. Герилски одреди. Ово произилази из чињенице да централна БАС станица мора бити у зони раскрснице за потребе трансфера путника са доводних линија. Смањење броја саобраћајних трака за остатак саобраћаја и изостанак трака за лево скретање допринеће значајној деградацији услова остатка саобраћаја.

Варијанта Б2, ова алтернатива елиминисе проблеме везане за варијанту са возилима са левим вратима (омогућава јединствен возни парк са десним вратима, боља решења на сигналисаним раскрсницама обезбеђивањем леве траке за остатак саобраћаја), али је скупља због појачаних грађевинских радова.



Слика 3: Варијанта Б2

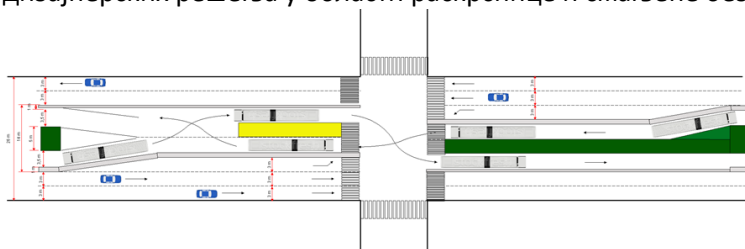
Варијанта Б3, једна централна БАС станица за оба смера, возила са десним вратима, али БАС траке постављене у супротном смеру (contraflow), тј. на левој страни БАС руте, комбинује многе позитивне карактеристике алтернатива Б1 и Б2. Али постоји забринутост за безбедност пешака и негативна реакција јавности због одступања од уобичајених саобраћајних правила, као земље у којој се моторизовани саобраћај одвија десно.



Слика 4: Варијанта Б3



Варијанта Б4, једна централна БАС станица за оба смера, возила са десним вратима, раскрсница БАС трака у зони пре и после БАС станице. Ова алтернатива може довести до значајног смањења брзине транспорта, компликованих дизајнерских решења у области раскрснице и смањене безбедности.



Слика 5: Варијанта Б4

### 3.3. RUN TIME модел

Према предложеним варијантама развијен је Run Time модел (просторно-временски модел кретања БАС-а за прорачун времена путовања, који се примењује у раним фазама планирања, односно пројектовања система за брзи превоз путника). модел је заснован на прорачуну времена потребног за прелазак сваке деонице или сегмента на траси система за брзи превоз путника. Сваки сегмент је дефинисан следећим елементима:

- Дужина у метрима
- Брзина на почетку сегмента у км/час
- Максимална брзина сегмента у км/час и
- Брзина на крају сегмента у км/час

На основу наведених елемената и просечног убрзања и успоравања одређује се време војње сегмента, узимајући у обзир следеће фазе кретања:

- Убрзање
- Војња унапред дефинисаном максималном брзином за сегмент и
- Кочење (успоравање)

Резултати свих Run Time модела су сумирани у следећим табелама модели се сумирани у наредној табели:

Табела 1: Резултати Run time модела за правац од Ново Лисиче до Ђорџе Петрова

Run time model	Priority	Section length (m)	Driving Time (s)	Dwell time (s)	Extra delays (s)	Total travel Time (s)	Total travel Time (min)	Travel speed (km/h)
Left doors	High priority	12116	1356,3	450	20	1826,8	30,4	23,9
Right doors	High priority	11804	1341,8	450	30	1821,8	30,4	23,3
Right doors (Mirche Acev)	High priority	11771	1358,6	450	40	1848,6	30,8	22,9

Табела 2: Резултати Run time модела за правац од Ђорџе Петрова до Ново Лисиче

Run time model	Priority	Section length (m)	Driving Time (s)	Dwell time (s)	Extra delays (s)	Total travel Time (s)	Total travel Time (min)	Travel speed (km/h)
Left doors	High priority	11887	1335,4	450	20	1805,4	30,1	23,7
Right doors	High priority	12059	1372,5	450	30	1852,5	30,9	23,4
Right doors (Mirche Acev)	High priority	12059	1358,5	450	20	1828,5	30,5	23,7

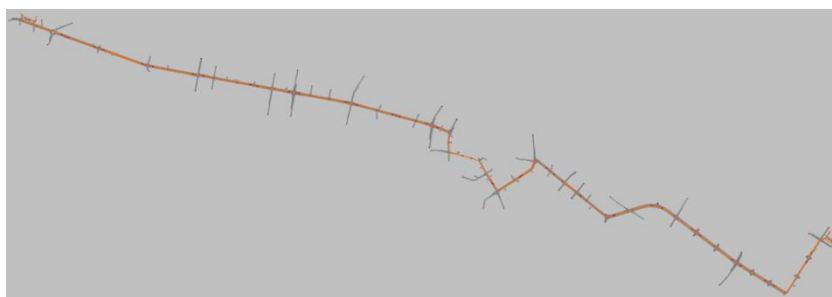
#### 4. Микроскопска динамичка симулација

За креирање микроскопске динамичке симулације, односно за развој микросимулационог модела, коришћен је алат за микросимулационо моделовање „VISSIM“. Примарни циљ микросимулационог модела је да изврши визуелни приказ оптималног БАС решења и његовог утицаја у просторном обиму.

Процес развоја модела у VISSIM у основи укључује:

- Моделирање путне мреже
- Уношење података о саобраћају и
- Калибрација и валидација модела
- Процена будуће саобраћајне потражње

Структуру путне мреже у VISSIM-у чини низ веза повезаних конекторима. За сваку везу се дефинише број трака и ширина сваке саобраћајне траке. Мрежа путева у просторном обиму заснована је на оптималном решењу за БАС и приказана је на слици 6.



Слика 6: Мрежа путева у VISSIM

Приликом моделирања путне мреже посебна пажња је посвећена пројектовању сигнализације за сигнализоване раскрснице. Из добијених података о светлосним сигнаlima којима управља UTOPIA адаптивна сигнална контрола, одређена је просечна дужина зелених времена и циклус раскрсница у обиму и они су били полазна тачка за израду сигналних планова за раскрснице у моделу. . Фиксна дужина циклуса од 120 секунди и фиксна зелена времена за сваку фазу циклуса

примењени су на све раскрснице у моделу. За симулацију приоритета БАС возила, примењен је пасивни приоритет померањем зеленог сигнала из фазе у којој се БАС возила опслужују.

Табела 3: Поређење времена путовања од Run time и VISSIM модел

Насока	Run time	VISSIM
Исток - Запад	1821,8	1803,84*
Запад - Исток	1852,5	1860,79*

Примарни циљ микросимулационог модела био је да се изврши визуелни приказ оптималног БАС решења и његовог утицаја на просторни обухват. Резултати симулације су такође коришћени за кориговање почетних решења на одвојеним раскрсницама где су долазили до већих временских губитака. У недостатку макроскопског модела, немогуће је у потпуности проценити утицај БАС-а на уличну мрежу у просторном обиму, односно микроскопски модел не одражава утицај промена у избору руте путовања (атрибуција саобраћаја на мрежу) као резултат изградње БАС-а и других инфраструктурних промена на мрежи. Резултати тестирања сценарија ће се третирати као прелиминарни резултати.

Из прелиминарних резултата саобраћајних анализа за мере ефикасности на нивоу раскрснице, може се закључити да оптимално решење резултира прихватљивим утицајем на уличну мрежу у просторном обухвату у свим сценаријима. Може се очекивати да ће се овај утицај смањити применом додатних инфраструктурних, оперативних и организационих мера за подстицање одрживе урбане мобилности, односно применом одрживих видова транспорта.

Добијени прелиминарни резултати за оптимално решење могу се сматрати и прелиминарним резултатима за варијанту са централном трасом и централно постављеним станицама за возила са левим вратима под условима просторних и временских ограничења, односно саобраћајно решење за остало саобраћај да остане исти (мења се само распоред трасе и станица у централном делу).

## 5. Закључак

На основу приказане анализе расположивих варијантних решења за возњу БАС трасе на линији 1 у Скопљу, изабране су две алтернативе које су изводљиве и имају најмање негативних карактеристика с обзиром на инфраструктурне и социјалне специфичности у Скопљу, и то:

- Централна траса, возила са десним вратима, одвојене бочне станице. Због специфичних околности у Саобраћајном центру, булеварима Кочо Рацина и Кузмана Јосифовског Питу и Улици Октомври 11, као изузетак примењују се централне станице и укрштање БАС трака пре и после станице (варијанта Б2).
- Централна траса, возила са левим вратима, једна централна станица (варијанта Б1).

У табели 3 дат је преглед карактеристика две алтернативе, при чему су у првом делу табеле приказане карактеристике које важе за обе варијанте решења, а у другом делу предности и недостаци две алтернативе Б1 и Б2.

Критериум	Алтернатива Б1	Алтернатива Б2
<b>ЗАЈЕДНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ</b>		
Физички одвојена рута намењена само за БАС	ДА	ДА
Централно постављена рута (предности повезане са овом руту)	ДА	ДА
Комерцијална брзина	Безначајна међусобна разлика	Безначајна међусобна разлика
Наплата/валидација карата ван возила (Станице затвореног типа)	ДА	ДА
Приоритетни третман на раскрсницама	ДА	ДА
Ниво платформе станица у нивоу пода возила (возила са ниским подом)	ДА	ДА
АВЛ систем Информације у реалном времену	ДА	ДА
Траса једног од најпрометнијих коридора града	ДА	ДА
Сати рада учесталост услуге	иста	иста
Возила – Стандарди за емисију издувних гасова	исти	исти
Удаљености између БАС станица	Према стандардима за БАС линије Безначајна разлика између две варијанте	Према стандардима за БАС линије Безначајна разлика између две варијанте
Безбедни и соодветно димензионирани станице	ДА	ДА
Број врата на аутобусима	Исти аутобуси	Исти аутобуси
Лизгачки врати на станиците	ДА	ДА
Приступачност за особе са посебним потребама	ДА	ДА
Интеграција са другим јавним градским превозом	иста	иста
Безбедан паркинг за бицикле	ДА	ДА

Према систему који је успоставио Институт за саобраћајну и развојну политику (Institute for Transportation and Development Policy), а прихваћен у свету, БАС системи се сврставају у једну од четири класе: основни, бронзани, сребрни и златни. Према добијеној коначној оцени од 72 бода на БАС систему – линија 1 испуњава услове сребрног стандарда.

### Захвалница

Посебно се захваљујемо фирми 24 ИНГ Битола за несебичну сарадњу и доступност податка из саобраћајног пројекта коју су ни били потребни за припрему овог рада.

### Литература

- [1] Прирачник за капацитет на саобраћајници – Highway Capacity Manual (Одбор за транспортни истражувања при национална академијата на науки на САД, 2010)
- [2] Прирачник за пројектирање на патишта и мостови – Design Manual for roads and bridges (Министерство за транспорт на Велика Британија, 2015);
- [3] Прирачник за мерки за смирување на саобраћајот – Traffic calming (Министерство за транспорт на Велика Британија, 2007); [3] Правилник за саобраћајните знаци, опрема и сигнализација на патот на РСМ
- [4] Прирачник за примена и пројектирање на кружни крстосници – Roundabout manual – application and design (Royal Haskoning DNV B.V., 2009);
- [5] Прирачник за пројектирање на велосипедски саобраћај – Design manual for bicycle traffic (CROW, 2007);
- [6] Прирачник за безбедност во саобраћајот на патиштата – Road safety manual (CROW, 2009);
- [7] Водич на светлосни сигнали – Guidelines for traffic signals (FGSV, 2003);
- [8] Практикум за планирање на саобраћајот во градовите (Сообраќаен факултет – Белград, 1996);
- [9] Прирачник за капацитет на саобраћајници, издаден од Одборот за истражување на транспортот при Националната академија на науки (САД)
- [10] Идеен проект за изградба на брз автобуски систем (автобуско метро) во Градот Скопје, за трасата Ѓорче Петров – Ново Лисиче (Запад – Исток), изработен од 24 ИНГ Битола, 2020

## Summary

### INTRODUCING BRT - A CASE STUDY FOR THE CITY OF SKOPJE

*Abstract: The capital of Macedonia, Skopje, does not differ much in terms of traffic problems from the other cities that use transport system that primarily relies on the car. Although it is a city with more than half a million inhabitants, today's public transport system includes only a bus system. The network of lines relies on the concept of direct lines, but because it is not in line with the urban development of the city, there is an extremely high number of passengers who sit, which is contrary to the concept of direct travel. In the area of making efforts for improving the public transport system in Skopje and realizing the need for introducing a fast, high-capacity, ecological and attractive transport, the City of Skopje based on several previous studies decided to introduce a system of rapid bus system - BRT (in the English speaking world Bus Rapid Transit - BRT). A type of mass public transport system that provides a much higher level of pre-sport service in a higher quality than classic city bus transport. This paper summarizes the results of the BRT study for the City of Skopje for the implementation of Line no. 1, 12.81 km long in one direction, peak hour frequency service every 3-4 minutes, selection of a new CNG hybrid bus vehicle (up to 24 m long), physical separation of bus lines, new BRT priority strategy for 54 signalized intersections with realistic weather simulation, reduction of transport time by more than 50%, new content design for two terminal depots and new design of 21 bus stations with subway access system.*

*Key words: BRT, traffic, simulation*

## АНАЛИЗЕ КАПАЦИТЕТА У ПОСТУПЦИМА ПЛАНИРАЊА ПУТЕВА

Милица Тубић, Саобраћајни факултет, Београд, [milica.tubic66@gmail.com](mailto:milica.tubic66@gmail.com)

Јован Дробњак, Саобраћајни факултет, Београд, [jovandrobnjak98@gmail.com](mailto:jovandrobnjak98@gmail.com)

*Резиме: У свим издањима Приручника за капацитет аутопутева (НСМ) до 2016. год., дефинисана су три нивоа анализе капацитета: оперативна, пројектна и планерска анализа. Нивои детаљности сваке од анализа су у функцији сврхе, ширине приступа и доступних информација. Планерском анализом се утврђује капацитет у најранијим фазама планирања, када је доступан мали број података и информација. Процедура планирања је заснована на прогнози ПГДС-а и макро симулацији саобраћаја. Често, употреба симулационих модела може довести до грешака, па је из тих разлога, при анализи саобраћајних захтева неопходно спровести проверу када буде доступан већи број информација. Планерске анализе из приручника НСМ су генерално усмерене на широка питања као што су почетна идентификација проблема, концепт пројекта пута и када се пореде алтернативе. Ове анализе погодне су за процену предложених системских мера, као нпр., контрола коришћења трака за тешка возила, ramp metering на аутопутном систему и друге примене интелигентних транспортних система. Методологија препоручена у НСМ-у подразумева коришћење подразумеваних вредности инпута, односно генерализованих табела капацитета. С обзиром да су препоручене вредности капацитета засноване на типичним профилима путева и карактеристикама саобраћајног тока у САД, у раду је урађена детаљна анализа капацитета на планерском нивоу за локалне услове четири стандардна геометријска профила двотрачних путева и један стандардни профил вишетрачног пута. Капацитети су прорачунати за различите вредности меродавног протока, рачунске брзине, фактора вршног сата, утицаја комерцијалних возила и типа терена, како би се упоредили са генерализованим табелама капацитета из НСМ2010. Упоредна анализа указује на разлике у прорачунатим вредностима капацитета са планерског аспекта па се из тог разлога добијене вредности препоручују за примену у моделским симулацијама за локалне услове у Републици Србији.*

*Кључне речи: капацитет, планерска анализа, ПГДС, Highway Capacity Manual*

### 1. Увод

Амерички Приручник за капацитет путева (НСМ) је један од основних докумената саобраћајне струке од свог првог издања из 1950. године. Кроз сва издања НСМ приручника дефинисане су методологије за прорачун капацитета на путевима, као и одређивање Нивоа Услуге. Капацитет или пропусна способност представља максималну величину протока возила која се може остварити на посматраном функционалном делу мреже у јединици времена при преовлађујућим техничко-експлоатационим, саобраћајним, регулативним и амбијенталним условима. Са друге стране, Ниво Услуге се дефинише као квалитативна мера услова

у саобраћајном току, која се исказује одговарајућим критеријумима обзиром на функционални део мреже. Сва релевантна издања Приручника за капацитет путева дефинишу три нивоа анализе капацитета: оперативну, пројектну и планерску, односно прелиминарну инжењерску анализу. Фокус рада је планерска анализа којом се утврђује капацитет у најранијим фазама планирања, када је доступан мали број података и информација. Методологија препоручена у НСМ-у подразумева коришћење подразумеваних вредности инпута, односно генерализованих табела капацитета. С обзиром да су препоручене вредности капацитета засноване на типичним профилима путева и карактеристикама саобраћајног тока у САД, кључни допринос рада јесте детаљна анализа капацитета на планерском нивоу за локалне услове у Републици Србији.

## **2. Нивои анализе капацитета у саобраћајном инжењерству**

Сва издања Приручника за капацитет аутопутева дефинишу 3 нивоа анализе капацитета. Нивои детаљности су у функцији од сврхе анализе и количине доступних информација, а то су:

- Оперативна анализа;
- Пројектна анализа;
- Планерска и прелиминарна инжењерска анализа.

Оперативна анализа омогућава одређивање тренутног и захтеваног Нивоа Услуге на постојећем функционалном делу мреже. У оперативној анализи, аналитичар директно примењује методологију и испоручује све потребне улазне параметре из измерених или прогнозираних вредности. Због непосредног, краткорочног фокуса оперативних анализа, могуће је обезбедити детаљне инпуте за моделе - многи од улазних података су засновани на теренским истраживањима саобраћаја, физичким карактеристика и контролним параметрима. Генерално, није препоручљиво користити подразумеване и минималне вредности на овом нивоу анализе. Због потребе за детаљним прикупљањем података, оперативне анализе обезбеђују највиши ниво тачности и прецизности, али свака варијабилност повезана са инпутима модела може утицати на резултате.

**Пројектна анализа** је кључна за одређивање броја трака које се захтевају на одређеном правцу, или коридору, ради остваривања жељеног Нивоа Услуге. Поред броја трака, анализа се може користити за утврђивање утицаја и других пројектних елемената на капацитет и Ниво Услуге, као прегледност, полупречници кривина, максимални нагиби и друго. Детаљни подаци очекиваног саобраћајног тока и карактеристика саобраћајног тока су неопходни, као и стандардне геометријске мере које се користе у пројектовању: ширина трака, бочне сметње, рачунска брзина и радијуси хоризонталних и вертикалних кривина. Пројектовање сигналног програма је такође могуће извршити уз помоћ одговарајућих процедура анализе капацитета и Нивоа Услуге.

**Планерска и прелиминарна инжењерска анализа** представља широку оцену Нивоа Услуге, а на овом нивоу анализа капацитета и Нивоа Услуге даје одговоре на следећа питања:



- Колики је максималан број возила који се може опслужити у одређеном временском периоду?
- Који се Ниво Услуге очекује/планира у будућности на мрежи са и без инвестиција?
- Које су карактеристике пута или сигнализације неопходне за различита саобраћајна оптерећења на најоптерећенијим саобраћајницама у региону?

Планерском анализом се често утврђује Ниво Услуге у најранијим фазама планирања, када је доступан мали број података. Процедура планирања најчешће је заснована на прогнози ПГДС-а и макро симулацији саобраћаја. Често употреба симулационих модела са невалидним улазним подацима може довести до грешака. Због тога се при генералним планерским анализама мора спровести провера када буде доступан већи број информација. Процес планерске анализе кроз касније фазе може да достигне ниво пројектне анализе.

### **3. Планерска и прелиминарна инжењерска анализа у оквиру hcm2010**

У планерским и прелиминарним инжењерским анализама, аналитичар примењује НСМ методологију користећи подразумеване вредности за скоро све улазне податке модела – на пример, коришћењем генерализованих табела обима услуга (дневних капацитета). Резултати су генерално мање прецизни, али употреба подразумеваних вредности смањује количину података које је неопходно прикупити и време потребно за извођење истраживања и анализе. У студији планирања великих размера, где је предмет анализе велики број путева, овај ниво анализе је најбоља опција, с обзиром на временска и буџетска ограничења.

Анализа на овом нивоу је обично фокусирана на услове у будућности, где је пожељно у кратком року поредити серије алтернатива/коридора или када конкретне вредности потребне за процедуре нису познате (не могу сви инпути бити познати) или предвидљиве. Аналитичар често мора да процени будуће услове у којима ће рад садашњих и планираних/пројектованих функционалних елемената мреже пасти испод захтеваног/жељеног Нивоа Услуге.

Конкретан циљ анализе на овом нивоу је најчешће одређивање потребног броја трака (типа пута) како би се одржао прихватљив Ниво Услуге. Као што је наглашено, потражња се у оквиру планерске и прелиминарне инжењерске анализе изражава кроз вредности ПГДС-а, а понуда кроз дневне капацитете.

НСМ даје генерализоване табеле обима услуга (дневних капацитета) као иницијалне у планерским анализама.

За ове типове планерских анализа, фокус је истицање потенцијалних проблематичних подручја (на пример, локације где потражња може премашити капацитет или где се може погоршати жељени Ниво Услуге). Управо у таквим случајевима, табела обима услуга је незаменљив алат за провере.

Карактеристике било ког датог пута ће се вероватно на неки начин разликовати од претпостављених улазних вредности које се користе за израду табеле обима услуге. Према томе, резултате из табеле обима услуга треба третирати као апроксимације. Табеле обима услуга не би требало да буду замењене другим алатима за коначно одређивање оперативне ефикасности одређеног пута.

На пример, сви сегменти двотрачног пута у одређеном региону могу се узети у обзир коришћењем ових критеријума. Сви сегменти за које се чини да раде на неадекватном Нивоу Услуге треба да буду подвргнути студији специфичној за локацију са детаљнијом пројектном анализом пре него што се донесу било какве конкретне одлуке о проширењу капацитета, реконструкцији, односно нивоу инвестиције.

Вредности у табелама дате у HCM-у дефинисане су засебно за сваки тип пута тј., за двотрачне путеве, вишетрачне путеве и аутопутеве. У фокусу овог рада биће калибрација ових табела за локалне услове, пре свега, за категорије двотрачних и вишетрачних путева.

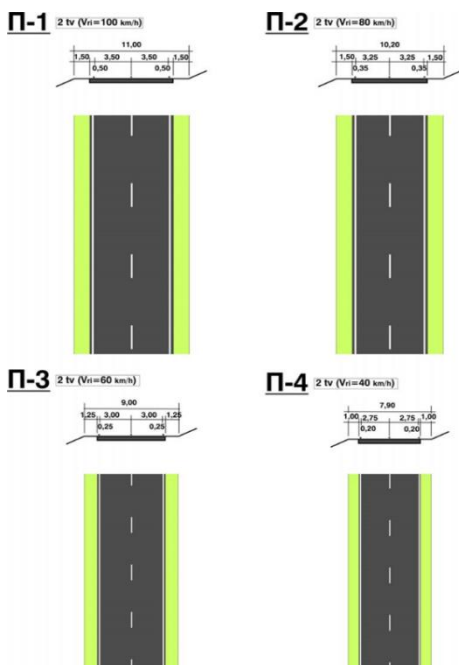
#### **4. Анализа дневних капацитета за двотрачне путеве у локалним условима**

За анализу дневних вредности капацитета двотрачних путева у Србији коришћена су четири стандардна путна профила, дефинисана постојећим Правилником о пројектовању путева и најчешће заступљена на локалној путној мрежи (Слика 1).

Рачунске брзине за приказане путне попречне профиле износе 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h и 100 km/h. По узору на амерички приручник, дневни капацитети су прорачунати за различите вредности K и D. Вредности за K се крећу у распону од 0.08 до 0.12, док за D износе 0.5, 0.55, 0.6, 0.65 и 0.7. Поред наведених распона вредности улазних параметара, у жељи да се обухвати што већи број случајева, анализа је урађена и за различите улазне вредности фактора комерцијалних возила (10%, 15% и 20%), као и фактора вршног сата (0.88, 0.90 и 0.92).

#### **5. Анализа дневних капацитета за вишетрачне путеве у локалним условима**

Анализа дневних капацитета вишетрачних путева за Републику Србију, подразумева стандардан профил (2+2), заступљен у локалним условима. За прорачун су узете вредности рачунске брзине од 80 km/h, 90 km/h и 100 km/h. По узору на амерички приручник, дневни капацитети су прорачунати за различите вредности K и D. Вредности за K се крећу у распону од 0.08 до 0.12, док за D износе 0.5, 0.55, 0.6, 0.65 и 0.7. Поред наведених распона вредности улазних параметара, у жељи да се обухвати што већи број случајева, анализа је урађена и за равничасрски и за брдовит тип терена, као и за различите улазне вредности фактора комерцијалних возила (10%, 15% и 20%) и фактора вршног сата (0.88, 0.90 и 0.92).



Слика 1: Стандардни геометријски попречни профили двотрачних путева

## 6. Дискусија резултата

Детаљна анализа спроведена за локалне услове обухватила је значајно више улазних путних и саобраћајних карактеристика, као и више њихових комбинација. Капацитети су прорачунати за различите вредности меродавног протока, рачунске брзине, фактора вршног сата, утицаја комерцијалних возила и типа терена, како би се упоредили са генерализованим табелама обима услуге, односно вредностима које се односе на Ниво Услуге “Е” (Ниво Услуге који одговара капацитету) из НСМ<sub>2010</sub> и максималним протоцима при вишим Нивиома Услуге. Анализа је спроведена за четири стандардна профила двотрачних путева, као и за један стандардни профил вишестрачног пута.

Приликом анализе добијених резултата, неопходно је узети у обзир другачије услове у САД-у у односу на локалне, па су свакако очекиване вредности капацитета за путеве у Републици Србији ниже. У наредној табели дат приказ само неких од добијених вредности дневних капацитета (voz/dan) за двотрачне и вишестрачне путеве.

Табела 1: Упоредна анализа добијених са вредностима из приручника за ДП и ВП

К	D	ДП		ВП	
		НСМ <sub>2010</sub>	Прорачунате вредности	НСМ <sub>2010</sub>	Прорачунате вредности
0.09	0.50	31.200	26.584	73.800	81.947
	0.55	30.200	25.421	67.100	74.497
	0.60	27.600	24.217	61.500	68.289
	0.65	25.500	23.076	56.800	63.036
0.10	0.50	28.000	23.926	66.400	73.752
	0.55	27.100	22.879	60.400	67.048
	0.60	24.900	21.795	55.300	61.460
	0.65	23.000	20.769	51.100	56.733
0.12	0.50	23.400	19.938	55.300	61.460
	0.55	22.600	19.066	50.300	55.873
	0.60	20.700	18.163	46.100	51.217
	0.65	19.100	17.307	42.600	47.277

Анализа указује на релативну сагласност у добијеним резултатима (до + -10%) за карактеристике сличне или исте као у НСМ, што потврђује валидност примењене методологије. Упоредна анализа указује на значајне разлике са погоршавањем улазних параметара типичним за локалне услове на двотрачним путевима где су добијене мање вредности дневних капацитета. Код вишестрачних путева добијене су веће вредности дневних капацитета што говори о осетљивости примењене методологије на улазне параметре, па се из тог разлога, добијене вредности препоручују за примену у моделским симулацијама у Републици Србији. Такође, добијени резултати указују на то да је примењени поступак валидно квантификовао значај улазних параметара, како саобраћајног тока, тако и техничко-експлоатационих карактеристика на крајње вредности.

## 7. Закључци и препоруке

С обзиром да су препоручене вредности дневних капацитета засноване на типичним профилима путева и карактеристикама саобраћајног тока у САД, урађена је детаљна анализа капацитета на планерском нивоу за локалне услове за четири стандардна геометријска профила двотрачних путева и један стандардни профил вишестрачног пута. Упоредна анализа указује на разлике у прорачунатим вредностима капацитета на планерском нивоу, па се из тог разлога добијене вредности препоручују за примену у моделским симулацијама за локалне услове.

Погодност примене и унапређење полазних табела дневних капацитета из НСМ-а се огледа и у чињеници да су квантификоване вредности часовних максималних капацитета, као и дневних капацитета по смеровима у функцији типичних карактеристика неравномерности протока по смеровима за Републику Србију.

Сумарно, допринос овог рада јесте детаљна анализа улазних параметара са препорученим вредностима дневних капацитета, које су погодније за примену у савременим планерским алатима попут програмског пакета PTV VISUM, али и за димензионисање попречног профила саобраћајница. Свакако да је препорука

спровођење оваквих анализа и за аутопутске профиле, остале путне међупрофиле (нпр. тротрачни пут), профиле градских артерија итд.

## Литература

- [1] Highway Capacity Manual 2010., Transportation Research Board, USA
- [2] Highway Capacity Manual 2000., Transportation Research Board, USA
- [3] Highway Capacity Manual 2016. Transportation Research Board, USA
- [4] Priručnik za projektovanje puteva u R. Srbiji, JP „Putevi Srbije“, Beograd, 2012.
- [5] Anđus, V., Maletin, M., Tehnička uputstva za projektovanje vangradskih puteva, deo 1. TRASA (PP – T/08), Građevinski fakultet, Beograd, 2008.
- [6] M Maletin, V Tubić, (2013) Basic characteristics of traffic on primary rural roads in Serbia, International Journal for Traffic and Transport Engineering 3 (4)
- [7] M Petković, V Tubić, N Stepanović (2021), Prediction of design hourly volume on rural roads, Transportation research record 2675 (3), 112-121

## Summary

### CAPACITY ANALYSIS IN ROAD PLANNING PROCEDURES

*Abstract: In every edition of the Highway Capacity Manual (HCM) until 2016, three levels of capacity analysis were defined: operational, project and planning analysis. The level of detail of each analysis is a function of purpose, breadth of access and available information. Planning analysis determines capacity in the earliest stages of planning, when small amount of data and information is available. The planning procedure is based on the AADT forecast and macro traffic simulation. Often, the usage of simulation models can lead to errors, and for these reasons, when analyzing traffic demands, it is necessary to carry out a check when more informations are available. Planning analyzes from the HCM manual are generally focused on broad issues such as initial problem identification, road design concept, and when alternatives are compared. These analyzes are suitable for evaluating proposed system measures, such as heavy vehicle lane usage control, highway ramp metering, and other applications of intelligent transportation systems. The methodology recommended in HCM implies the use of default input values, i.e. table of generalized values. Given that the recommended capacity values are based on typical road profiles and traffic flow characteristics in the USA, the paper provides a detailed capacity analysis at the planning level for local conditions - four standard geometric two-lane and highway profiles. Capacities are calculated for different values of design hourly volume, design speed, peak hour factor, commercial vehicle impact and terrain type, in order to compare with the generalized capacity tables from HCM2010. The comparative analysis indicates differences in the calculated capacity values, and for that reason the obtained values are recommended for use in model simulations for local conditions in the Republic of Serbia.*

*Key words: Capacity, Planning analysis, AADT, Highway Capacity Manual*

## CREATING A MACROSCOPIC MODEL WITH PTV VISION VISUM, EXAMPLE OF PELAGONIJA REGION

*Marija Stojanoska, Faculty of Technical Sciences, University "St. Kliment Ohridski", Bitola, Macedonia, marijastojanoska3112@gmail.com*

*Vaska Atanasova, Faculty of Technical Sciences, University "St. Kliment Ohridski", Bitola, Macedonia, , vaska.atanasova@tfb.uklo.edu.mk*

*Abstract: The development of information and computer technology finds application and becomes an integral part of traffic engineering. Modern traffic engineering can not be imagined without the use of modern software tools that facilitate and verify the work of traffic engineers. In developed European and world countries, traffic forecasts are made with modern software tools without which traffic engineering can not be imagined. The PTV Visum Macroscopic Traffic Model is the world's leading software for traffic analysis, forecasting and data management, transport demand modeling, and forecasting for neighborhoods in urban areas, cities, regions, and even countries. The aim of the paper is to use the PTV VISUM software to forecast the transport demand at the regional level, for example in the Pelagonija region.*

*Keywords: Model, planning, design, software, forecast*

### 1. Introduction

The region is a territory that has similar or homogeneous characteristics and differs from them in other regions. According to economic and sociological principles, the regions are divided into homogeneous, planned and nodal. Eight planning regions have been adopted in North Macedonia. As part of this paper, the Pelagonija planning region located in the southwestern part of North Macedonia, the largest region by area and settlements, but with a low population density, will be considered. It consists of nine municipalities, and they are traffic zones within the zoning. Figure 1 shows the location of the Pelagonija region.

Based on the input of the Pelagonija region and the set scale, nodes are marked that represent places that show the location of intersections and stops of JGP, then links are drawn that represent the railway and road network, zoning of the region, where each city is a traffic zone, composed of different purposes that are the source and purpose of travel. The connections between the zones are made with connectors, the penultimate step is to create the demand model where based on the entered data obtained from field counting or from another source, they are transcribed on the network, and the last step is the forecast of transport demand for a specific target. year, with the help of this software can be determined what will be the level of noise and harmful emissions from the traffic flow.



Figure 1: Position of the Pelagonija region (Source: <https://mk.wikipedia.org/wiki/>)

## 2. Steps in the application of the software package ptv vision visum for example of pelagonija region

### 2.1. User interface, background setting in VISUM software and scale

Figure 2 shows the user interface, already set background in the VISUM software and scaling, ie setting in scale.



Figure2: The user interface background and scaling (Source: Created by the student in the software tool Visum)

### 2.2. Placement of nodes (nodes) and posting links

The node (marked with a black dot) that actually represents each intersection (the part of the network where the links / sections intersect), has the task to define the type of traffic control at the intersection (roundabout, unmarked, signaled, with a sign of priority).

The links (marked with a black line) are sections that represent the connection of two nodes, where the width of the lane, the length of the section, traffic mode (one-way or two-way), speed of movement, etc. should be realistically defined. Figure 4 shows the placed links. Figure 3 shows placed nodes and shows the placed links.

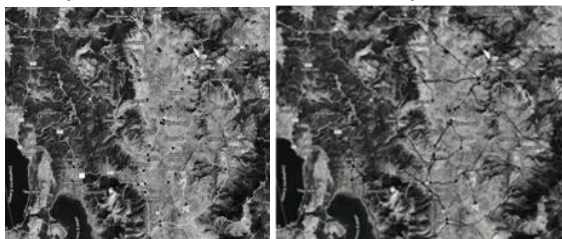


Figure 3: Place nodes and shows the placed links (Source: Created by the student in the software tool Visum)

### 2.3. Zoning

Zoning is the procedure of determining and delineating the zones of the city. Zones are objects that describe a special purpose area of land and their location in the network. The purpose can be in the form of settlements, commercial zones, shopping centers, schools, industrial centers, recreational zones, etc. They are the source and purpose of travel in the transport network. The Pelagonija region is composed of 9 municipalities, which means that we will have 9 traffic zones. Figure 4 shows the zoning of the Pelagonija region.

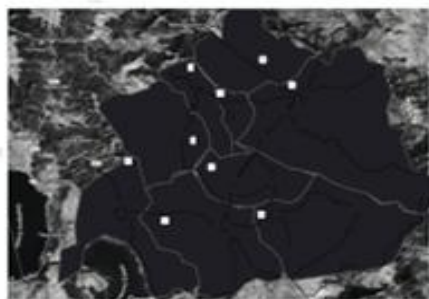


Figure4: Zoning of the Pelagonija region (Source: Created by the student in the software tool Visum)

### 2.4. Enter attribute data

One of the most important procedures for zones is to enter attribute data. Setting the attributes of the network elements is a procedure in which all activities and trips are defined for each zone separately. Figure 5 shows the entered attributes.

For the Pelagonija region, 12 attributes are defined: Citizens, Industry (jobs in industry), Education (jobs in education), Recreation (jobs in the field of recreation), Shopping (jobs in the shopping sphere), Administration (jobs in public administration), Catering (jobs in catering), Agriculture (all jobs in agriculture), All jobs, From the zone, In the zone, Employees.

SZONE:NO	CODE	NAME	TYPENO	ODZONA	RMADMINIST	RMINDUSTRI	RMOBRAZOVNA	REKREACIJA	SOPING	UGOSTITEL'S	ZITELI	SITERABOTN	VOZONA	VRABOTENI	RMZEMIODELSTVO
1	0	0	0	0	131	10763	1010	238	250	1085	75129	1973	0	33400	7482
2	0	0	0	0	138	10032	1039	145	352	1053	92329	2259	0	29251	959
3	0	0	0	0	39	2276	60	20	30	48	5621	109	0	3000	1530
4	0	0	0	0	35	150	41	1730	500	68	9501	232	0	1532	50
5	0	0	0	0	50	1000	117	50	30	61	8330	252	0	935	257
6	0	0	0	0	92	2607	157	40	20	133	16352	580	0	4705	3200
7	0	0	0	0	13	160	32	15	10	18	6253	193	0	1929	82
8	0	0	0	0	29	3200	39	10	20	9	3169	96	0	908	51
9	0	0	0	0	48	500	83	50	21	21	14098	333	0	3200	6150
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 5: The entered attributes (Source: Created by the student in the software tool Visum)

### 2.5. Installation of connectors

The connectors have the function of connecting the traffic network with the zones. Their number is not limited, and is set in relation to which parts of the zone are most congested with traffic. Figure 6 shows the installed internal and external connectors.



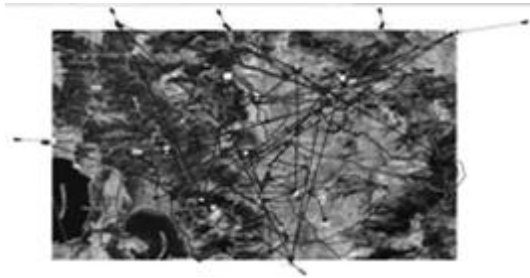


Figure 6: The connectors (Source: Created by the student in the software tool Visum)

## 2.6. Steps for creating the travel demand model

In this step we first go by setting up the transport systems, entering the purposes of the zones, freight transit and individual traffic, the period of analysis, creating matrices and entering data in them, calling and selecting the four-stage model.

## 2.7. Calculation procedures

Calculation procedures are the most important part of the model. Here we do the generation of the trip, the distribution and the rewriting of the trip. Distribution and generation were created and trip selection was performed, distribution and generation were entered, factors were entered, attributes were called, Skim matrix, matrix parameters were set, distribution factors were set, and private transport was assigned.

## 2.8. Calculation of modal's values

The next step is when the software needs to calculate the sizes and include all the activities such as generation, distribution and rewriting. Figure 7 shows the procedure for calculating and shows the modal's values.

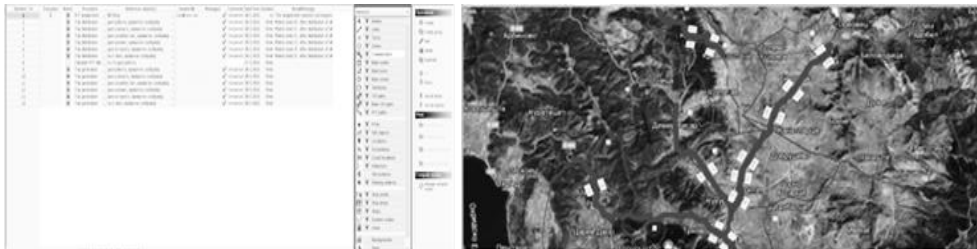


Figure 7: The procedure for calculating and shows the modal sizes (Source: Created by the student in the software tool Visum)

## 2.9. Transport demand forecast

The transport demand forecast is made in order to see how the transport demand will increase or decrease over a certain period of time. The projected values for the traffic load of a certain city are a challenging task for each individual, and especially for the traffic engineer. The fastest and simplest procedure for forecasting a single traffic flow is provided by the PTV VISUM software. Graphic display of PTV VISUM software for transport demand for 10 years with modal sizes displayed, in order to determine on which section the volume of trips is. Figure 8 shows the forecast values for 10 years.



Figure 8: The forecast values for 10 years

### 3. Results of the transport demand forecast for example

The transport demand for the Pelagonija region will increase in the next 10 years as the Pelagonija region becomes an increasingly competitive and desirable destination for living and tourism, with a perspective for young people, a clean environment and a European future. As a result of the increased demand, the capacity of the existing infrastructure should be increased, construction of a new one, reconstruction and improvement of the conditions for realization of the traffic.

### 4. Environmental impact model

With the help of this software it is possible to determine how the flow of vehicles affects the environment. The noise level of a given section, the level of nitrogen oxides, sulfur dioxide, carbon monoxide, hydrocarbons can be determined. Increased traffic frequency in addition to reducing the quality of life, negative consequences for human health, the biggest problem globally is air pollution. Environmental pollution today is one of the most difficult and complex problems in today's world. Figure 9 Calculated sizes for induced emissions.



Figure 9: Calculated sizes for induced emissions (Source: Created by the student in the software tool Visum)

### 5. Conclusion

The software tool PTV Vision VISUM enables planning and can be used for real forecasting of transport demand. At the beginning, we set a base and scale, we draw nodes, because we work for a region, our node is a city, we draw links that represent our traffic network. Each city represents a separate zone for us, we also create external zones towards other surrounding cities that border the area covered. We set up connectors that show us where we have the highest number of trips. Model creation is done by setting up transport systems, defining purposes, activities, type of traffic to be analyzed, creating matrices, connecting them, defining peak hour and type of model. We create generations and distributions for all purposes, and skim matrix, and perform rewriting of private trips. With that, the values are calculated, and the forecast for the coming years is made based on them.

## References

- [1] <https://pelagonijaregion.mk/region/biznis-zaednici/>
- [2] PTV Vision VISUM MANUAL, Associate Professor Vaska Atanasova, Ph.D., Simon Detelbach, Ph.D., Lidija Marković, Ph.D., Bitola 2012
- [3] <https://www.myptv.com/en/mobility-software/ptv-visum>

## UTVRĐIVANJE FUNKCIJE ZAVISNOSTI VREMENA PUTOVANJA OD ODNOSA PROTOKA I KAPACITETA NA ULIČNOJ MREŽI NOVOG SADA

*Nikola Pandžić BSc, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za Saobraćaj e-mail: npan@uns.ac.rs*

*Vuk Bogdanović, PhD, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za Saobraćaj e-mail: vuk@uns.ac.rs*

*Valentina Mirović, PhD, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za Saobraćaj email: plast@uns.ac.rs*

*Nemanja Garunović, PhD, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za Saobraćaj email: garunovic@uns.ac.rs*

*Rezime: Zadatak transportnih modela je da na najbolji mogući način opišu tokove saobraćaja. U cilju raspodele tokova na mreže i primene postojećih modela raspodele poželjno je za mrežu, odnosno područje istraživanja, analizirati uticaj vremena putovanja na saobraćajne protoke određenih tipova deonica ulične mreže pri prosečnim brzinama saobraćajnog toka. Jedna od najvažnijih promenljivih modela jeste V/D funkcija (eng. Volume/Delay Function) koja definiše odnos vremena putovanja u zavisnosti od odnosa protoka i kapaciteta deonice. V/D funkcija je matematički model koji se koristi u saobraćajnim modelima za prognoze saobraćajne potražnje, kako bi se uzeo u obzir efekat povećanog protoka vozila na vreme putovanja između različitih tačaka na putnoj mreži. U ovom radu prikazani su rezultati istraživanja sprovedenog na određenoj deonici putne mreže u Novom Sadu, odnosno analiza osnovnih parametara saobraćajnog toka izmerena na području istraživanja.*

*Ključne reči: saobraćajni tok, protok, vreme putovanja, V/D funkcija*

### 1. Uvod

Transportni sistemi imaju značajne efekte na mobilnost stanovništva, ekonomski razvoj, životnu sredinu i generalno na kvalitet života. Stoga je potrebno mudro planirati i organizovati ove sisteme. Neuspeh u planiranju može da dovede do velikih saobraćajnih gužvi, sporog ekonomskog rasta gradova (ili države), negativnog uticaja na životnu sredinu i neefikasnog korišćenja kapitala i resursa. Planiranje i modelovanje transportnih sistema je proces koji treba da obezbedi podatke koji će pomoći u donošenju odluka o budućem razvoju i upravljanju ovih sistema.

### 2. Saobraćajni modeli

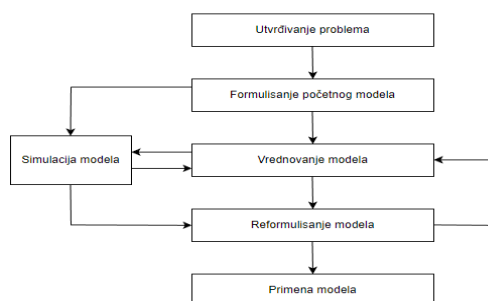
Modeli su uprošćeni prikazi dela stvarnosti. Njihova funkcija je da daju uvid u složene međudnose u stvarnom svetu i da omoguće izvođenje zaključaka o tome šta će se (najverovatnije) desiti ako dođe do promena određenih parametara posmatranog sistema [1]. Tokom njihovog definisanja, upotrebe i kalibracije, planeri mogu dosta naučiti o ponašanju, zakonitostima i unutrašnjem načinu funkcionisanja sistema koji se ispituje.

Saobraćajni modeli pomažu u [2]:

- Pronalasku alternativnih vidova prevoza
- Smanjenju zagušenja u saobraćaju

- Koordinaciji korišćenja zemljišta
- Smanjenju potrošnje goriva
- Boljem kvalitetu vazduha
- Većoj bezbednosti u saobraćaju
- Ekonomskom razvoju

Razvoj modela počinje sa formiranjem hipoteze za objašnjenje pojave ili sistema, sa određene tačke gledišta. Kao što se vidi na Slici 1. postupak razvoja modela ima cikličan karakter koji treba da omogući da se struktura modela tokom ponavljanja unapređuje do trenutka kada najviše odgovara pojavi koju opisuje.



Slika 1: Iterativni proces razvoja modela [1]

## 2.1. Četvorostepeni saobraćajni lanac modela

Najpopularniji pristup modeliranju transporta je korišćenje klasičnog četvorostepenog modela. Nastao je tokom 1960-ih godina i unapređivan je decenijama. Ovaj model predviđanja potreba za transportom je osnova planiranja saobraćaja u celom svetu. Primena ovih modela je sukcesivna, odnosno izlazni rezultati iz prve grupe modela primenjuju se kao ulazne veličine za drugu grupu modela i tako redom (Tabela 1). Upravo iz ovog razloga, skup ovih modela se naziva četvorostepeni lanac saobraćajnih modela.

Tabela 1: Međusobni odnosi ulaznih i izlaznih veličina [1]

Vrsta modela	Ulazne veličine	Izlazne veličine
Modeli nastajanja putovanja	Pokazatelji korišćenja zemljišta Socioekonomske karakteristike stan.	Broj krajeva putovanja
Modeli prostorne raspodele putovanja	Broj izvornih i ciljnih putovanja	Razmena putovanja između zona
Modeli vidovne raspodele putovanja	Matrica putovanja Socioekonomske karakteristike	Matrica putovanja po vidovima prevoza
Modeli raspodele tokova na mreže	Matrica putovanja po vidovima prevoza Opis mreže	Tokovi saobraćaja

Sa napretkom tehnologije, došlo se do stepena razvoja gde su, sa manje ili više izmena, ovi modeli implementirani u softvere, odnosno softveri za planiranje saobraćaja, prognoze i simulacije počivaju na osnovnim principima ovih modela.

### 3. Modeli raspodele tokova na mreže

U poslednjem modelu četvorostepenog lanca utvrđuju se raspodele tokova vozila ili putnika na mrežu, sa ciljem da se utvrdi da li postojeće saobraćajnice mogu i sa kakvim efektima da “prihvate” postojeće ili planirane tokove saobraćaja.

Metode raspodele tokova na alternativne puteve zasnivaju se na poređenju razlika ili odnosa putovanja ili vremena putovanja između dva puta koja povezuju posmatrane zone. Prilikom kretanja od izvora do cilja korisnik mreže bira jednu od mogućih putanja tako što vrednuje neke od njenih karakteristika ili sagledava više njih. Kako bi se što preciznije izrednovala putanja, definisan je “otpor” (trošak), koji predstavlja skup različitih karakteristika putanje. Ukoliko se zna “otpor” svake od mogućih putanja na celokupnoj mreži, može se izabrati putanja sa najmanjim “otporom”, odnosno sa najmanjim troškovima po samog korisnika [2].

Postoje 2 metode: Metoda sve ili ništa i Metoda kapacitetnog ograničenja.

#### 3.1. V/D funkcija

V/D funkcija se obično primenjuje kod statičkih makroskopskih raspodela saobraćaja na mrežu, sa ciljem da se opišu rezultujuća vremena putovanja na linkovima, koja su u funkciji protoka (rezultat raspodele tokova) i kapaciteta linkova i vremena putovanja vozila u slobodnom toku (dva parametra linka koja su konstantna). Ova funkcija dobija se na osnovu merenja vremena putovanja i protoka vozila. Kada je kriva funkcije jednaka 1, dobija se neometan tok, odnosno vozila putuju vremenom slobodnog toka  $t_0$ . Sa porastom protoka, raste i funkcija. Kada protok dostigne kapacitet linka, saturacija (stepen zasićenja) je 1, i nakon ove tačke, odnosno prelaska kapaciteta linka, funkcija značajnije raste [3].

U radu će biti korišćena BPR funkcija (1) (*Bureau of Public Roads*), koja je razvijena u SAD-u i koristi se u praksi širom sveta. Osnovna formula BPR funkcije:

$$t_{cr} = t_0 * \{1 + a * [q / (c * q_{max})]^b\} \quad (1)$$

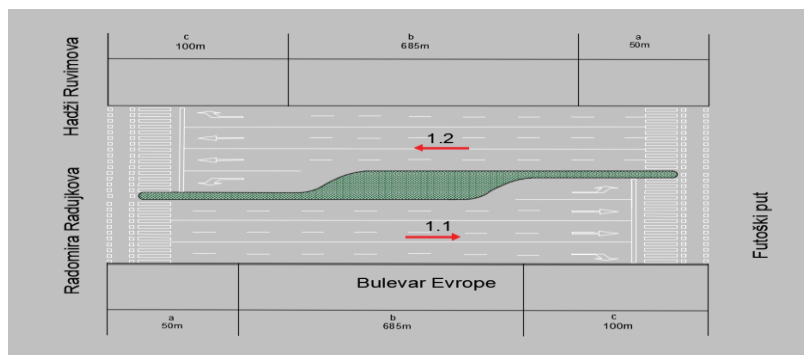
### 4. Metodologija

Analizirana deonica puta se nalazi u Novom Sadu (Republika Srbija), gradu sa oko 350.000 stanovnika. U pitanju je deonica Bulevara Evrope, odnosno deonica od raskrsnice Bulevara Evrope sa Futoškim putem sa jedne strane, do raskrsnice Bulevara Evrope i Hadži Ruvimove/Radomira Raše Radujkova sa druge strane (Slika 2).



Slika 2. Prikaz deonice na mapi [4]

Deonica ima 3 trake (dve za pravo i jednu za desna skretanja) i jednu dodatnu traku, koja počinje 75m od raskrsnice (oba smeru), za leva skretanja. Dužina, u jednom smeru, iznosi 835m. Deonica je podeljena u 3 sektora. Sektor *a*, na početku svakog smeru, je dužine 50m, i to je dužina koja je potrebna da vozilo osmatrač dostigne brzinu realnog saobraćajnog toka. 100m pre obe raskrsnice kreće sektor *c*, odnosno to je sektor na kom se "oseti" uticaj načina regulisanja (signalisane) raskrsnice na tok vozila. Između se nalazi sektor *b*, na kom se vozilo osmatrač kreće brzinom realnog toka (Slika 3).



Slika 3. Analizirana deonica sa označenim smerovima i sektorima

Prikupljanje podataka je izvršeno metodom pokretnog osmatrača, u više prolaza po svakom smeru deonice, tokom čega su zabeleženi kinematski parametri vozila pokretnog osmatrača uz istovremeno snimanje video zapisa.

Nakon analize video snimaka, izvučene vrednosti vremena putovanja i protoka su unošene u šablon gde je iz osnovne BPR funkcije izražen/izračunat parametar "b" (parametri  $a=1$  i  $c=1$ ), i prikazano je kako se ovaj parametar menja u zavisnosti od vremena putovanja i veličine protoka po smeru. Za potrebe ovog rada izabrana je analiza parametra "b", a predmet daljih istraživanja mogu biti i preostala dva parametra, koja su u ovom slučaju fiksirana, čime bi se kompleksnost analize produbila i proširila.

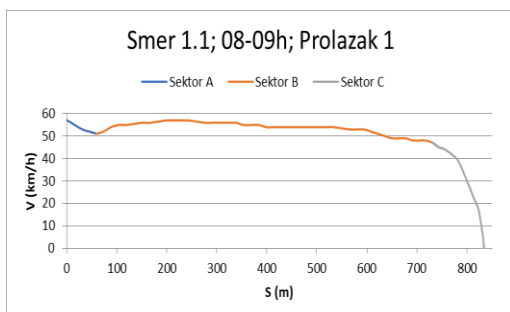
Izračunavanje parametra "b" iz BPR funkcije se odnosi na vreme putovanja na sektoru *b* analizirane deonice, odnosno u pitanju je  $V/D$  funkcija na deonici (linku). U smeru 1.1  $V_0$  iznosi 60 km/h (što je ujedno i maksimalna dozvoljena brzina), dok je za smer 1.2  $V_0$  povećano za 10% , odnosno sa 50 km/h (maksimalna dozvoljena brzina) na 55 km/h, jer realna brzina toka premašuje maksimalno dozvoljenu brzinu u tom smeru deonice. Usvojen je kapacitet deonice, odnosno  $q_{max}=1700voz/h$ , za oba smeru. Vrednosti izračunatog parametra "b" su unošene u Excel šablon koji se dobija uz softverski paket "PTV Visum". U ovaj Excel je implementirana osnovna BPR funkcija, za dobijanje  $V/D$  dijagrama.

## 5. Rezultati

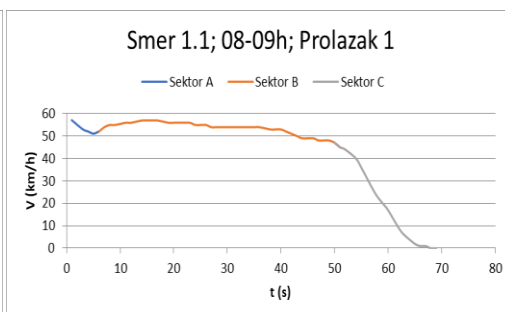
Rezultati su podeljena u dva segmenta. U prvom segmentu su prikazani parametri snimanja na deonici, odnosno prikazane su brzine, vremena putovanja i protoci, dok je u drugom delu prikazano menjanje parametra "b", iz osnovne BPR-ove  $V/D$  funkcije, u zavisnosti od promene parametara zabeležnih na analiziranoj deonici, kao i dijagram  $V/D$  funkcije formiran uz pomoć Visumovog Excel šablona, za oba smeru deonice.

### 5.1. Prikaz izmerenih parametara na analiziranoj deonici

Svaki smer deonice je analiziran 5 puta, odnosno izvršeno je 5 prolazaka po smeru, za oba sata istraživanja. Na graficima 2. i 3. je prikazan jedan primer dobijenih dijagrama za jedan prolazak nakon analize video snimaka.

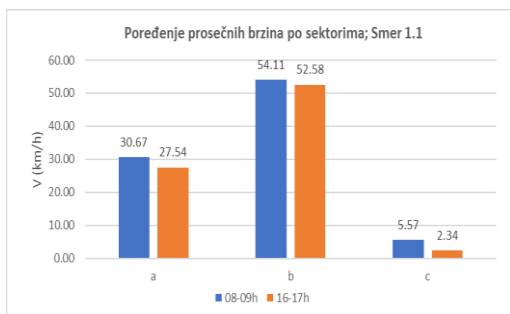


Grafik 1. Grafički prikaz odnosa brzina-put;

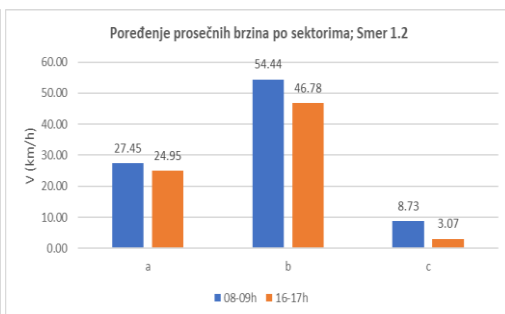


Grafik 2. Grafički prikaz odnosa brzina-vreme

Na grafiku 4. i 5. su prikazane zabeležene prosečne vrednosti brzina po sektorima deonice, za oba smeru.

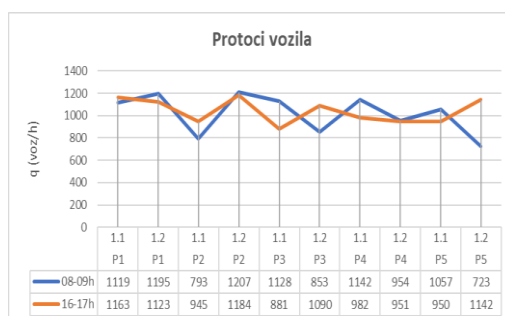


Grafik 3. Poređenje prosečnih brzina (1.1);



Grafik 4. Poređenje prosečnih brzina (1.2)

Na grafiku 6. su prikazani izmereni protoci, klasifikovani po prolasku, smeru i satu.

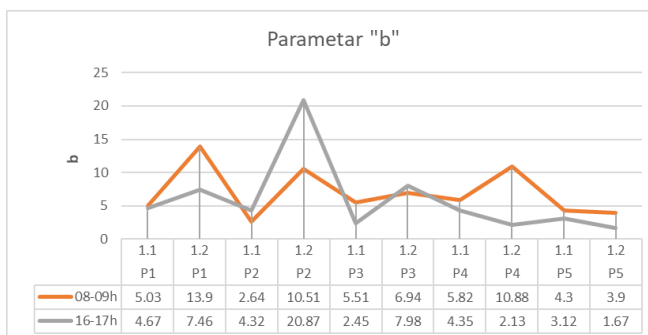


Grafik 5. Protoci vozila

### 5.2. Parametar "b" i V/D dijagram

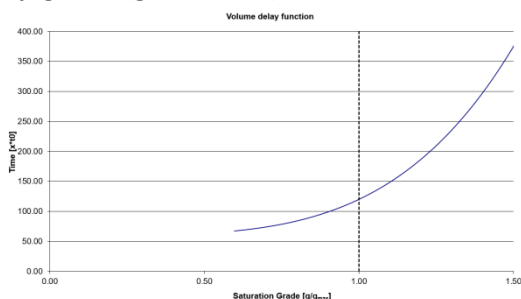
Grafik 7. prikazuje izračunate vrednosti parametra "b". Vrednosti su na grafiku klasifikovane po prolasku, smeru i satu.



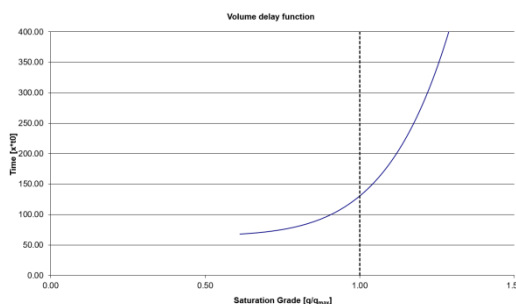


Grafik 6. Vrednosti parametra "b"

Prilikom formiranja dijagrama V/D funkcije, korišćene se prosečne vrednosti parametra "b" za svaki smer, za oba sata istraživanja. Za smer 1.1  $b=4.09$ , a za smer 1.2  $b=6.46$ . Takođe korišćene su prosečne vrednosti protoka za svaki smer, odnosno za 1.1  $q=1016$  voz/h, dok je za smer 1.2  $q=1042$  voz/h. Za navedene vrednosti formirana su dva dijagrama (grafici 8. i 9).



Grafik 7. V/D dijagram za smer 1.1;



Grafik 8. V/D dijagram za smer 1.2

## 6. Zaključak

Saobraćajni (transportni) modeli, pored toga što predviđaju obrasce putovanja i potražnje za putovanjem, sadrže u sebi brojne matematičke jednačine za simulaciju ili prezentovanje načina kada, kako i zašto ljudi putuju, a sve u cilju poboljšanja kvaliteta mobilnosti stanovništva. To su prvenstveno matematički alati koji koriste kompjuterske softvere za predstavljanje stvarnog transportnog sistema, kao i za predviđanje obrazaca putovanja i tokova između izvora i cilja putovanja u budućnosti, raspoređujući svako putovanje prostorno i vidovno.

Iako je uobičajena praksa da se kod transportnih modela na makro nivou definiše jedna V/D funkcija po kategoriji saobraćajnice, u ovom radu su definisane dve V/D funkcije, po smeru deonice, što je podobno za mikro modeliranje.

V/D funkcija opisuje korelaciju između veličine trenutnog protoka vozila i maksimalnog kapaciteta linka, i kod modela raspodele tokova ne mrežu predstavlja sastavni deo metode kapacitetnog ograničenja. Cilj ovog istraživanja je bio da se na osnovu izmerenih vrednosti na deonici utvrdi kako oni utiču na parametar "b" i kako zatim njegove vrednosti utiču na formiranje V/D dijagrama.

## Zahvalnica

Ovo istraživanje (ovaj rad) je podržan(o) od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost kroz projekat broj 142-451-2690/2021-01/02 "Razvoj prostorno zasnovanog inteligentnog sistema upravljanja bezbednošću saobraćaja".

## Literatura

- [1] Mirović, Valentina. 2015. Modeli planiranja saobraćaja. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.
- [2] Juan de Dios, Ortuzar & Luis, Willumsen. Modelling Transport, Fourth Edition. 2011. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication
- [3] Rafał Kucharski and Arkadiusz Drabicki. 2017. Estimating Macroscopic Volume Delay Functions with the Traffic Density Derived from Measured Speeds and Flows (Volume 17). Poland.
- [4] a3.geosrbija.rs (Jul 2022)

## Summary

### **DETERMINING THE TRAVEL TIME DEPENDENCE FUNCTION ON THE RATIO OF FLOW AND CAPACITY ON THE STREET NETWORK OF NOVI SAD**

*The task of transport models is to describe traffic flows in the best possible way. In order to distribute flows on the network and apply existing distribution models, it is desirable for the network, that is, area research, to analyze the impact of travel time on traffic flows of certain types of sections of the street network at average traffic flow speeds. One of the most important variables of the model is the V/D function (Volume/Delay Function), which defines the ratio of travel time depending on the ratio of flow and capacity of the section. The V/D function is a mathematical model used in traffic models to forecast traffic demand, to account for the effect of increased vehicle flow on travel times between different points on the road network.*

*This paper presents the results of the research carried out on a specific section of the road network in Novi Sad, that is, the analysis of the basic parameters of the traffic flow measured in the research area.*

*Keywords: traffic flow, volume, travel time, V/D function*

**GRUPA E**

---

**PARKIRANJE**

---



## **GRUPA E**

### **PARKIRANJE**

#### **PARKIRANJE KA ODRŽIVOJ URBANOJ MOBILNOSTI**

*Nada Milosavljević, Jelena Simićević*

#### **PROBLEMATIKA PARKIRANJA U KONTEKSTU OSTVARENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI U GRADOVIMA**

*Ranka Gajić, Svetlana Batarilo, Milena Kordić*

#### **GENEZA PROBLEMA PARKIRANJA U NOVOM SADU**

*Zoran Papić, Milja Simeunović, Nenad Saulić*

#### **UNAPREĐENJE METODOLOGIJE ZA ISTRAŽIVANJE KARAKTERISTIKA PARKIRANJA**

*Vladimir Čuljković, Nataša Vidović*

#### **KONTROLA I SANKCIONISANJE PREKRŠAJA U PARKIRANJU – PODRŠKA UPRAVLJANJU PARKIRANJEM**

*Vladimir Čuljković*

#### **SISTEM KONTROLE I SANKCIONISANJA PREKRŠAJA U PARKIRANJU PUTEM SCAN CAR**

*Marjana Radosavljević, Dušan Radosavljević*

#### **UTICAJ PROMENE STRATEGIJE SNABDEVANJA GRADSKOG CENTRA NA POTRAŽNJU ZA PARKIRANJE**

*Vladimir Momčilović*



## PARKIRANJE KA ODRŽIVOJ URBANOJ MOBILNOSTI

Nada Milosavljević, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.milosavljevic@sf.bg.ac.rs

Jelena Simićević, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.simicevic@sf.bg.ac.rs

*Rezime: U mnogim gradovima i naseljenim mestima Evrope i šire, postoji očigledna tendencija da se problemi parkiranja rešavaju na reaktivan način, reagujući kada se određeni problemi pojave na nekoj određenoj lokaciji. Od početka 2000. godine, transportna politika, odnosno upravljanje transportnim sistemom grada sve više značaja daje upravljanju transportnim zahtevima. Akcenat se, više nego ranijih godina, stavlja na integrisano upravljanje transportnim sistemom kao sigurnom koraku ka održivoj urbanoj mobilnosti. Integracija upravljanja parkiranjem u upravljanje transportnim sistemom znači podizanje upravljanja parkiranjem na drugi nivo: sa čisto operativnog nivoa (koji se bavi iznalaženjem ravnoteže između ponude i potražnje za parkiranjem) na viši, strateški nivo - da se utvrdi način kojim se upravljanje parkiranjem koristi da se izađe u susret ciljevima održivog transportnog sistema, drugim rečima da se doprinese planiranju i realizaciji plana održive urbane mobilnosti. Sasvim uopšteno može se reći da se integrisano upravljanje bazira na pravilnom izboru kombinacije mera politika upravljanja parkiranjem i mera politika upravljanja urbanom mobilnošću. Cilj ovog rada je da prikaže vezu između pravilnog upravljanja parkiranjem i održivog transportnog sistema, odnosno planiranja i realizacije održive urbane mobilnosti. Imajući u vidu kompleksnost integrisanog upravljanja transportnim sistemom u radu će se posebno istaći preduslovi koji bi trebalo da budu ispunjeni od strane nadležnih za upravljanje, kao i izazovi integrisanog upravljanja koji bi trebalo da se prevaziđu radi pravilne integracije upravljanja parkiranjem u upravljanje transportnim sistemom grada ili naseljenog mesta.*

*Gljučne reči: upravljanje parkiranjem, transportni sistem grada, održiva urbana mobilnost, politike parkiranja.*

### 1. Uvod

Transportni sistem predstavlja jedan od sistema grada, koji je u tesnoj vezi i interakciji sa ostalim gradskim sistemima. Zbog toga strategija upravljanja transportnim sistemom predstavlja integralni deo urbane politike, a pravilno sagledavanje odnosa transporta sa namenom zemljišta, ekonomijom i životnom sredinom direktno se odražava na njeno definisanje. Do osnovnih problema u transportnom sistemu dolazi zbog neusaglašenosti transportne ponude i potražnje. Nastali problemi manifestuju se saobraćajnim zagušenjima i neregularnim parkiranjima ali i velikom broju indirektnih negativnih efekata.

Prvobitna strategija upravljanja transportnim sistemom (tzv. konvencionalni koncept), favorizovala je putovanje automobilom i podrazumevala zadovoljenje svih zahteva, tzv. „opšte potražnje“. Osnovni zadatak konvencionalnog koncepta je da utvrdi sadašnje (i predvidi buduće) transportne zahteve i obezbedi odgovarajući kapacitet za njihovu realizaciju („predict and provide“). Međutim, ovakvim pristupom problemi se rešavaju samo kratkoročno. Naime, svako povećanje kapaciteta, zahvaljujući čitavom spektru

različitih reakcija u ponašanju okruženja, generiše nove saobraćajne zahteve, koji podrazumevaju dalju izgradnju (proširenje) kapaciteta [1]. Nemogućnost dugoročnog rešavanja problema i skupa izgradnja saobraćajne infrastrukture ali i problemi razvoja u uslovima ograničenih resursa i razvoj svesti u vezi sa zaštitom životne sredine, uslovili su promenu strategije. Nekadašnji, konvencionalni koncept „prilagođavanja grada saobraćaju“ zamenjen je konceptom „prilagođavanja saobraćaja gradu“, odnosno "balansirani razvoj".

Nova strategija, tzv. balansirani razvoj, podrazumeva korišćenje svakog vida prevoza za ono za šta je on najbolji. Ovo uobičajeno znači veće oslanjanje na nemotorizovane vidove prevoza (pešački i biciklistički saobraćaj) i javni gradski transport putnika (u daljem tekstu: JGTP), a ograničavanje (ali ne i eliminaciju) automobilskog saobraćaja [2]. U novom konceptu saobraćajni problemi se rešavaju efikasnijim korišćenjem postojeće infrastrukture a upravljanjem transportnim zahtevima (u smislu smanjenja broja zahteva za putovanje automobilom i njihove vremenske, vidovne i prostorne preraspodele). Većina analiza ukazuje na to da je upravljanje transportnim zahtevima od suštinske važnosti za dostizanje održivog transportnog sistema. Ono uključuje očuvanje resursa, kapitala, zaštitu životne sredine, efikasno korišćenje zemljišta i sl; odnosno utiče na ostvarenje brojnih ekonomskih, socijalnih i ekoloških ciljeva, na koje prethodni koncept nije imao uticaj. Na taj način, koncept upravljanja transportnim zahtevima doprinosi razvoju održivog transportnog sistema [3].

Od 2000. godine transportna politika grada sve više značaja daje upravljanju zahtevima a upravljanje parkiranjem postaje integralni deo politika upravljanja transportnim zahtevima. Kao posledica pozicije podsistema parkiranja u sistemu jednog grada promena koncepta upravljanja transportnim sistemom dovela je i do promena u strategiji upravljanja parkiranjem. Novim konceptom definisane su dve osnovne uloge strategije upravljanja parkiranjem:

- da se utvrdi način na koji se upravljanje parkiranjem koristi da se izađe u susret ciljevima održivog transportnog sistema, drugim rečima da doprinese realizaciji Plana održive urbane mobilnosti i
- da se utvrdi način na koji se upravljanje parkiranjem koristi da zadovolji ciljeve podsistema parkiranja (da uravnoteži ponudu i kvalifikovanu potražnju).

## **2. Upravljanje parkiranjem: politike i mere**

Prema novoj, savremenoj strategiji, gradi samo onoliko parking mesta koliko je potrebno za realizaciju zahteva korisnika od kojih zavisi normalno funkcionisanje sadržaja zone (obezbeđuje se „potreban“ a ne „dovoljan“ broj parking mesta). Akcenat se stavlja na upravljanje zahtevima za parkiranje, pa je „opšta“ potražnja zamenjena „kvalifikovanom“.

### **2.1. Kvalifikovana potražnja**

Kvalifikovanu potražnju sa aspekta parkiranja u jednoj zoni visokog stepena atraktivnosti (samim tim i uže centralne zone) čine one kategorije korisnika koje su neophodne za normalno funkcionisanje sadržaja zona (prioritetne kategorije). Za takve zone, uobičajeno je definisan prioritet korišćenja parking mesta u zavisnosti od kategorija korisnika, tabela 1.



*Tabela 1: Prioritet korišćenja parking mesta u zavisnosti od kategorija korisnika*

<i>Prioritet u korišćenju</i>	<i>Kategorije korisnika</i>
<i>Ko mora da parkira</i>	<i>Stanovnici i snabdevači sadržaja zone</i>
<i>Ko treba da parkira</i>	<i>Korisnici sadržaja zone kratkog i srednjeg trajanja parkiranja</i>
<i>Ko može da parkira</i>	<i>Određene kategorije zaposlenih klijenata</i>
<i>Ko ne treba da parkira</i>	<i>Zaposleni građani širokog spektra, gotovo svi dugotrajni parkirači</i>
<i>Ko ne sme da parkira</i>	<i>Sva ostala vozila (teretna vozila, prikolice i sl.)</i>

Svaki grad, odnosno naseljeno mesto, u zavisnosti od specifičnosti koje u njima vladaju može i mora da definiše prioritetne kategorije korisnika ili da usvoji predložene u tabeli 1. Upravljanje parkiranjem definiše: ko, kada, i koliko dugo može da se parkira na određenoj lokaciji kako bi se omogućilo parkiranje upravo prioritetnim kategorijama korisnika.

## **2.2. Dinamika uvođenja mera**

Skoro svi gradovi u svetu, u kojima se upravlja parkiranjem, pratili su istu dinamiku uvođenja politike parkiranja.

### **Prostorno uređenje parkiranja**

Mora se napomenuti da proces upravljanja parkiranjem, uvođenjem mere bilo koje politike parkiranja može započeti tek ukoliko se izvrši prostorno uređenje parkiranja, odnosno tehničko regulisanje (obeležavanje horizontalnom a zatim i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom) svih parking mesta na uličnim frontovima prema zakonskim propisima i normativima za dimenzionisanje, na način koji neće ugroziti funkcionisanje ostalih transportnih podсистema (pešačkog i dinamičkog saobraćaja i JGTP-a), kao i tehničko regulisanje vanulučnih kapaciteta za parkiranje. Pored toga, u ovoj, prvoj fazi se, ukoliko je to potrebno, obezbeđuju (grade) parking mesta. Za razliku od starog koncepta koji je obezbeđivao onoliko parking mesta koliko treba za realizaciju svih zahteva korisnika, danas se mesta bezuslovno grade samo kada i koliko ih nedostaje za kvalifikovanu potražnju.

Glavni razlog prostornog uređenja leži u činjenici da se neregulisanim sistemom ne može upravljati. Tek nakon uređenja prostora, saznaje se broj parking mesta u prostoru, što je ključno za procenu odnosa ponude i potražnje.

Proces prostornog uređenja parkiranja mora, za namenska parkirališta, uvažiti i politike/mere upravljanja količinom parking mesta. Nezaobilazna politika su svakako urbanistički normativi za parkiranje koji definišu potreban broj parking mesta uz objekat određene namene koje investitor gradnje mora izgraditi u okviru parcele objekta koji gradi. Poslednjih godina se promovise koncept maksimalnih normativa, kao mera smanjenja ponude za parkiranje i promovisanje korišćenja alternativnih vidova prevoza.

Obzirom da je politika parkiranja posebno efikasan instrument u upravljanju urbanom mobilnošću većina zemalja Evropske unije i UITP-a [4] opredelila se da definiše okvir za postizanje bolje integracije saobraćaja i urbanističke namene zemljišta. U tom smislu od lokalnih vlasti se očekuje da usvoje maksimalne urbanističke normative za parkiranje kao meru podsticanja održivosti, kroz ograničavanje broja raspoloživih parking mesta prilikom izgradnje i uređenja novih, proširenja ili prenamene postojećih. Time bi se omogućilo da urbanistički normativi za parkiranje služe i za upravljanje namenom površina u skladu sa

pristupačnosti zonama grada vidovima prevoza koji nisu putnički automobil. Ovim pristupom se nastoji da se primenjuje različit set standarda na objekte određene namene u zavisnosti od [5]:

- Nivoa pristupačnosti zone vozilima javnog masovnog transporta putnika, ali i od
- Stepena atraktivnosti gradskih zona koje su od uticaja na nivo zahteva za parkiranje.

Uz objekat određene namene koji se nalazi u zoni bolje opsluženosti linijama JMTP-a zahteva se manji broj parking mesta koji Investitor gradnje objekta treba da obezbedi ("blaži" urbanistički normativ za parkiranje) nego uz objekat iste takve namene ukoliko se nalazi u zoni koja je lošije opslužena linijama JMTP-a. Razlog za uvođenje koncepta maksimalnih urbanističkih normativa za parkiranje saglasan je sa razlogom za prelazak sa konvencionalnog na savremeno upravljanje parkiranjem (balansirani razvoj). Smanjivanjem kapaciteta za parkiranje korisnika objekata određene namene, tamo gde postoji bolja pristupačnost vozilima JMTP-a (gde putnički automobil ima alternativu) izbegava se nepotrebno zauzimanje zemljišta, naglašava se poruka vezana za izbor vida prevoza i upravlja se saobraćajnom potražnjom.

Za ublažavanje posledica koje Investitor gradnje objekta može snositi zbog graničavanja broja parking mesta za svoje korisnike može se ponuditi različit kompleks mera (finansiranje programa unapređenja transportnih podсистema koji nisu putnički automobil, finansiranje sistema koji su podrška funkcionisanju režima parkiranja u uticajnoj zoni predmetnog objekta i sl.).

Primena navedenog koncepta podrazumeva da su osnovne postavke, za definisanje urbanističkih normativa za parkiranje sastavni deo transportne politike jednog grada [5].

### **Funkcionalno uređenje parkiranja**

Tek po prostornom uređenju parkiranja treba otpočeti sa funkcionalim uređenjem parkiranja (druga faza). Kao što je navedeno od početka 2000. godine transportna politika jednog grada sve više pridaje značaj upravljanju transportnim zahtevima, dok je upravljanje parkiranjem postalo njen sastavni deo. Glavne razlike u odnosu na prethodni koncept upravljanja su u pristupu [6], koji naglašava sledeće principe vezano za politike parkiranja:

- Politike se zasnivaju na upravljanju transportnim zahtevima, a ne samo na upravljanju zahtevima za parkiranje. Režim sektorskog upravljanja zamenjen je integrisanim,
- Politike su preventivne, a ne reaktivne,
- Izbor politike zavisi od lokalnih uslova, tj. ne primenjuje se ujednačeno u svim gradovima.

U ovoj fazi parkiranje se sve više integriše sa opštim ciljevima grada kroz ciljeve održivog transportnog sistema. Za rešavanje problema parkiranja primenjuju se i politike upravljanja urbanom mobilnošću koje definišu opšte ciljeve strategije upravljanja parkiranjem [6], kao što su:

- Parkiraj i vozi se (Park and Ride),
- Pametan razvoj (Smart growth),
- Deljenje automobila od strane više zavisnih ili nezavisnih korisnika (Car sharing),
- Šeme radnog vremena zaposlenih (Working hours schemes),

- Finansijski podsticaj za zaposlene (Financial incentives for commuters), itd.

Politike i mere upravljanja parkiranjem treba izabrati na osnovu analize i procene postojećih uslova parkiranja u okruženju (tj. kreiranja politike zasnovane na dokazima, odnosno ažurnoj bazi podataka o stanju infrastrukture i karakteristika funkcionisanja parkiranja), a u skladu sa opštim i direktnim ciljevima strategije upravljanja parkiranjem.

Prvenstveno se uvode politike upravljanja zahtevima za parkiranje uobičajeno sledećim redosledom [7]:

- Politika regulisanja trajanja parkiranja: režim vremenskog ograničenje u početku bez, a kasnije sa naplatom parkiranja, zatim
- Režim selekcije motiva parkiranja: i to „parking samo za stanovnike” u oblastima, sa pretežnim motivom "stanovanje", pogođenim prelivanjem zahteva za parkiranje iz zona visokog stepena atraktivnosti, i na kraju
- Upravljanje cenama parkiranja.

Svaka od navedenih politika mora biti podržana sistemom kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju kako na regulisanim tako i na zabranjenim mestima za parkiranje.

Na osnovu iskustva vezanog za implementaciju politika na opisani način, može se zaključiti da bi proces savremenog upravljanja parkiranjem trebalo da se odvija na sledeći način, tabela 2.

U poslednje vreme, koordinirana politika parkiranja se realizuje korišćenjem kombinacije (paketa) odgovarajućih politika upravljanja urbanom mobilnošću i politika upravljanja parkiranjem, odnosno, takozvanim integrisanim upravljanjem transportnim sistemom koje dovodi do realizacije planova održive urbane mobilnosti.

Tabela 2: Proces upravljanja parkiranjem

<b>POLITIKE</b>		<b>POLITIKE</b>	
<b>Faza 1</b>	<b>Faza 2</b>		
<b>Opšta potražnja</b>	<b>Kvalifikovana potražnja</b>	<b>Politike upravljanja urbanom mobilnošću</b>	<b>Politike upravljanja parkiranjem u cilju upravljanja urbanom mobilnošću</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parkiraj i vozi se,</li> <li>- Pametan razvoj gradova,</li> <li>- Deljenje automobula (Car sharing),</li> <li>- Šeme radnog vremena,</li> <li>- Finansijski podsticaj za zaposlene etc.</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehničko regulisanje</li> <li>- Izgradnja dovoljnog broja parking mesta</li> <li>- Kontrola i sankcionisanje prekršaja u parkiranju</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvođenje vremenskog ograničenja (prvo bez a kasnije sa naplatom parkiranja),</li> <li>- Uvođenje režima za stanovnike u zonama zahvaćenim parking spill-overom</li> <li>- Upravljanje cenom parkiranja</li> <li>- Kontrola i sankcionisanje prekršaja u parkiranju</li> </ul>	<b>Politike upravljanja parkiranjem</b>	

### 3. Preduslovi za realizaciju planova održive urbane mobilnosti

Sprovođenje koncepta integrisanog upravljanja transportnim sistemom, odnosno planiranja i realizacije održive urbane mobilnosti podrazumeva, na prvom mestu, da nadležni za upravljanje ispune sledeće preduslove [2]:

- Prepoznaju prednosti navedenog koncepta (poseduju stručna znanja), poseduju administrativnu kompetenciju u meri koja bi omogućila potpunu realizaciju koncepta i poseduju politički senzibilitet kako bi konceptom bilo obezbeđeno i neophodno zadovoljstvo korisnika.
- Raspoložu bazama podataka o efektima funkcionisanja osnovnih transportnih podсистema u gradu a posebno aktuelne politike parkiranja i to: efektima na stepen realizacije kvalifikovane potražnje, kvalitetu usluge u parkiranju i doprinosu realizaciji željenog učešća putničkog automobila u vidovnoj raspodeli putovanja i
- Prepoznaju načine za prevazilaženje izazova (prepreka) koji se odnose na primenu i sprovođenje politike upravljanja parkiranjem oslonjene na integrisano upravljanje transportnim sistemom, uključujući najvažnije: finansijske i tehničke, neadekvatan nivo obučenosti u pogledu prepoznavanja prednosti integrisanog upravljanja i ovladavanja tehnikama za njegovu realizaciju, institucionalni i zakonski (pitanje procedura upravljanja) i/ili visok nivo političkog uticaja u procesu donošenja a posebno sprovođenje upravljačkih odluka, kao i prihvatanje mera od strane javnog mnjenja.

U navedenim preduslovima koje treba da ispune nadležni za upravljanje transportnim sistemom u gradu prepoznaju se preduslovi za efikasno upravljanje podsystemom parkiranja, pa i ostalim transportnim podsystemima, kada se funkcija cilja upravljanja transportnim sistemom alocira na njegove podsysteme.

### 4. Zaključak

Nadležnost za upravljanje parkiranjem dodeljena je Gradskim upavama/lokalnim samoupravama, a nadležnost za operativno sprovođenje usvojene politike (politika) i njenih mera dodeljuje se Parking servisima, posebnoj službi gradske uprave (Lokalne samouprave) ili ogranaku neke komunalne delatnosti.

Gradske uprave/lokalne samouprave donose strategiju upravljanja parkiranjem koja mora biti oslonjena na strategiju upravljanja transportnim sistemom. Strategija mora biti dugoročna i inertna na političke promene u gradu/naseljenom mestu. Iskustvo (već pretočeno u literaturu) sugeriše da subjekti koji upravljaju parkiranjem moraju posedovati: stručna znanja, administrativnu kompetenciju (mogućnost da bezuslovno primene odabranu politiku i sve njene mere) i politički senzibilitet.

Stručna znanja se odnose na razumevanje i promovisanje novog koncepta upravljanja parkiranjem i sposobnost kritičkog odnosa prema merama koje propisuje Projekat (Studija) upravljanja parkiranjem koje su u skladu sa zahtevima održivog transportnog sistema (proizašle iz neke od politika održive urbane mobilnosti). Projekat/Studiju treba da izradi akreditovana stručna institucija a nadležni za upravljanje treba da je usvoje. Da bi se ovo sprovedo neophodna je permanentna edukacija nadležnih za upravljanje.

Obzirom da su politike i mere za upravljanje parkiranjem po pravilu restriktivnog karaktera nadležni, na osnovu političkog senzibiliteta imaju pravo da mere u

Projekt/Studiju u određenoj meri redefinišu zbog obezbeđivanja neophodnog zadovoljstva korisnika vodeći računa o ciljevima i očekivanim efektima upravljanja. Eventualnom redefinisaniu mera mora da predhodi kalifikovana procena rizika od njihove izmene kako bi krajnji efekti ove izmene neznatno uticali na ukupno stanje parkiranja u gradu.

Nadležni za upravljanje treba da budu upoznati sa značajem kontinuiranog praćenja stanja parkiranja, i posle realizacije mera definisanih Projektom (Studijom) i da periodičnost praćenja uvrste u strategiju upravljanja parkiranjem. Pri svakom redefinisaniu mera mora se raspolagati ažurnom bazom podataka o efektima funkcionisanja aktuelne politike parkiranja. Periodično vrednovanje efekata izabrane politike neophodno je da se uradi za sistem parkiranja ali i za uticaj tih efekata na realizaciju ciljeve održivog transportnog sistema (dopinos realizaciji održivog transportnog sistema, odnosno dopinos realizaciji plana održive urbane mobilnosti). Zbog svega navedenog sledi da se politika parkiranja mora tretirati u funkciji nivoa usluge na saobraćajnoj mreži [8], odnosno da definisanje mera u parkiranju treba da zavisi i od mogućnosti saobraćajne mreže da prihvati promene u funkcionisanju parkiranja u posmatranoj zoni. Ovo je neophodno kako bi se mogla ceniti valjanost mera u primeni i njihovo dalje prilagođavanje radi postizanja što boljih efekata kako u parkiranju tako i u čitavom transportnom sistemu grada.

Poštovanje ili ispunjavanje gore navedenih uslova dovelo bi ne samo do rešavanja uzročnika nedovoljno dobrog upravljanja parkiranjem već i do realizacije održive urbane mobilnosti u gradu, osnosno naseljenom mestu.

## Literatura

- [1] Litman, T. (2009). Generated traffic and induced travel, Victoria Transport Policy Institute.
- [2] Simićević, J., Milosavljević, N. (2015). Parkiranje u gradovima Srbije: Stanje i izazovi, 11. savetovanje o tehnikama regulisanja saobraćaja, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, vol. 1, no. 11, str. 139-147, (ISSN 978-86-7395-340-3).
- [3] Victoria Transport Policy Institute (VTPI) (2011). Sustainable transportation and TDM, TDM Encyclopedia (<http://www.vtpi.org/tdm/tdm67.htm>).
- [4] International Association of Public Transport (2000). Parking Policies, Position paper.
- [5] Milosavljević, N., Simićević, J., Maletić, G. (2010). Vehicle parking standard as a support og sustainable transport system: Cese stady of Belgrade. technological and Economic Development of Economy, 16 (3).
- [6] Mingardo, G., van Wee, B., & Rye, T. (2015). Urban parking policy in Europe: A conceptualization of past and possible future trend, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 74, 268–281.
- [7] Milosavljević, N., Simićević, J. (2019). Sustainable parking menagement, poglavlje 7, Elsevir.
- [8] Simićević, J. (2013). Prilog definisanju politike parkiranja u zavisnosti od nivoa usluge na saobraćajnoj mreži, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, COBISIS.SR.ID: 512323754, UDK: 656.1(043.3).

## Summary

### PARKING TOWARDS SUSTAINABLE URBAN MOBILITY

*Abstract: In many cities and towns in Europe and beyond, there is an obvious tendency to solve parking problems in a reactive way, reacting only when certain problems arise in a certain area. Since the beginning of 2000, the transport policy, i.e. urban transport system management has been giving more and more importance to the transport demand management. More than before, the emphasis is put on the integrated transport system management as a sure step towards sustainable urban mobility. Integrating parking management into transport management means raising parking management to another level: from a purely operational level (to balance parking demand and supply) to a higher, strategic level – to determine how parking management is used to meet sustainable transport system aims, in other words to contribute to the planning and implementation of sustainable urban mobility plans. In general, it can be said that integrated management is based on the proper combination of parking measures and mobility management measures. The aim of this paper is to present the connection between proper parking management and sustainable transport system, i.e. planning and implementation of sustainable urban mobility. Bearing in mind the complexity of integrated transport management, the paper will highlight preconditions that should be met by the authorities as well as the challenges of integrated management that should be overcome in order to properly integrate parking management into the transport management of a city or town.*

*Key words: parking management; urban transport system; sustainable urban mobility; parking policy*

## PROBLEMATIKA PARKIRANJA U KONTEKSTU OSTVARENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI U GRADOVIMA

*Ranka Gajić, dia, Saobraćajni fakultet, Beograd, r.gajic@sf.bg.ac.rs*

*Svetlana Batarilo, dia, Saobraćajni fakultet, Beograd, s.batarilo@sf.bg.ac.rs*

*Milena Kordić, dia, Arhitektonski fakultet, Beograd, milena.kordic@arh.bg.ac.rs*

*Rezime: U evropskim profesionalnim krugovima kao model urbanog razvoja koji može da doprinese održivom razvoju Evrope i energetske efikasnijim prostorima, potenciraju se kompaktnije, gušće naseljene urbane celine izmešanih sadržaja. Kvalitetno planirana namena zemljišta u kontekstu dostupnosti, u ovakvim celinama u velikoj meri može da doprinese smanjenju korišćenja sopstvenih vozila i posledično, energetske efikasnosti kroz uštedu goriva. Unutar preporuka i parametara za dostizanje energetske efikasnog urbanog prostora, značajna tematska podgrupa upravo se bavi problematikom planiranja sadržaja u kontekstu dostupnosti gde se kao veoma važna naglašava i tema dostupnosti i zastupljenosti parkiranja. Suština koncepta je umanjeње korišćenja sopstvenih vozila i s tim u vezi, kao krajnji rezultat, smanjenje broja dostupnih parking mesta. Izvesno je da ovakvu meru možemo sprovesti tek nakon dugog procesa prilagođavanja grada/prostora/uprave/građana novom načinu života. Ostaje dilema da li je ova ideja tek nerealna vizija ili koncept koji se može prilagoditi i primeniti u gradu? Stvaranje i održavanje/trajanje energetske efikasnog urbanog okruženja, zahteva realizaciju velikog broja različitih aktivnosti koje je nemoguće realizovati istovremeno. (Za sada) ne postoji način da ustanovimo hijerarhiju realizacije između svih potrebnih aktivnosti (redosled kojim se sprovode) što može da dovede do velikih grešaka i problema. U radu će biti opisani rezultati primene metodologije utemeljene u ideju održivog razvoja, koja bi mogla da doprinese sistematizaciji velikog broja aktivnosti i na taj način obezbedi da se koncept/ideja umanjeња korišćenja sopstvenih vozila bez snižavanja kvaliteta života građana, postepeno sprovede i zaživi kao realnost.*

*Ključne reči: Energetska efikasnost u gradovima, Urbanističko planiranje i upravljanje prostorom, Sadržaji u kontekstu dostupnosti, Parkiranje, Preporuke i parametri*

### 1. Uvod

Specifičnost savremenog urbanističkog planiranja je jak uticaj idejne platforme koncepta održivog razvoja koja podrazumeva uključivanje Ekonomskog, Ekološkog i Socijalnog aspekta u procese planiranja i upravljanja prostorom [1]. Preporuka je da se svi aspekti ravnopravno obrade prilikom inicijalnog razmatranja (gradskog) prostora, pa tek u daljim razvojnim strategijama da se ustanovi hijerarhija aspekata (koja nije ista za svaku situaciju u gradu) [2]. Sve ovo dodatno komplikuje već složenu situaciju planiranja i upravljanja gradom. Ipak, zajednički stav je da bi pojednostavljivanje ove situacije bilo pogrešno [1, 2] ali istovremeno i da postoji potreba za uravnoteženijim pristupom kako bi se olakšao teret sektoru javne uprave i obezbedila podrška kreatorima zakona.[2].

### **1.1. Osnovno o energetskej efikasnosti u gradovima**

U periodu 2005-2009. godine, veliki broj država, potpisivanjem i usvajanjem dokumenata na zvaničnom nivou, obavezao se na smanjenje potrošnje i uštedu energije sa targetiranim vrednostima koje će dostići u određenom vremenskom okviru (2020-2030.) [3].

U gradovima, problematika energetske efikasnosti podrazumeva delovanje unutar nekoliko sektorskih oblasti: sistemi za proizvodnju i mreže za distribuciju energije (tehnologija i materijalizacija infrastrukture), saobraćaj i transport, urbanističko planiranje i izgradnja [3]. Oblast od posebnog značaja za dostizanje energetske efikasnosti u gradovima je stanovanje. [3, 4]. Teme od značaja za urbanistički koncept su: dispozicija objekata u odnosu na strane sveta; gustina izgradnje [5]; zastupljenost slobodnih ozelenjenih prostora [6]; rešenje saobraćaja i transporta i dostupnost sadržaja (kao faktor umanjnja potrebe za korišćenjem motornih vozila) [5,6,7].

### **2. Upravljanje korišćenjem zemljišta u gradovima**

Alonso zaključuje da različiti urbani sadržaji imaju svoj gradijent cena zakupnine, kao i da bolji uslovi u oblasti saobraćaja (posedovanje ličnog vozila, dobra putna mreža) rezultuju povećanim cenama zemljišta u prigradskim naseljima. Dok postoji pretpostavka o dostupnosti sopstvenog vozila, postoji i sve veća mogućnost širenja urbanih sredina [6]. Alonsovo stanovište je posebno značajno, pošto objašnjava urbanu formu kroz analizu rentnog potencijala lokacije. Ovaj model je postao jedan od stubova urbane ekonomije, još od 1970-ih godina [6].

Integrisano planiranje namena u prostoru sa saobraćajem/transportom u Agendi 21 se sugerise kao aktivnost koja će voditi realizaciji takvih razvojnih matrica koje će umanjiti zahteve za transportom (čl. 7.52.a). U evropskim profesionalnim krugovima kao model urbanog razvoja koji može da doprinese održivom razvoju Evrope i energetske efikasnijim prostorima, potenciraju se kompaktnije, gušće naseljene urbane celine između sadržaja uz aktiviranje zapuštenih terena/braunfilda i napuštenih parcela [7].

Razumevanje međuzavisnosti koja se razvija između saobraćaja i namena površina u gradovima, uvodi pojam dostupnosti [7]. Ideja Pametnog Grada ("Smart City") je direktno povezana sa savremenim tehnologijama i njihovom upotrebom u cilju postizanja kvaliteta životne sredine, smanjenja emisije ugljen-dioksida i korišćenja obnovljivih izvora energije. Butrin K. et al. pominje četiri elementa koja su važna za ideju pametnog grada. Inteligentna mobilnost je jedna od njih, a ostali su: inteligentno okruženje, inteligentni ljudi i inteligentan život [8]. Odnos namena u urbanom prostoru i njihove dostupnosti je od velikog značaja za analizu i planiranje energetske efikasne urbanih celina. Dobro realizovana rešenja u okviru ove oblasti su ona koja dovode do smanjene upotrebe privatnih vozila, a samim tim i doprinose ukupnoj energetskej efikasnosti posmatranog urbanog područja.

### **3. Problematika parkiranja u gradovima danas – kratak pregled**

Šoup navodi da bi i saobraćajni inženjeri i urbanisti trebalo da razmisle o upozorenju Luisa Mamforda: „Pravo na pristup privatnim automobilom svakoj zgradi u gradu, u doba kada svi poseduju takvo vozilo, zapravo je pravo da se uništi grad.“ (Mamford 1981.) [9]



Smanjenje upotrebe privatnih automobila je svakako važan globalni cilj, ali je i jedan od značajnijih podciljeva za dostizanje energetske efikasnosti urbanog prostora.

Simićević, Milosavljević i Maletić navode da se u prošlosti problem povećanje potražnje za parking mestima rešavao proširenjem kapaciteta, dok danas, zbog troškova i problema razvoja u uslovima ograničenih resursa, ali i zbog brige za životnu sredinu, ovakvo rešenje više nije izvodljivo ili je moguće samo u maloj meri. Rešenje, dakle, nije u proširenju, već u efikasnijem korišćenju postojeće saobraćajne infrastrukture i upravljanju potražnjom putovanja [10].

Šoup navodi da je u osnovi problema planiranja parkiranja, konkretno u američkim gradovima, činjenica da su parking mesta besplatna, što stimuliše potražnju za putovanjem. Više automobila stvara veće gužve u saobraćaju, a ovo zauzvrat izaziva potrebe za proširenjem ulica, većim raskrscima, autoputevima i novim većim zahtevima za parkiranje. Planeri ograničavaju gustinu razvoja kako bi sprečili zagušenje saobraćaja oko lokacija koje nude besplatan parking i na taj način doprinose širenju teritorije grada. Prema Šoupu, deregulacija kvantiteta i povećanje kvaliteta parking mesta (sa naplatom parkiranja!), će poboljšati prevoz, korišćenje zemljišta i životnu sredinu [9].

Institut za Urbano Zemljište (ULI, Urban Land Institute) u okviru analize problematike savremene infrastrukture, između pet prioriteta, kao drugi po značaju navodi ulaganje u javni prevoz i mobilnost i time posredno ukazuju da se težište saobraćaja i transporta u gradovima pomera sa korišćenja sopstvenih vozila [11]. U konačnom, ovo vodi smanjenoj potrebi za parking mestima.

Jedan od primera davanja prioriteta javnom prevozu u okviru planiranja razvoja grada je razvoj naselja Aspern Seestadt u blizini Beča u Austriji. Železnička veza je realizovana na početku gradnje naselja. Koncept „pametne mobilnosti“ u Aspernu podrazumeva planske odluke koje su rezultovale da je raspodela izbora transporta: 40% biciklizam i hodanje, 40% korišćenje javnog prevoza i samo 20% saobraćaj privatnim vozilima [11].

Pregledom primera pristupa mobilnosti u gradovima sveta, jasno je da se težište prebacuje na: //poboljšanje javnog prevoza i integrisano korišćenje zemljišta (Holandija, Pitsburg: lociranje urbanih objekata bliže stanicama, skraćivanje vremena čekanja i efikasniji transfer korisnika sa širokim opsegom multimodalnih opcija); //aktivne izmene kroz politiku i zakonske odluke gradske uprave (Pariz: „grad od 15-20 minuta“; podstičući hiper-blizinu posla, trgovine, zdravstvenih usluga, rekreacije i kulture u roku od 15 minuta od stanovanja, pešačenjem, biciklom ili javnim prevozom) ili //urbani razvoj kroz usvajanje savremenih planerskih koncepata (TOD transit-oriented development i sl.) (Hong Kong – deo grada planiran uz ideju mobilnosti, uključujući bicikle, železnicu i trajekt) [11].

Sve ove mere za rezultat imaju umanjeње korišćenja sopstvenih vozila, pa to posredno svakako utiče na predviđeni broj parking mesta.

#### **4. Problematika parkiranja unutar rezultata metodologije za podršku energetske efikasnosti kolektivnog stanovanja**

U cilju sistematizovanja velikog broja podataka kojima se barata u postupku istraživanja efekata korišćenja zemljišta sa stanovišta održivog razvoja a u pravcu kreiranja energetske efikasnog prostora, preporučena je metodologija koja u odlučivanje ravnopravno uvodi 1/materijalna ulaganja, 2/ekološke i 3/socijalne posledice [12].

Ideja je zasnovana uz oslonac na metodologiju FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), koja se oslanja na tri faktora u procesu vrednovanja a koju je ustanovila NASA ranih 60-ih godina dvadesetog veka za potrebe Apolo svemirskog programa sa ciljem da se procene mogući problemi koji bi izazvali velike greške na raketama, odnosno prouzrokovali moguće katastrofalne posledice. Kao "grešku" u slučaju urbanog prostora podrazumevamo neblagovremenu realizaciju aktivnosti – takvu koja će biti preskupa a neće doneti očekivane ekološke ni socijalne efekte, pa prema tome, može da uspori realizaciju i dalje delovanje ka kreiranju energetski efikasnih urbanih prostora. Ovo može biti i aktivnost za koju nema dovoljno sredstava pa se ne dovrši na odgovarajući način i/ili aktivnost koja ne donosi učinke u smanjenu štetnih agenasa i/ili nije ona koja u konkretnom trenutku poboljšava kvalitet života stanovnika.

Predložena metodologija podrazumeva numericki izraženu "Prioritetnu Aktivnost za Energetsku Efikasnost" (PAEE). U pitanju je proizvod tri broja /tri ocene: potrebna materijalna ulaganja (**M**) (u vezi sa materijalnim troškovima potrebnim da se aktivnost sprovede), ekološke posledice (**E**) (u izabranom slučaju, radi se o proceni smanjenja korišćenja sopstvenog automobila što posledično znači smanjenu potrošnju goriva) i detektovanje uticaja posledica aktivnosti od strane javnosti (**S**) (da li stanarima aktivnost utiče na kvalitet života i kako). Cilj je da se formira hijerarhija implementacije aktivnosti – da se ne sprovodi prvo ona koja je i najskuplja i najviše će iritirati korisnike a pri tome će koristiti i dalje svoje automobile u istoj meri kao pre, odnosno da se utvrdi koje aktivnosti treba sprovesti pre a koje kasnije, kako bi navedeni kriterijumi bili zadovoljeni.

Primer implementacije predložene metodologije za prostor bloka 7 u Novom Beogradu je detaljno razrađen i objavljen u časopisu Land [12]. Ovaj stambeni superblok, čijom gradnjom je, u periodu neposredno posle Drugog svetskog rata započela izgradnja Novog Beograda (1947–1950), je naselje skoro identičnih petospratnica sa oko 3.000 stanova, u otvorenom sistemu modernog urbanizma. Ukupna površina superbloka je 21ha. U vezi sa stanjem parkiranja, broj parking mesta u superbloku je prvobitno planiran sa parametrom 0,5 vozila po stanu, da bi u međuvremenu generalni plan usvojio parametar od 0,7 vozila po stanu, pa su zato sve dvosmerne ulice pretvorene u linijske parkinge. Stanari danas prijavljuju problem prilikom traženja parking mesta: kruži se 5-10 minuta dok se ne parkira vozilo. Ne postoje organizovani parkinzi za bicikle.

Rezultat primene metodologije je sledeća hijerarhija izmedju 18 aktivnosti koje su prethodno uočene kao važne za implementaciju u cilju dostizanja energetske efikasnosti ovog područja, sa osloncem na održivi razvoj: //prve četiri aktivnosti su u vezi sa održavanjem dostignutog kvaliteta već prisutnih sadržaja (vrtići, osnovne škole, sadržaji zabave, sporta i rekreacije); //slede tri aktivnosti u vezi sa obezbedjenjem efikasnog, bezbednog i komfornog javnog prevoza i stanica JGP u dijametru pešačke dostupnosti od 400m; //u sredini liste su aktivnosti u vezi sa održavanjem dostupnih sadržaja domova zdravlja, lokala za svakodnevno snabdevanje i srednjih škola; //na 11. mestu je „obezbedjivanje parkinga za bicikle“, sledi //„izgradnja sadržaja kulture“; //na 13. mestu, stručnjaci su naveli aktivnost „ukidanje parkinga duž ulica širine min. 6m i regulisanje dvosmernog saobraćaja u njima“; //potom sledi „uvodjenje biciklističkih staza“, //pa ukidanje slepih ulica; poslednje tri aktivnosti su; //„izgradnja tržnih centara“, //„smanjen broj parking mesta na manje od 0,5 po stanu“ i //„obezbeđen sistem „deljenja zajedničkog vozila“ za stanove u bloku“.

## 5. Zaključna razmatranja

Jasno se u hijerarhiji potvrdilo da su kao prve za realizaciju preporučene one aktivnosti koje podrazumevaju tekuće održavanje (postojeći sadržaji, snabdevanje i minimalne promene u javnom prevozu), a kao poslednje one koje jesu najneizvesnije i najmanje poželjne za stanovnike (skupe su i zahtevaju veliku promenu u ponašanju stanara/korisnika a bez poboljšanja kvaliteta života u slučaju da se prethodne aktivnosti ne realizuju; radi se o drastičnom smanjenju broja parking mesta i uvođenju deljenja zajedničkog vozila). Neophodno je podići svest javnosti o potrebi i prednostima ovih, nazovimo “ekstremnih”, savremenih aktivnosti, pre njihove primene, što je moguće sprovesti u toku implementacije onih aktivnosti sa početka liste. Kada ove aktivnosti budu implementirane, predlog je da se ponovo sprovede ispitivanje na osnovu metodologije i uspostavi nova hijerarhija aktivnosti za taj konkretni trenutak.

Ovi rezultati sugerišu i da, u našoj praksi još uvek ne bi trebalo neselektivno implementirati savremene ideje iz oblasti upravljanja zemljištem i problematike dostupnosti sadržaja (na primer, uvođenje pešačke zone u centralnoj zoni Beograda u periodu septembar 2017 – jun 2019, imalo je dosta propusta i važi kao diskutabilno i problematično sa stanovišta procedura urbanističkog planiranja [13], što bi primena ovakve metodologije, izvesno i dokazala). Postojanje metodologije kojom bi se stručno utemeljeno formirala hijerarhija između aktivnosti koje se planiraju za sprovođenje, pomoglo bi u ovakvim i sličnim slučajevima kvalitetnoj i profesionalnoj argumentaciji a i kao moguća podrška za realizaciju utemeljenu u principe održivog razvoja.

Baum ukazuje da bi planiranje nužno trebalo da pretpostavi i negativno ponašanje korisnika (pre svega investitora: pripajanje javnog u svrhu privatnog interesa, nebriga za javni interes, isključivi cilj ličnog profita) [14]. Postupak kojim bi se ustanovio redosled odvijanja aktivnosti tako da konačni rezultat u prostoru bude zadovoljavajući sa stanovišta ulaganja novca, ekoloških posledica i zadovoljstva korisnika, može da bude od pomoći.

### Literatura

- [1] Berke, P., Godschalk, D., et al. (2006). *Urban Land Use Planning- fifth edition*. University of Illinois Press, Urbana and Chicago
- [2] Oliveira, V., Pinho, P. (2010). Evaluation in Urban Planning: Advances and Prospects, *Journal of Planning Literature* 1–19, SAGE, London, 343-361.
- [3] Amado, M., Poggi, F., Amado, A.R. (2016). Energy Efficient City: A Model for Urban Planning, *Sustainable Cities and Society*, 26, 476-485.
- [4] Todorović, M., Ristanović, M. (2015). Energy efficiency, renewable energy sources and environmental impacts. Tempus project JCPR 530194-2012, Univerzitet u Beogradu
- [5] Bloem J.J., Pignatelli, F., et al. (2018). *Building Energy Performance and Location – From Building to Urban Area*, JRC Technical Reports, JRC 110645, European Commission, Joint Research Centre: Ispra, EU
- [6] Voigt, B. (2003). Spatial economics and location theory – implications for modeling environmental impacts of future development patterns, *Ecological Economics* NR 385, The International Society for Ecological Economics, Boston(14), cit. Alonso, W. (1964). *Location and Land Use: Toward a General Theory Of Land Rent*. Harward University Press: Cambridge, MA, USA

- [7] Litman, T. (2012). Evaluating Accessibility for Transportation Planning Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities. Victoria Transport Policy Institute
- [8] Butryn, K.; Jasińska, E., et al. (2018). Sustainable Formation of Urban Development on the Example of the Primary Real Estate Market in Krakow. First International Scientific Conference on Ecological and Environmental Engineering, Cracow, Poland
- [9] Shoup, D.C. (1999). The trouble with minimum parking requirements/ Transportation Research Part A 33, 549-574.
- [10] Simićević, J., Milosavljević, N., Maletić, G. (2012). Influence of Parking Price on Parking Garage Users' Behaviour, Promet – Traffic&Transportation, Vol. 24, No. 5, 413-423.
- [11] Angelone, P., Collier, S. (2021). Research Report, Prioritizing Effective Infrastructure-Led Development, A ULI Infrastructure Framework, Washington, D.C.: Urban Land Institute
- [12] Gajić, R., Golubović-Matić, D., et al. (2021). The Methodology for Supporting Land Use Management in Collective Housing towards Achieving Energy Efficiency: A Case Study of New Belgrade, Serbia, Land 10, no. 1: 42
- [13] Bogdanović, R., Gajić, R., Batarilo, S. (2019): Housing in Belgrade Town Center – Twenty Years After, International Scientific Conference, IMPEDE 2019, "Environmental impact of illegal construction, poor planning and design", Belgrade, Serbia, 481-490.
- [14] Baum, H. (2011). Planning and the problem of evil, Planning Theory 10 (2): 103-123. SAGE, Routledge, London

## Summary

### **PARKING ISSUE WITHIN THE CONTEXT OF ACHIEVING ENERGY EFFICIENCY IN CITIES**

*Abstract: Within the guidelines and parameters for achieving an energy-efficient urban space, an important thematic subgroup deals with the issue of land use planning in the context of accessibility, where the topic of availability and presence of parking is emphasized as very important. The essence of the concept is the reduction of the use of one's own vehicles and, in connection with that, as the end result, the reduction of the number of available parking spaces. The creation and maintenance of an energy-efficient urban environment requires the realization of a large number of different activities that are impossible to realize simultaneously. (For now) there is no way to establish a hierarchy of realization between all the required activities (the order in which they are carried out), which can lead to big mistakes and problems. The paper describes the results of applying a methodology based on the idea of sustainable development, which could contribute to the systematization of a large number of activities and thus ensure that the concept/idea of reducing the use of own vehicles without lowering the quality of life of citizens is gradually implemented and becomes a reality.*

*Keywords: Energy efficiency in cities, Urban planning and space management, Land Use in the context of Accessibility, Parking, Guidelines and Parameters*

## GENEZA PROBLEMA PARKIRANJA U NOVOM SADU

Zoran Papić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, z.papic@uns.ac.rs

Milja Simeunović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, mlekovic@uns.ac.rs

Nenad Saulić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, n.saulic@uns.ac.rs

*Rezime: Tokom proteklog vremena politika parkiranja na području Novog Sada nije sprovedena kontinualno, tako da su u pojedinim periodima mnoge mere u ovoj oblasti uvedene bez prethodnih istraživanja, a efekti njihove implementacije nikada nisu ispitani. U okviru ovog rada, prikazana je hronologija istraživanja i mera koje su sprovedene u sistemu parkiranja u Novom Sadu u periodu od 1967. god. do danas. Na osnovu prikazanih podataka iz dosadašnjih studija, moguće je pratiti trendove i zahteve koji su se javljali u sistemu parkiranja u odnosu na broj registrovanih vozila i potrebe korisnika. Posebno je interesantno izvršiti analizu dva karakteristična perioda. Prvi period obuhvata razdoblje od 1967. do 2005. godine., tokom kojeg nisu vršena nikakva istraživanja u ovoj oblasti, a broj novoizgrađenih parking mesta nije pratio razvoj i izgradnju grada. U drugom periodu, koji je usledio nakon toga, sprovedeno je nekoliko studijskih istraživanja, na osnovu kojih je dat predlog mera u oblasti parkiranja, od kojih je većina implementirana*

*Ključne reči: politika parkiranja, Novi Sad, studijska istraživanja*

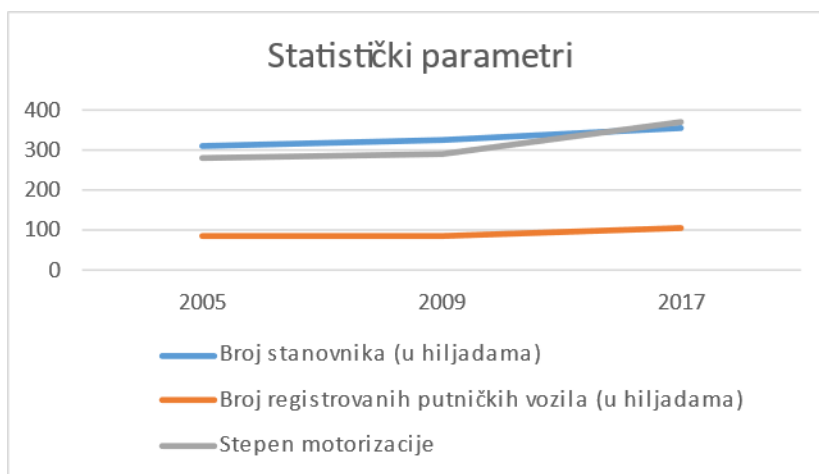
### 1. Uvod

U vreme nastajanja i izgradnje prvobitne ulične mreže Novog Sada, stepen motorizacije je bio neuporedivo manji, a kretanje automobilom zanemarljivo malo u odnosu na danas. Kao posledica toga, do danas su pojedine saobraćajnice, posebno u centralnoj zoni grada, ostale sa neizmenjenim uličnim profilima, koji ne mogu na adekvatan način da se reorganizuju da bi odgovorili na postojeće transportne zahteve i potrebe stanovništva. Jedan od takvih zahteva jeste i potreba za parkiranjem.

U vreme kada je stepen motorizacije bio nizak i nisu postojali izraženi zahtevi za parkiranjem, nije postojala ni vizija o planskom razvoju sistema parkiranja. Nisu postojali podaci o raspoloživim parking mestima i tadašnjim zahtevima za parkiranjem. Parking površine razvijane su stihijski, uz objekte od važnijeg društvenog značaja, u okviru stambenih kompleksa i sl. Stepem motorizacije pratilo je i povećanje broja stanovnika (slika 1), tako da su se vremenom javljali sve veći problemi u oblasti parkiranja.

Prva istraživanja koja se odnose na sistem parkiranja u Novom Sadu, sprovedena su 1967. god. u sklopu istraživanja koja su vršena za potrebe izrade Saobraćajne studije Novog Sada I deo, iz 1969. god. Nakon toga, tokom perioda od skoro četiri decenije, nisu vršena nikakva istraživanja postojećeg sistema parkiranja. Sve mere koje se odnose na parkiranje, uvedene su bez prethodnog istraživanja, a efekti njihove implementacije nisu nikada ispitivani. U međuvremenu, grad se proširio, porastao je broj stanovnika, kao i stepen motorizacije, a objekti individualne gradnje ustupili su mesto poslovnim objektima i objektima kolektivnog stanovanja, što je najviše bilo zastupljeno upravo u centralnim delovima grada. Ovakav razvoj grada, kako je to bilo i očekivano, vrlo brzo je uslovio nove

probleme, koji su se iz najuže centralne gradske zone postepeno preivali na obode centra grada, a zatim i na stambene četvrti u širem centru grada. Prva istraživanja nakon 1967. god. izvršena su znatno kasnije, 2005. god., i može se reći da je to bio početak uvođenja komunalnog reda u oblast parkiranja na području Novog Sada i nove prakse koja podrazumeva kontinualno praćenje stanja u ovoj oblasti.



Slika 1: Broj stanovnika, broj registrovanih PA i stepen motorizacije za istraživani period [izvor [1] ]

U okviru ovog rada biće analizirano stanje u sistemu parkiranja na području Novog Sada, u periodu od 1969. god. do danas, pri čemu će akcenat biti stavljen na centralnu gradsku zonu.

## 2. Pregled izvršenih istraživanja u sistemu parkiranja u novom sadu

Prvo istraživanje u Novom Sadu, u oblasti parkiranja, izvršeno je 12.10.1967. god. u periodu od 05:00 do 22:00 h, za potrebe izrade Saobraćajne studije I deo. Istraživanjem su obuhvaćena parking mesta u centralnoj gradskoj zoni, pri čemu su utvrđene pojedine karakteristike parkiranja, kao što su obrt, zauzetost, vreme trajanja parkiranja i sl., za svako pojedinačno parkiranje u okviru posmatrane zone. U okviru studije, na osnovu dobijenih podataka, izvršena je i prognoza potrebnog broja parking mesta u centralnoj gradskoj zoni, za 2000. godinu.

U okviru studije koja je izrađena 1980. god., od strane Zavoda za građevinarstvo i saobraćaj, URBIS-OOOR (Saobraćajna studija Novog Sada) nisu vršena nikakva istraživanja u sistemu parkiranja, već su samo predloženi odgovarajući normativi kojima se određuje potreban broj parking mesta po jedinici površine gradskog centra. Imajući u vidu usvojene normative, prognozirano je da će 2000. god. u okviru prostora sa centralnim gradskim funkcijama biti neophodno ukupno 17500 parking mesta.

U maju, 2005. godine, istraživanjem su utvrđene osnovne determinante parkiranja, na osnovu kojih je, nakon višedecenijskog perioda bilo moguće sagledati postojeće stanje u sistemu parkiranja. Kao rezultat sprovedenog istraživanja i dobijenih rezultata, od 15.06.2005. god., u Novom Sadu su parkirišta sistematizovana prema vrsti naplate, izvršeno je njihovo razvrstavanje u zone, uvedeni su savremeni oblici naplate i promovisan je novi način kontrole i sankcionisanja prekršaja, putem doplatne karte.

Nekoliko meseci nakon uspostavljanja zonskog režima parkiranja i uvođenja parkirališta u sistem naplate, 26. i 27. oktobra 2005. godine, ponovo je izvršeno istraživanje, radi analize efekata koji su postignuti nakon prethodno sprovedenih mera. Identifikovani su postojeći problemi koji su se uglavnom odnosili na nedostatak kapaciteta za parkiranje u centralnoj gradskoj zoni i probleme parkiranja stanara u zonama koje su u neposrednoj blizini parkirališta pod naplatom. Takođe su dati i predlozi za rešenje ovih problema.

Naredno istraživanje, sprovedeno je 2009. godine, u okviru studije NOSTRAM. U okviru Studije dat je osvrt na efekte prethodno uvedenih mera i predložene su određene mere koje bi unapredile postojeći sistem parkiranja. Pri tome je pored strukture mera, predložena i dinamika njihovog sprovođenja, budući da su za realizaciju pojedinih mera (izgradnja parking garaža), neophodna značajna finansijska sredstva, kao i određeni vremenski period.

Tokom 2016. god. JP „Urbanizam“ je izvršio istraživanje u cilju prikupljanja podataka o raspoloživim i nedostajućim kapacitetima za parkiranje, koje je obuhvatilo i stanarske zone u širem delu grada, a koje nisu bile predmet prethodnih istraživanja. Na osnovu ovog istraživanja, definisane su potrebe za parkiranjem u centralnoj gradskoj zoni, kao i u okviru stambenih blokova izvan centralne zone.

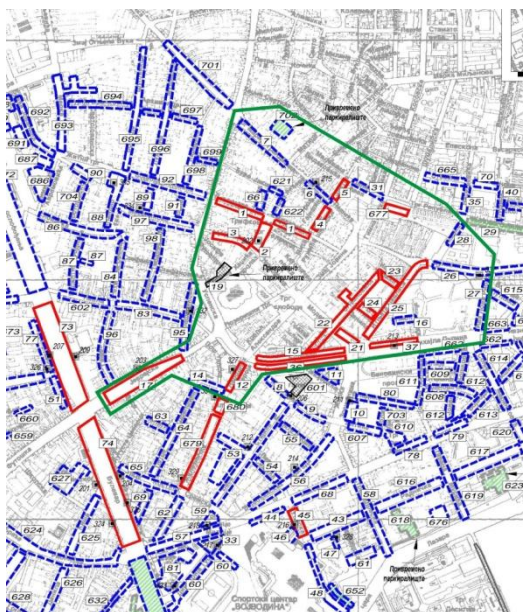
Poslednje istraživanje karakteristika parkiranja na području Novog Sada, sprovedeno je za potrebe izrade SMART PLAN-a (2018.), tokom 2017. god. Analizom celokupnog sistema, utvrđeno je šta je implementirano i sprovedeno od mera, predloženih u okviru NOSTRAM-a, a takođe je s obzirom na rezultate istraživanja dat plan aktivnosti, koji obuhvata kratkoročne, srednjoročne i dugoročne inicijative, do 2021. god., 2027. god. i nakon 2027. god., respektivno.

### **3. Karakteristike parkiranja u centralnoj gradskoj zoni novog sada**

Centralna gradska zona ne može se striktno izdvojiti, ali se podrazumeva da je područje ove zone uslovljeno značajnijim javnim sadržajima, koji su smešteni na ovom prostoru. Pored toga na izdvajanje centralne zone iskorišćen je podatak o prihvatljivoj distanci pešačenja za grad veličine Novog Sada. Na slici 1, zelenom linijom, oivičena je centralna gradska zona, koja je predmet analize.

Na području centralne zone, dominantna su ulična parkirališta, koja su uvedena u zonski režim, koji podrazumeva postojanje crvene, plave i bele zone. U okviru crvene zone, cena parkiranja je najveća i trenutno iznosi 53 din/sat, a parkiranje vozila je vremenski ograničeno na maksimalno 2 sata. U plavoj zoni ne postoji vremensko ograničenje parkiranja, kao ni u beloj zoni, s tim da u beloj zoni postoji mogućnost kupovine celodnevne karte. Cene parkiranja su 44 dinara u plavoj i 30 dinara u beloj zoni. Naplata parkiranja vrši se radnim danima, u periodu od 07:00 do 21:00 h i subotom od 07:00 do 14:00 h. Nedeljom i državnim praznicima, parkiranje se ne naplaćuje.

Centralna gradska zona oduvek je bila najatraktivnija, pa su tako i prva istraživanja karakteristika parkiranja izvršena u okviru ovog dela grada.



Slika 2: Prikaz centralne gradske zone po zonama [izvor: SMART PLAN – druga faza [2] ]

Prema Saobraćajnoj studiji iz 1971. god. [3], u centralnoj gradskoj zoni bilo je ukupno 768 parking mesta, pri čemu se maksimalna zauzetost parkirališta u danu istraživanja javila samo na parking prostoru kod Gradske kuće. Ono što je najkarakterističnije za ovaj period je vreme zadržavanja na parkiralištu, budući da je kod trećine registrovanih vozila (33,28 %) evidentirano dugotrajno zadržavanje, odnosno zadržavanja od 8 i preko 8 časova. Međutim, budući da je protekao duži vremenski period između 1967. god. i 2005. god. od skoro četiri decenije, u kome su se desile značajne promene u pogledu broja stanovnika, stepena motorizacije, izgradnje i prenamene površina u centralnoj gradskoj zoni i sl., mnogo je merodavnije vršiti uporednu analizu karakteristika parkiranja u periodu nakon 2005. godine.

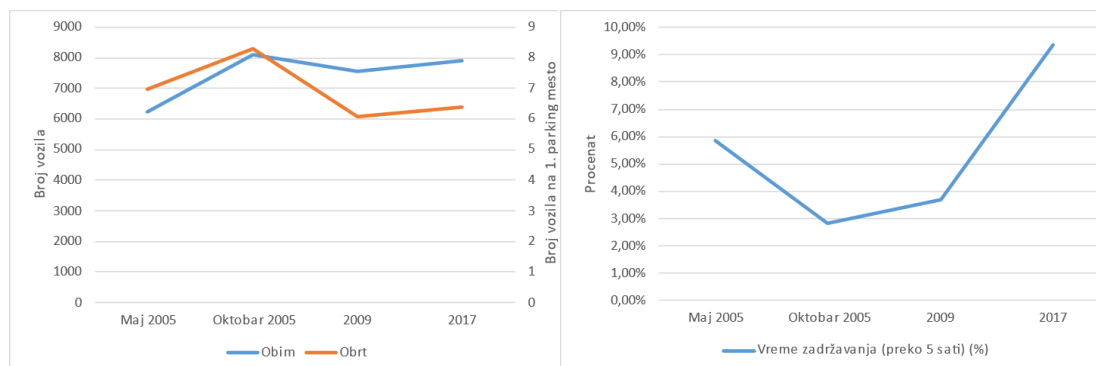
Dugotrajna parkiranja (preko 5 časova), u maju 2005. godina su učestvovala sa 5,85 %, pri čemu je iste godine, nakon uvođenja zonskog režima parkiranja, njihov udeo smanjen na 2,82% (slika 4), što je bio jedan od efekata uvođenja naplate parkiranja, kao i vremenskog ograničenja parkiranja u crvenoj zoni [4]. Ostali značajniji efekti koji su primećeni nakon uvođenja zonskog režima parkiranja su povećanje obrta i obima vozila u odnosu na prethodni period (slika 3), kao i smanjenje broja neregularnih parkiranja.

Podaci istraživanja iz 2017. god. [5] ukazuju na činjenicu da se broj dugotrajnih parkiranja značajno povećao (9,35%), što je prikazano na slici 4. Do povećanja dugotrajnih parkiranja najviše je došlo zbog mogućnosti rezervacije parking mesta i kupovine pretplatnih karata (stanari, preduzeća, i dr.). Pored toga, u okviru centralne gradske zone, u periodu između 2009. god. i 2017. god. uvedena su nova parkirališta, koja su uvrštena u belu zonu, u kojoj je moguća kupovina celodnevne karte.

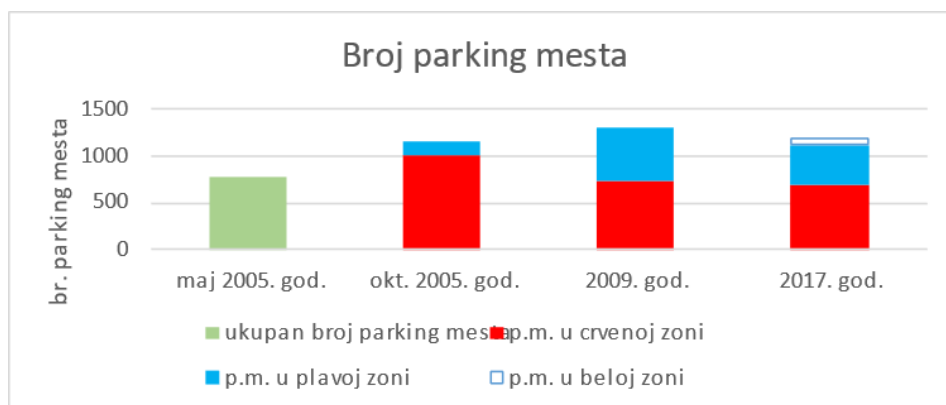
Broj uređenih parking mesta nije se značajnije menjao sve do uvođenja zonskog režima parkiranja 2005. god., kada su sve raspoložive lokacije obeležene i uvedene u sistem parkiranja [6]. Trend rasta parking mesta nastavio se i u narednom periodu, nakon 2005. god., s tim da je prilikom poslednjeg istraživanja primećeno da je postojeći broj



parking mesta u centralnoj gradskoj zoni manji u odnosu na 2009. godinu. To se može objasniti preraspodelom i izgradnjom postojećih gradskih površina, koje su zahtevale ukidanje pojedinih parkirališta.



Slika 3, 4: Usporedni prikaz karakteristika parkiranja po godinama istraživanja



Slika 5: Broj parking mesta u centralnoj gradskoj zoni po godinama istraživanja

#### 4. Zaključak

Najizraženiji nesklad između zahteva za parkiranjem i kapaciteta, iskazuje se u centralnoj gradskoj zoni, u kojoj se nalazi najveći broj sadržaja atrakcije, a u kojoj su prostorne mogućnosti za izgradnju novih parkirališnih kapaciteta najminimalnije. Usporednom analizom podataka dosadašnjih istraživanja u sistemu parkiranja u centralnoj gradskoj zoni Novog Sada, utvrđeno je da je prisutan konstantan trend rasta zahteva za parkiranjem u ovom području. Zbog toga je u okviru ovog rada, izdvojena upravo centralna gradska zona i izvršeno je poređenje osnovnih karakteristika parkiranja i mera koje su sprovedene u sistemu parkiranja.

Kao što se moglo videti, uvođenje zonskog režima parkiranja je doprinelo povećanju broja izmena, putem ravnomernije raspodele korisnika na raspoložive parkirališne kapacitete. Međutim svaka stagnacija u proveru i korekciji efekata uvedenih mera, manje ili više dovodi do pogoršanja određenih karakteristika parkiranja. Mnoge predložene mere nisu nikada ni implementirane, što se posebno odnosi na dugotrajne mere i izgradnju parking garaža u okviru centralne gradske zone Novog Sada.

## Zahvalnica

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja projekta "Razvoj inovativnih rešenja u funkciji unapređenja saobraćaja i transporta", osnovanog od strane Departmana za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija.

## Literatura

- [1] Republički zavod za statistiku (internet adresa: <https://www.stat.gov.rs>)
- [2] Smart plan – druga faza, maj 2019. godine
- [3] Saobraćajna studija Novi Sad II deo, februar 1971. godine
- [4] Saobraćajna studija Grada Novog Sada (NOSTRAM), 2009. godine
- [5] Smart plan – prikupljanje podataka, prva faza, februar 2018. godine
- [6] Studija parkiranja u centralnoj zoni Novog Sada, oktobar, 2005. godine

## Summary

### THE GENESIS OF PARKING PROBLEM IN NOVI SAD

*Abstract: The parking policy in the area of Novi Sad was not implemented continuously, during the past time. Many measures in this area were introduced without prior researches and the effects of their implementation were never examined in the certain periods. The chronology of researches and measures implemented in the parking system in Novi Sad in the period from 1967 till today is presented within this work. On the basis of the presented data from previous studies, it is possible to monitor the trends and requirements that appeared in the parking system in relation to the number of registered vehicles and the needs of users. It is particularly interesting to analyze two characteristic periods. The first period includes the period from 1967 to 2005, during which no research was carried out in this area and the number of new parking spaces did not follow the development and construction of the city. In the second period, which followed after that, several studies were conducted. Based on the data obtained a proposal for measures in the parking system was given, most of which were implemented.*

*Key words: parking policy, Novi Sad, study research*

## UNAPREĐENJE METODOLOGIJE ZA ISTRAŽIVANJE KARAKTERISTIKA PARKIRANJA

Vladimir Čuljković, Saobraćajni fakultet, Beograd, v.culjkovic@sf.bg.ac.rs

Nataša Vidović, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.vidovic@sf.bg.ac.rs

*Rezime: U cilju poboljšanja funkcionisanja saobraćaja unutar centralnih gradskih područja, politike upravljanja parkiranjem se sve češće integrišu sa politikama ostalih transportnih podсистema. Pravilno definisan skup mera dovodi do rešavanja/ublažavanja problema parkiranja, istovremeno podržavajući realizaciju ciljeva održive urbane mobilnosti. Uspešno upravljanje parkiranjem pretpostavlja nekoliko preduslova. Jedan od njih odnosi se na postojanje ažurnih baza podataka u kojima se skladište vrednosti izmeritelja stanja parkiranja. Podaci iz ovih baza koriste se za utvrđivanje postojećeg stanja u podсистemu parkiranja, vrednovanje efekata usvojenih mera i njihovo redefinisavanje - u slučaju da nisu dale očekivane rezultate. Do većine ovih podataka dolazi se terenskim istraživanjima. Da bi se obezbedila dovoljna preciznost i tačnost istraživanih parametara, od velike je važnosti da se za njihovo snimanje koristi verifikovana metodologija. Metodologije istraživanja karakteristika funkcionisanja parkiranja podložne su promenama ukoliko se za to ukaže potreba. Unošenje izmena najčešće je posledica neravnoteže između obezbeđenih finansijskih sredstava, vremenskog i prostornog obuhvata i zahtevane količine i kvaliteta podataka koje na terenu treba snimiti. Težnja za obezbeđivanjem podesne polazne osnove za analizu postojećeg stanja parkiranja uz minimizaciju raspoloživih resursa nameće potrebu stalnog poboljšavanja metodologije istraživanja. Ovaj rad za osnovni cilj ima da predstavi pojedine elemente unapređenja metodologije za istraživanje karakteristika parkiranja. Akcenat je na savremenim tehničkim sredstvima čijom se upotrebom ostvaruju vremenske i finansijske uštede uz istovremeno obezbeđivanje zahtevanog kvaliteta podataka. Pored predstavljanja modifikovanih metodologija za utvrđivanje akumulacije, obima, trajnosti i vremena traženja slobodnog parking mesta, dat je i pregled glavnih prednosti i nedostataka svake od njih sa smernicama za njihovo dalje poboljšanje.*

*Ključne reči: upravljanje parkiranjem, metodologija istraživanja, karakteristike funkcionisanja parkiranja, tehnička sredstva*

### 1. Uvod

Smanjenje nivoa usluge na saobraćajnicama direktna je posledica debalansa između fiksnog kapaciteta i obimnih saobraćajnih zahteva. Proširenje kapaciteta kao jedno od potencijalnih rešenja često je neizvodljivo kako zbog prostornih, tako i zbog finansijskih ograničenja. Zato se danas akcenat sve više stavlja na primenu transportnih politika koje za zadatak imaju da eliminišu, odnosno smanje zagušenje [1] uz istovremeno promovisanje održivijih vidova prevoza (pešačenje, biciklizam, javni gradski transport putnika, ...). U tom smislu, kao jedna od delotvornih, izdvaja se politika parkiranja.

Politika parkiranja se, kao jedan od ključnih elemenata upravljanja transportnim zahtevima, primenjuje u urbanim sredinama za postizanje dva glavna cilja: smanjenje opšte potražnje za parkiranje u centralnim gradskim zonama i kontrola upotrebe

putničkih automobila [2]. Međutim, da bi pozitivni efekti upravljanja parkiranjem mogli da se maksimizuju, podsistem parkiranja treba posmatrati kao sastavni deo transportnog sistema grada, a transportne politike definisati tako da se međusobno prate i podržavaju [3] [4]. Za upravljanje parkiranjem na odgovarajući način treba ispuniti nekoliko preduslova. Jedan od njih je obezbeđivanje baza podataka za čuvanje vrednosti izmeritelja stanja parkiranja. One čine informacionu osnovu koja sa zadovoljavajućom tačnošću i obuhvatnošću oslikava stanje parkiranja na konkretnom prostoru. Podaci iz ovih baza se koriste za utvrđivanje postojećih uslova u podsistemu parkiranja, kao i za identifikaciju uzročnika problema, definisanje adekvatnih mera, postavljanje prioriteta njihove implementacije, vrednovanje efekata usvojenih mera i njihovo redefinisane ukoliko nisu dale očekivane rezultate. Stoga su organizacija i ažuriranje ovih baza osnova za uspešno upravljanje u podistemu parkiranja.

Pojedine vrednosti parametara neophodnih za analizu, praćenje i unapređenje postojećeg stanja mogu se preuzeti od entiteta zaduženih za upravljanje parkiranjem [5]. Ipak, do većine njih moguće je doći jedino terenskim istraživanjima, posebno ukoliko se radi o uličnim parkiralištima. Radi postizanja dovoljne preciznosti i tačnosti istraživanih parametara (a kasnije i njihove uporedivosti) suštinski je važno da se za njihovo snimanje koristi proverena, odnosno verifikovana metodologija. Međutim, često se dešava da ustaljena metodologija treba da pretrpi određene izmene. Ove izmene prvenstveno se uvode radi minimizacije raspoloživih resursa.

Osnovni cilj ovog rada je predstavljanje pojedinih aspekata unapređenja metodologije za istraživanje karakteristika parkiranja: obima, obrta, trajnosti parkiranja i vremena traženja slobodnog parking mesta. Unapređenje, pre svega, podrazumeva primenu savremenih tehničkih sredstava. Ona ubrzavaju proces prikupljanja podataka na terenu zadržavajući zahtevanu tačnost i preciznost, te doprinose uštedi u vremenu i novcu. Struktura rada je sledeća: u drugoj tački opisana je postojeća metodologija istraživanja navedenih izmeritelja stanja parkiranja na uličnim parking mestima. U trećoj tački prikazana je metodologija sa elementima unapređenja. Četvrtu tačku čine zaključna razmatranja.

## **2. Postojeća metodologija za istraživanje karakteristika parkiranja**

Određivanje vrednosti pojedinih parametara na posmatranom uličnom frontu ključan je segment u procesu sagledavanja sveukupne ocene postojećeg stanja. U zavisnosti od tipa i cilja samog istraživanja, istraživač odlučuje da li će se prikupljati vrednosti svih izmeritelja ili samo pojedinih. U svakom slučaju, do većine podataka može se doći jedino putem terenskih istraživanja koja se moraju sprovesti po utvrđenoj metodologiji. Na osnovu navedenog, može se reći da metodologija istraživanja zauzima važno mesto među elementima istraživačkog postupka. U nastavku je dat pregled najčešće korišćene metodologije istraživanja za prikupljanje podataka o akumulaciji, obimu, trajnosti parkiranja i vremenu traženja parking mesta.

### **2.1. Akumulacija, obim i trajnost parkiranja**

Za snimanje akumulacije, obima i trajnosti primenjuje se metod nezavisnih istraživanja. Ovaj metod podrazumeva statistička istraživanja koja se u definisanom

prostoru mogu realizovati nezavisno u odnosu na korisnike parking mesta. Podaci sa terena se beleže u posebno pripremljene brojačke obrasce.

Na početku istraživačkog procesa brojač neposredno pre početka perioda istraživanja dolazi na definisani ulični front i isti pešice obilazi upisujući pritom u brojački obrazac registarske oznake onih automobila koje je zatekao na parking mestima. Evidentirana vozila koja su zatečena pre planiranog vremena snimanja se posebno označavaju na obrascu (uglavnom se „podvuče crta“). Nakon toga, brojač se vraća na početnu poziciju gde čeka trenutak otpočinjanja prvog vremenskog intervala snimanja (obično petnaestominutni interval), a zatim nastavlja da se kreće istom putanjom i u istom smeru. Tokom ponovnog obilaska brojač je dužan da upisuje znak prisustva (+) za one automobile koji su još uvek parkirani. Istovremeno, dopisuje registarske oznake vozila koja su se u međuvremenu parkirala na posmatranim mestima uličnog fronta i upisuje oznaku (+) u odgovarajuće polje. Pored registarskih oznaka automobila koji su napustili parking mesto ostavlja se prazno polje. Opisani postupak ponavlja se tokom svakog vremenskog intervala u periodu planiranog vremena snimanja, pri čemu istraživač uvek polazi sa iste startne pozicije. Sektor patroliranja se pažljivo definiše tako da istraživač može nesmetano da snimi tražene vrednosti tokom datog vremenskog intervala. Kao što je rečeno, za vremenski interval se najčešće uzima period od petnaest minuta, tokom kog se u proseku može snimiti ulični front/deo uličnog fronta dužine 70 m sa 15-25 parking mesta (zavisno od ugla parkiranja).

Snimanje akumulacije u karakterističnim vremeskim presecima (jutarnji i podnevni) sprovodi se na nivou zona koju po definisanoj putanji obilaze dva istraživača. Prostorni obuhvat zone za istraživanje se definiše tako da istraživači mogu istu da obiđu za 45 minuta. Oni imaju za zadatak da prilikom obilaska zone na obrascu upisuju broj parkiranih vozila na pojedinim segmentima saobraćajne mreže, razvrstavajući parkirana vozila u odnosu na to da li su parkirana propisno ili nepropisno. Jutarnja akumulacija istražuje se pre početka aktivnosti kako bi se evidentirali zahtevi stanovnika na posmatranom području (uglavnom u 4:30 h). Kao što sam naziv govori, podnevna akumulacija snima se oko podneva.

Prednost opisanih metoda sastoji se u jednostavnoj pripremi i izvođenju samog istraživanja, pri čemu se za rezultat dobijaju podaci visoke tačnosti i preciznosti. Međutim, za ovakav način snimanja potrebno je izdvojiti značajna finansijska sredstva, pogotovo kada se radi o širem prostoru istraživanja. U organizaciji se često javlja i problem nalaženja odgovarajućeg broja snimača. Pored toga, kao nedostatak se navodi i vremenski zahtevan proces unosa podataka sa brojačkih obrazaca i njihovog sređivanja.

## **2.2. Vreme traženja slobodnog parking mesta**

Sve nepovoljniji uslovi na mreži saobraćajnica u gradovima istakli su značaj vremena traženja slobodnog parking mesta, pa su istraživači proteklih godina razvili nekoliko opšteprihvaćenih empirijskih metoda (zavisnih i nezavisnih) i simulacionih tehnika za utvrđivanje vrednosti ove karakteristike parkiranja. U nastavku su predstavljene glavne osobenosti najčešće korišćenih metoda empirijskog pristupa merenju.

Jedan od prvobitnih metoda za snimanje vremena traženja podrazumeva praćenje nasumično izabranog vozila u saobraćajanom toku unutar definisanog prostora istraživanja [6]. Izabrano vozilo se prati sve dok se ne parkira. Ovako se dobijaju podaci o

vremenu utrošenom u potrazi za parking mestom, kao i o rutama duž kojih korisnici odlučuju da ga traže. Takođe se može snimiti i broj slobodnih parking mesta na kojima korisnik nije želeo da ispostavi zahtev. Glavni nedostatak ovog metoda je u izboru vozila, jer se često dešava da izabrano vozilo tranzitira kroz prostor istraživanja ili koristi namenska parking mesta. Dodatno, teško je definisati vremenski trenutak u kom vozilo započinje sa pretragom.

„Parkiraj i poseti“ je metod snimanja vremena traženja parking mesta koji zahteva angažovanje test vozača. Test vozač dobija za zadatak da vozi od početne do krajnje tačke u prostoru istraživanja, tražeći slobodno parking mesto. Po pronalasku mesta vozač zapisuje vreme koje je proveo u potrazi. Glavna prednost ovog pristupa je precizna procena vremena traženja, a glavni nedostatak je taj što se posmatra ponašanje samo test vozača, te se reprezentativnost uzorka može dovesti u pitanje. Za snimanje ove karakteristike putnički automobil se ne mora nužno koristiti kao prevozno sredstvo. U pojedinim istraživanjima za prevozno sredstvo izabran je bicikl, koji se pri nepovoljnim saobraćajnim uslovima može kretati i brzinama većim u odnosu na automobile [7] [8]. U takvim slučajevima postoji mogućnost dobijanja pogrešnih procena, pa je od velike važnosti da se istraživačima prilikom obuke naglasi da slede srednju brzinu ostalih vozila u saobraćajnom toku.

Najčešće korišćeni pristup u istraživanju vremena traženja je anketiranje korisnika metodom izraženih preferencija [9] [10] [11], pri čemu se od ispitanika zahteva da se izjasne koliko su vremena proveli u potrazi za parking mestom (izraženo u minutima). Favorizovanje ovog metoda od strane istraživača posledica je mogućnosti prikupljanja znatno većeg obima podataka u odnosu na ostale pristupe, jednostavnost organizacije samog istraživanja i skromnija finansijska sredstva za podršku realizacije. Sa druge strane, javljaju se i određeni nedostaci, a primarni se odnosi na tačnost dobijenih odgovora. Subjektivna procena vozača može u velikoj meri da varira u poređenju sa stvarnim, objektivno izmerenim vrednostima. Oni uglavnom doživljavaju vreme traženja duže nego što zaista jeste, pa je iz tog razloga nepouzdanost odlika koja se često vezuje za metod ankete.

### **3. Elementi unapređenja metodologije za istraživanje karakteristika parkiranja**

Metodologije istraživanja karakteristika funkcionisanja parkiranja opisane u prethodnom poglavlju podložne su promenama ukoliko postavljena ograničenja i uslovi to zahtevaju. Na primer, izmene se usvajaju prvenstveno zbog nedostatka zahtevanog broja snimača, ali i iz finansijskih, vremenskih, prostornih i/ili tehnoloških razloga. Preciznije rečeno, metodologija mora pretrpeti izvesne korekcije ukoliko se javi neravnoteža između finansijskih sredstava, raspoloživog vremena i prostornog obuhvata s jedne i zahtevane količine i kvaliteta podataka koje na terenu treba snimiti, s druge strane. U nastavku rada predstavljeni su pojedini aspekti unapređenja metodologija istraživanja karakteristika parkiranja, kao i izazovi koji sa njima dolaze.

#### **3.1. Akumulacija, obim i trajnost parkiranja**

Prostorni i vremenski obuhvat istraživanja često je zahtevan po pitanju broja snimača koje jednovremeno treba angažovati. Njihov angažman povlači sa sobom značajna finansijska sredstva. Međutim, neretko se dešava da se u procesu organizacije terenskog

istraživanja javlja problem nedostatka snimača, čak i u slučaju postojanja dovoljnih novčanih sredstava. Navedeni razlozi podstakli su uključivanje pojedinih tehničkih uređaja u metodologiju istraživanja akumulacije, obima i trajnosti parkiranja. Uređaji imaju za cilj da doprinesu minimizaciji uloženi resursa (ljudskih, vremenskih i finansijskih) uz istovremeno obezbeđivanje većeg obima podataka zahtevanog kvaliteta.

Među tehničkim sredstvima koja se mogu koristiti za snimanje navedenih karakteristika parkiranja najpre su se izdvojile video kamere odgovarajuće specifikacije. Ubrzo je postalo očigledno da je za ovu svrhu praktičnije koristiti mobilni telefon koji, pored kamere, poseduje mnoge funkcije koje olakšavaju rad na terenu. Mobilni telefon zamenjuje brojačke obrasce, dok ostali koraci metodologije istraživanja ostaju nepromenjeni. Dakle, zadatak snimača je da pri obilasku deonice uličnog fronta mobilnim telefonom snima registarske oznake parkiranih vozila. Nakon obilaska, vraća se na startnu poziciju i čeka sledeći vremenski interval, te ponovno na isti način snima parkirana vozila.

Upotreba mobilnih telefona unapredila je postojeću metodologiju u nekoliko pravaca. Pri snimanju akumulacije, obima i trajnosti u definisanom vremenskom periodu, jedan snimač u petnaestominutnom intervalu u proseku može da obiđe ulični front ukupne dužine 800 m (od starta do cilja i nazad do starta - optimalno je da se start i cilj poklapaju, odnosno, da kretanje snimača bude kružno). Na delu uličnog parkirališta pomenute dužine uobičajeno se nalazi 100-160 parking mesta, a njihov broj varira u zavisnosti od zastupljenosti različitih uglova parkiranja. Dakle, uštede koje se ostvaruju su višestruke. Benefit se prvenstveno ogleda u broju potrebnih snimača – ovaj broj se smanjuje 6-7 puta, u zavisnosti od prostora koji treba istražiti. Posledično tome, ostvaruju se značajne uštede u finansijskom segmentu. Na ovaj način se problemi nalaženja istraživača i izdvajanja novčanih sredstava za njihov angažman eliminišu/umanjuju. Resursi koji preostanu mogu se, prema potrebi, raspodeliti na druge elemente istraživačkog procesa. Dodatno, unapređena metodologija doprinosi i jednostavnijem odvijanju aktivnosti na terenu.

Unapređenje snimanja akumulacije u karakterističnim presecima sastoji se u uvođenju vozila opremljenog kamerom umesto angažovanja snimača za svaku definisanu zonu. Kamera omogućava istovremeno snimanje parkiranih automobila sa obe strane uličnog fronta. U ovu svrhu potrebno je organizovati dva istraživača, od kojih je jedan zadužen za vožnju, a drugi za aktivnosti realizacije samog snimanja. Kako se jutarnja i podnevna akumulacija snimaju u periodu od oko 45 minuta, dva snimača u većini slučajeva mogu da prikupe podatke na nivou čitavog prostora istraživanja. Ovde su uštede u finansijskim i ljudskim resursima još očiglednije (poređenja radi, za snimanje jutarnje i podnevne akumulacije šire centralne zone grada veličine 50 000 stanovnika u proseku je potrebno 30 snimača, što znači da je broj potrebnih snimača unapređenom metodologijom smanjen 15 puta). Jedna od bitnih prednosti upotrebe video tehnologije odnosi se na mogućnost premotavanja video snimaka, te se nedoumice zabeležene na terenu lako mogu razjasniti.

Poput svake, i prethodno opisana metoda ima nekoliko nedostataka. Najizrazitiji problem vezan je za heterogenost performansi mobilnih telefona, a pre svega u pogledu karakteristika kamere, kapaciteta baterije i raspoložive količine memorije. Naime, na terenu je prvobitno uočeno prekomerno crpljenje baterije usled povećane aktivnosti kamere. Problem se usložnjava ukoliko su zastupljeni telefoni različitih marki i tipova (što

je najčešće slučaj) jer to zahteva odgovarajući broj kompatibilnih punjača. U slučaju potpunog pražnjenja baterije, koordinator istraživanja ima obavezu hitnog reagovanja jer svaki izgubljeni vremenski interval narušava verodostojnost slike postojećeg stanja parkiranja. Za prevazilaženje ovakvih situacija neophodno je: pri obuci snimača poseban akcenat staviti na minimizaciju aktivnih aplikacija kako bi se trajanje baterije što više produžilo; obezbediti dovoljan broj rezervnih telefona/kamera i eksternih punjača - što može iznedriti dodatni finansijski trošak i otežati proces prikupljanja podataka. Dalje, veoma je važno obezbediti dovoljnu količinu memorije na uređaju kako bi mogao da podrži skladištenje planiranog broja video snimaka. Ako se na terenu javi problem nedostatka memorije, on se delimično može rešiti blagovremenim transferom napravljenih snimaka koordinatoru i oslobađanjem dela memorije. Efikasno slanje video snimaka zahteva pristup internetu i odgovarajuću brzinu prenosa podataka čime se spektar preduslova za terenski rad dodatno proširuje.

Kvalitet kamere i video snimaka predstavlja bitnu karakteristiku mobilnih telefona. Tokom perioda istraživanja, angažovani istraživači koriste sopstvene uređaje, te se može desiti da pojedini mobilni telefoni ne zadovoljavaju pomenuti kriterijum kvaliteta. Da bi se sprečio problem nejasnih snimaka, važno je prilikom obuke istraživačima naglasiti da treba prići što bliže registarskoj oznaci i na istoj napraviti fokus. U slučaju da se ovakvi propusti ipak dogode, oni se mogu otkloniti primenom različitih softvera za izoštravanje slike.

Ručno unošenje podataka sa video snimaka u elektronsku evidenciju predstavlja jedan od glavnih nedostataka ove metode. Unos podataka podrazumeva da se svaka registarska oznaka parkiranog vozila manuelno unese u posebno pripremljena dokumenta što predstavlja spor i zamoran proces. Radi smanjivanja vremenskog perioda potrebnog za ovu aktivnost i smanjivanja radne snage, preporučuje se korišćenje softvera specijalizovanih za prepoznavanje registarskih oznaka i njihov automatski unos u bazu podataka.

### **3.2. Vreme traženja slobodnog parking mesta**

U cilju eliminisanja nedostataka pojedinih metoda, u poslednjih nekoliko godina akcenat je na primeni GPS tehnologije za prikupljanje podataka o traženju parking mesta u realnom vremenu. Jedan pristup zasniva se na preuzimanju GPS tragova vezanih za anonimna putovanja i njihovoj daljoj analizi. Na ovaj način mogu se dobiti precizni i objektivni podaci o vremenu putovanja, dužini pređenog puta, brzini i ubrzanju. Međutim, glavno pitanje oko kog se i dalje polemiše jeste u kom trenutku vozač započinje sa pretragom. Za određivanje početne tačke koriste se različiti kriterijumi. Na primer, jedan od kriterijuma se odnosi na brzinu vozila i definiše da vozilo počinje sa traženjem mesta kada vrednost srednje brzine padne ispod 23 km/h i kada je razlika između brzina izmerenih u vremenskim presecima manja od 5 km/h [12]. Kao nedostatak javlja se mogućnost da pojedina kretanja budu klasifikovana kao traganje za parking mestom, dok su, u stvari, posledica zagušenja u saobraćaju ili nepažnje vozača. Drugi kriterijum koji se sreće u praksi [13] usmeren je ka razlici između realizovanog pređenog puta i najkraće moguće putanje u području radijusa 400 m sa centrom na kraju putanje. Smatra se da vozač kruži ako je pređeni put veći od 200 m u odnosu na najkraće rastojanje. Međutim,



ovakav način određivanja polazne tačke kruženja nije u potpunosti pouzdan, te zahteva dodatna proučavanja.

Jedan od inovativnih pristupa podrazumeva kombinovanje video i GPS podataka. Video kamere postavljaju se u eksperimentalna vozila kako bi se zabeležilo, a kasnije proučavalo, ponašanje vozača. Pokazano je da su pokreti gornjeg dela tela ključni za identifikovanje početnog trenutka pretrage. Naime, vozači pomeraju glavu i usmeravaju pogled u određenom pravcu u kom se nadaju da će naći slobodno parking mesto. Analiza ovih gestova zahteva veliku pažnju jer pojedini pokreti mogu da budu posledica specifičnih smetnji u uslovima saobraćajnog toka. Zato se, kao dopuna, u vozila postavlja druga kamera koja snima uslove na mreži saobraćajnica [14].

Pored brojnih prednosti koje GPS tehnologija nosi sa sobom, postoje i određeni nedostaci kojima se u budućnosti treba okrenuti. Jedan od njih je taj što GPS tragovi ne daju informaciju o krajnjem odredištu na osnovu kog se računa rastojanje pešačenja, već samo podatak o dužini putovanja. Zato se GPS podaci, osim sa „parkiraj i poseti“ metodom, mogu kombinovati i sa drugim metodama poput ankete domaćinstva i dnevnika putovanja, a sve u cilju dobijanja verodostojnih i kvalitetnih podataka.

#### **4. Zaključak**

Obezbeđivanje podesne polazne osnove za analizu postojećeg stanja parkiranja i definisanja odgovarajućih mera ističe značaj verifikovane metodologije za istraživanje karakteristika parkiranja. Doslednost u metodologiji omogućava brojne pogodnosti, među kojima posebno mesto zauzima uporedivost podataka „pre i posle“. Međutim, ograničenja različitog tipa mogu zahtevati modifikaciju ustaljene metodologije istraživanja. Izmene koje se usvajaju treba da doprinesu efikasnosti prikupljanja podataka uz zadržavanje njihove tačnosti i preciznosti. U skladu s tim, potrebno je neprekidno težiti i raditi na usavršavanju metodologija nezavisno od ispostavljenih ograničenja i to iz dva osnovna razloga: u cilju optimizovanja resursa neophodnih za realizaciju procesa prikupljanja podataka; i radi dobijanja što kvalitetnijih podataka. U ovom radu predstavljeni su opšteprihvaćeni metodološki postupci za snimanje akumulacije, obima, trajnosti parkiranja i vremena traženja slobodnog parking mesta zajedno sa pripadajućim prednostima i nedostacima. Zatim, predstavljeni su pojedini segmenti unapređenja ovih metodologija koji se zasnivaju na savremenim tehnologijama. Inovativni pristup olakšava proces prikupljanja podataka na terenu uz osetnu uštedu izraženu, pre svega, u vremenu i novcu. Kao pravac budućih istraživanja predlaže se analiza problematičnih aspekata unapređene metodologije i nalaženje efikasnijih i efektivnijih rešenja. Pored toga, pažnju treba usmeriti i na novije tehnologije poput ispitivanja potencijala satelitskih sistema za snimanje karakteristika parkiranja - kako vremena traženja parking mesta gde su već napravljeni prvi koraci, tako i za snimanje akumulacije, obima i trajnosti.

## Literatura

- [1] Nash, C., Whitelegg, J. (2016). Key research themes on regulation, pricing, and sustainable urban mobility. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(1), 33-39.
- [2] Yan, X., Levine, J., Marans, R. (2019). The effectiveness of parking policies to reduce parking demand pressure and car use. *Transport Policy*, 73, 41-50.
- [3] Mingardo, G., Vermeulen, S., Bornioli, A. (2022). Parking pricing strategies and behaviour: Evidence from the Netherlands. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 157, 185-197.
- [4] Momčilović, V., Simićević, J. (2018). Politika parkiranja kao instrument za smanjenje štetnih emisija putničkih automobila. *Journal of Road and Traffic Engineering*, 64(4), 39-42.
- [5] Milosavljevic, N., Simićević, J. (2018). Parkiranje. Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, 1 izdanje.
- [6] May, A. D., Turvey, I. G. (1985). *The Design and Conduct of Park and Visit and Vehicle Following Surveys*.
- [7] Alemi, F., Rodier, C., Drake, C. (2018). Cruising and on-street parking pricing: A difference-in-difference analysis of measured parking search time and distance in San Francisco. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 111, 187-198.
- [8] Joy, B., Schreffler, E. (2015). Evaluation of Demand Responsive Parking Pricing in San Francisco: Effects on Vehicular Travel, Air Pollution, and Fuel Consumption (No. 15-5360).
- [9] Van Ommeren, J. N., Wentink, D., Rietveld, P. (2012). Empirical evidence on cruising for parking. *Transportation research part A: policy and practice*, 46(1), 123-130.
- [10] Brooke, S., Ison, S., Quddus, M. (2014). On-street parking search: review and future research direction. *Transportation Research Record*, 2469(1), 65-75.
- [11] Lee, J., Agdas, D., Baker, D. (2017). Cruising for parking: New empirical evidence and influential factors on cruising time. *Journal of Transport and Land use*, 10(1), 931-943.
- [12] Waerden, P. V. D., Timmermans, H., Hove, L. V. (2015). GPS Data and car drivers' parking search behavior in the city of Turnhout, Belgium. In *Geoinformatics for intelligent transportation* (pp. 247-256). Springer, Cham.
- [13] Millard-Ball, A., Hampshire, R. C., Weinberger, R. (2020). Parking behaviour: The curious lack of cruising for parking in San Francisco. *Land Use Policy*, 91, 103918.
- [14] Zhu, Y., Ye, X., Chen, J., Yan, X., Wang, T. (2020). Impact of Cruising for Parking on Travel Time of Traffic Flow. *Sustainability*, 12(8), 3079.

## Summary

### IMPROVING THE METHODOLOGY FOR PARKING CHARACTERISTICS SURVEYING

*Abstract: Parking policies are increasingly being integrated with other transport policies in order to improve traffic within central city areas. Properly defined measures lead to the alleviation of the parking problem, at the same time supporting the realization of sustainable urban mobility goals. Successful parking management assumes several preconditions. One of them refers to the existence of up-to-date databases for parking characteristics' values storing. Data from these databases are used to determine the current conditions in the parking subsystem, evaluate the effects of adopted measures and redefine them. Most of this data is obtained through field surveys. In order to ensure sufficient precision and accuracy of the investigated parameters, it is important to use a verified methodology.*

*The methodologies for parking characteristics surveying are subject to change if the need arises. The changes is most often the result of an imbalance between the provided financial, time and space resources, and the required amount and quality of data. Providing a suitable starting point for the parking current state analysis while minimizing the available resources, there is a need to constantly improve the survey methodology. This paper aims to present the methodology improvement elements for parking characteristics surveying. The emphasis is on modern technical devices, which use save time and money while ensuring the required data quality. In addition to the presentation of modified methodologies for surveying the accumulation, volume, parking duration and parking search time, an overview of the main advantages and disadvantages are given, with guidelines for their further improvement.*

*Keywords: parking management, survey methodology, parking characteristics, technical devices*

## KONTROLA I SANKCIONISANJE PREKRŠAJA U PARKIRANJU – PODRŠKA UPRAVLJANJU PARKIRANJEM

*Dr Vladimir Čuljković, dis, Saobraćajni fakultet, Beograd, v.culjkovic@sf.bg.ac.rs*

*Rezime: Upravljanje parkiranjem se koristi da bi se uspostavila ravnoteža između ponude i potražnje za parkiranjem ali i da bi se ograničila potražnja za saobraćajem i omogućilo efikasno funkcionisanje saobraćajne mreže. Međutim, propise o uličnom parkiranju nije lako sprovesti. Gotovo u svim gradovima u Srbiji, parkiranje na ulici ne funkcioniše na željeni način: mnogi vozači parkiraju na zabranjenim mestima, a oni koji parkiraju na regularnim parking mestima na kojima važi neki od restriktivnih režima, često to rade bez plaćanja i/ili prekoračujući propisano vremensko ograničenje. Kao jedan od osnovnih uzroka za loše stanje parkiranja prepoznato je loše funkcionisanje sistema za kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju. Kontrola i sankcionisanje prekršaja u parkiranju predstavljaju reakciju na nepoštovanje propisanih režima parkiranja. Da bi reakcija bila adekvatna, treba razumeti uzroke i obrasce ovakvog ponašanja vozača, odnosno, istražiti vezu između nepoštovanja režima parkiranja i kontrole i sankcionisanja prekršaja. Analizom stanja parkiranja u tri grada u Srbiji ocenjene su razmere i posledice nepoštovanja režima parkiranja na uličnim parking mestima i utvrđeni su uzroci nedovoljne efikasnosti sistema za kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju. Predloženi su mogući pravci i mere za ublažavanje ovih problema i ukazano je na pozitivna iskustva i efekte iz gradova u Evropi i Svetu u kojima su one primenjene.*

*Gljučne reči: režimi parkiranja, prekršaji u parkiranju, kontrola i sankcionisanje prekršaja, efekti*

### 1. Uvod

Rast broja automobila, a time i broja zahteva za parkiranje, doprineo je da problem parkiranja, u većoj ili manjoj meri, bude prisutan u gotovo svim gradovima Republici Srbiji. Osim na podsistem parkiranja, veliki broj neregularnih parkiranja ima negativan uticaj i na ostale transportne pod sisteme (dinamički saobraćaj, javni masovni transport putnika - JMTP, pešački saobraćaj itd.). Posledice navedenog uticaja prvenstveno se ogledaju u zagušenjima u saobraćaju čime se sve više ograničava funkcionisanje gradova i umanjuje kvalitet života u njima. U želji da se izbore sa navedenim problemima ili da ublaže njihove efekte, gradske uprave primenjuju različite politike parkiranja. Prema savremenom pristupu upravljanju parkiranjem, politike parkiranja treba da uravnoteže ponudu i potražnju i da omoguće što efikasnije korišćenje raspoloživih mesta za parkiranje.

Infrastrukturu za parkiranje čine sva mesta za parkiranje koja se realizuju kao ulična i kao vanulična (vanulična parkirališta i parking garaže). U gradovima u Republici Srbiji ulična parking mesta sa oko 83% čine najzastupljeniju infrastrukturu za parkiranje i nema izgleda da će se to u bližoj budućnosti promeniti. Imajući to u vidu, kao i činjenicu da se prekršaji u parkiranju koji ugrožavaju bezbednost ostalih učesnika u saobraćaju i podležu

sankcijama u Srbiji odnose samo na ulična parking mesta [1], predmet ovog rada je samo ovaj tip strukture za parkiranje.

Iako se politike parkiranja primenjuju praktično u svakom gradu, njihovi efekti su često ispod očekivanog nivoa. Razlozi za to sa jedne strane leže u neadekvatnim merama ili u njihovom nedoslednom primenjivanju, a sa druge strane u lošem funkcionisanju sistema za kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju.

Cilj ovog rada je da se na osnovu podataka iz 3 grada u Srbiji ocene razmere i ispitaju posledice nepoštovanja režima parkiranja, kako na regularnim tako i na zabranjenim mestima, odnosno, da se utvrde uzroci nedovoljne efikasnosti sistema za kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju i da se predlože mere za ublažavanje ovog problema.

Rad se sastoji od 5 tačaka. U tački 2 prikazani su načini kontrole i stepen poštovanja aktuelnih režima parkiranja, dok su u tački 3 navedeni razlozi za takvo stanje. Predlog mera za ublažavanje i rešavanje ovog problema kao i primeri efekata njihove primene navedeni su u okviru tačke 4. Zaključna razmatranja data su u petoj, poslednjoj tački.

## **2. Kontrola poštovanja aktuelnih režima i sankcionisanje prekršaja u parkiranju**

Dostizanje željenih efekata primenjenih mera uslovljeno je spremnošću korisnika da ih poštuju, odnosno njihovim saznanjem da će u slučaju nepoštovanja snositi određene konsekvence. Stoga je neophodno da režim parkiranja bude podržan efikasnim sistemom za kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju (u daljem tekstu KISPP). Ulično parkiranje čak i kada je regularno, a posebno kada je neregularno, proizvodi čitav niz negativnih efekata. Zato ovaj sistem treba da funkcioniše jednako dobro i na površinama zabranjenim za parkiranje (sprečavanje izbegavanja režima) i na mestima na kojima važe restriktivni režimi parkiranja (da bi postojanje režima imalo smisla). KISPP smatraju se zadovoljavajućim ako je ukupan broj prekršaja između 5% i 7% ukupnog obima parkiranja [2].

Primeri nepoštovanja propisanih režima parkiranja mogu se naći u svakom gradu. Za ilustraciju ovog problema korišćeni su podaci iz tri grada u Srbiji u kojima se upravlja parkiranjem (postoji restriktivni režim parkiranja), Niša [3], Pirota [4] i Loznice [5]. Analiza i ocena efekata nepoštovanja režima parkiranja je zasnovana na podacima kojima raspolaže Katedra za terminale u drumskom saobraćaju i transportu prikupljenim saobraćajnim (terenskim) istraživanjem i iz dokumentacionih osnova odgovarajućih institucija (Gradske uprave, preduzeća koja upravljaju parkiranjem i ispostave saobraćajne policije) prilikom izrade studija ili projekata upravljanja parkiranjem.

### **2.1. Sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju (KISPP)**

KISPP sprovodi:

- saobraćajna policija (na mestima na kojima parkiranje nije dozvoljeno)
- javna preduzeća kojima je povereno upravljanje regularnim parking mestima (kontrola poštovanja propisanog režima)
- komunalna inspekcija (parkiranje na rezervisanim parking mestima)

U nastavku su predstavljeni entiteti za KISPP sa odgovarajućim nadležnostima za svaki od posmatranih gradova.

KISPP na mestima na kojima je parkiranje zabranjeno odnosno gde parkirano vozilo ugrožava bezbednost ostalih učesnika u saobraćaju u sva tri grada sprovodi Saobraćajna

policija (lokalna policijska ispostava) i takvim vozilima se izriče kazna. U Nišu, osim izdavanja kazni, postoje i specijalizovana vozila ( u daljem tekstu „pauk“) kojima se uz saradnju sa JKP „Parking servis“ - Niš uklanjaju nepropisno parkirana vozila.

Kontrolu prekršaja na regularnim parking mestima u Nišu sprovodi JKP „Parking servis“– Niš putem kontrolora. Prostor važenja režima podeljen je na 19 sektora (ukupno 3527 parking mesta) koji su opsluženi kontrolorima (jedan kontrolor po sektoru; u JKP „Parking servis“ - Niš zaposleno je 40 kontrolora).

U Pirotu, kontrolori JP Komunalac (5-6 po smeni), proveravaju da li se poštuje uvedeni restriktivni režim parkiranja na regulisanim mestima (1110 parking mesta).

U Loznici kontrolu poštovanja primenjenog režima vrše kontrolori JKP Parking servisa. Definisano je 6 sektora (1550 parking mesta) patroliranja kontrolora. Obično rade 4 kontrolora jednovremeno, što znači da se nekim kontrolorima dodele po 2 sektora.

Kontrolori u sva tri grada, kao ovlašćena lica, izdaju naloge za dnevnu kartu korisnicima koji prekrše odgovarajuću Odluku o javnim parkiralištima. Rok za plaćenje dnevne karte je osam dana, nakon čijeg isteka se šalje opomena. Programski se sačini spisak registarskih oznaka vozila za koje korisnici nisu platili dnevnu kartu i pošalje MUP-u da dopune spisak imenima i adresama vlasnika vozila radi slanja opomene ili na osnovu direktnog pristupa bazi Mup-a (JKP „Parking servis“ - Niš je sklopio ovakav ugovor sa MUP-om). Ukoliko ni nakon opomene pred tužbu korisnik ne plati dnevnu kartu, pokreće se sudski postupak.

KISPP na rezervisanim parking mestima u sva tri grada sprovodi Komunalna inspekcija.

U trenutku kada su istraživanja obavljena, u posmatranim gradovima Komunalna milicija nije postojala ili se nije bavila (nije imala nadležnost) KISPP-om.

## **2.2. Poštovanje aktuelnog režima zabrane parkiranja**

U većini gradova u Srbiji u kojima se upravlja parkiranjem situacija je slična. Pri vršnom opterećenju izraženo je prisustvo parkiranja na nedozvoljenim mestima čak i u gradovima u kojima je u tom trenutku bilo slobodnih mesta [6].

U sva tri izabrana grada pri maksimalnom opterećenju bilo je oko 30% slobodnih parking mesta. Istovremeno, učešće parkiranja na zabranjenim mestima kretalo se od oko 30% do oko 50%. Stoga bi se moglo reći da su korisnici osetljivi na primenjene mere (naplata i/ili vremensko ograničenje) i da parkiraju na zabranjenim mestima da bi ih izbegli.

Međutim, učešće parkiranja na zabranjenim mestima u periodu kada restriktivni režim ne važi (u ranim jutarnjim satima, kada su u zoni parkirani samo stanovnici zone) koje se kreće između 27% i 41% upućuje na to da je nepropisno parkiranje i tada značajno zastupljeno. Ovakvo ponašanje se, na prvi pogled, može smatrati nelogičnim. Ipak, kada se uzme u obzir da u posmatranim gradovima između 17% i 54% stanovnika poseduje povlašćenu kartu za parkiranje (plaćaju parkiranje po povlašćenoj ceni i ne podležu vremenskom ograničenju), može se reći da je ovakvo ponašanje posledica izbegavanja režima u periodu kada on važi. Osim toga, ovo ukazuje na to da su stanovnici u velikom broju sigurni da neće biti sankcionisani za parkiranje na nedozvoljenim mestima, pa ne žele da plaćaju parkiranje ni po povlašćenoj ceni.

Pokazalo se da između 34% i 48% posetilaca zone (kategorija na koju se restriktivne mere odnose) parkira na mestima gde je to zabranjeno. Uzrok tome su izbegavanje

važjećeg režima, navika da se parkiranje obavi što bliže cilju putovanja i sigurnost da nepropisno parkiranje neće biti sankcionisano.

Na osnovu prethodnog može se reći da KISPP na površinama na kojima parkiranje nije dozvoljeno loše funkcioniše.

### **2.3. Poštovanje aktuelnog restriktivnog režima parkiranja**

Tokom perioda važenja režima (čak i pri maksimalnom opterećenju) u centralnim zonama posmatranih gradova postojao je veliki broj slobodnih regularnih mesta za parkiranje. Istovremeno značajno učešće vozila parkiranih na površinama na kojima parkiranje nije dozvoljeno inicira da je osnovni uzrok problema loše funkcionisanje sistema za KISPP na mestima gde parkiranje nije dozvoljeno ali da na regularnim mestima funkcioniše dobro pa korisnici, a naročito posetioци koji plaćaju po satu, parkiraju na nedozvoljenim mestima da bi izbegli režim parkiranja. Da bi se to potvrdilo, analizirano je poštovanje važećih režima od strane korisnika koji su se parkirali na regularnim parking mestima. Međutim, dobijeni rezultati su pokazali da između 30% i 85% ovih korisnika ne plaća parkiranje (nisu uračunati korisnici sa trajnošću kraćom od 15 minuta)<sup>9</sup>.

Ovi podaci ukazuju na to da ni KISPP na regularnim parking mestima ne funkcioniše dobro (u Pirotu se korisnici ponašaju kao da ne postoji). Analiza podataka o poštovanju vremenskog ograničenja parkiranja (u gradovima u kojima postoji ova mera)<sup>10</sup> pokazuje da oko 10% korisnika ne poštuje propisano vremensko ograničenje.

S obzirom da su isti kontrolori zaduženi i za kontrolu plaćanja parkiranja i za kontrolu poštovanja vremenskog ograničenja, može se zaključiti da poštovanje vremenskog ograničenja u značajnoj meri nije posledica dobrog funkcionisanja sistema već motivi parkiranja uglavnom ne zahtevaju duže trajanje parkiranja od propisanog ograničenja.

## **3. Uzročnici lošeg funkcionisanja sistema za kispp**

Prikazani rezultati u pogledu poštovanja aktuelnih režima parkiranja (tačka 2) ukazuju da ni u jednom od posmatranih gradova sistem za KISPP ne funkcioniše dobro, kako na površinama na kojima parkiranje nije dozvoljeno, tako i na regularnim parking mestima. Da bi se funkcionisanje ovih sistema unapredilo, potrebno je najpre utvrditi razloge zbog kojih u postojećem stanju to nije slučaj.

### **3.1. Parkiranje na zabranjenim mestima**

Odnosi broja prekršaja i broja izrečenih kazni ukazuju na to da je verovatnoća da će vozaču vozila parkiranog na zabranjenom mestu biti izrečena kazna izuzetno mala (između 0,2% i 0,8%) pa je razumljivo da vozači ne prezaju od parkiranja na ovim mestima.

Prema informacijama dobijenim od gradskih uprava Pirota i Loznice u kojima ne postoji „pauk“, u periodima u kojima je iznajmljivana i korišćena ova vrsta vozila broj parkiranja na zabranjenim mestima se приметно smanjivao<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> U posmatranim gradovima kontrolori na regularnim parking mestima tolerišu zadržavanje do 15 minuta (prema nekadašnjem Zakonu o bezbednosti saobraćaja, prekid kretanja vozila do 15 minuta se smatrao zaustavljanjem, pa je ostala navika da se ovaj period ne smatra parkiranjem).

<sup>10</sup> U Loznici ne postoji vremensko ograničenje parkiranja.

<sup>11</sup> Informacija dobijena od JP Komunalac na sastanku u Pirotu 23.01.2020. godine.

Očigledno je da je obim kontrole veliki (veliki broj parkiranja na zabranjenim mestima). Sa druge strane kapaciteti nadležnih su nedovoljni, naročito kada se ima u vidu da je kontrolisanje prekršaja u parkiranju samo jedna od mnogobrojnih aktivnosti koje su u njihovoj nadležnosti, a da neke od njih imaju prioritet (kontrola prekoračenja brzine, vožnja pod dejstvom alkohola itd.)<sup>12</sup>. Prethodno navedeni problemi nisu karakteristični samo za gradove u Srbiji. Na osnovu iskustava iz Sveta, svuda gde je saobraćajna policija zadužena za ovu delatnost prepoznati su isti problemi i uzročnici.

### **3.2. Parkiranje na regularnim mestima**

Na osnovu broja korisnika koji ne plaćaju parkiranje<sup>13</sup> na regularnim parking mestima i broja izrečenih kazni (doplatnih/dnevni karata) na dnevnom nivou izračunato je da se verovatnoća da će takvom vozaču biti napisana doplatna/dnevna karta kreće između 1% i 5%. Dodatni problem stvara nizak stepen realizacije doplatnih karata što je posledica [7] problema u saradnji sa MUP-om (dugo vreme čekanja na odgovor i nekompletnost ili netačnost dostavljenih podataka), sporosti i neefikasnosti prinudne naplate koja se sprovodi sudskim putem, stvaranja utiska kod korisnika koji imaju više neplaćenih karata da se iste ne moraju platiti (ranija neplaćanja nisu proizvela konsekvence) kao i nemogućnosti prikupljanja podataka za vozila sa registarskim oznakama stranih država. Nizak stepen realizacije doplatnih karata (u Nišu 44%; u Pirotu 41%; u Loznici 27%) verovatnoću da će vozač koji nije platio parkiranje platiti doplatnu kartu dovodi u opseg između 0,4% i 2,2%. Stoga se može reći da KISPP na regularnim parking mestima funkcioniše bolje nego na zabranjenim, ali da se generalno i za nju može reći da je loša.

Kao i kod zabranjenih parking mesta, obim kontrole je veliki, a kapaciteti preduzeća koje vrši kontrolu nedovoljni. Na ovo ukazuje i veliki broj parking mesta po jednom kontroloru (u Nišu 186, u Pirotu 202, a u Loznici čak 388 parking mesta, Tačka 2.1). Imajući u vidu da je vremenska jedinica za naplatu 1 čas, a da se veliki broj posetilaca zadržava kraće od ovog intervala (78% posetilaca u Nišu, 81% u Pirotu i 74% u Loznici) može se zaključiti da kontrolori ne stignu ni da uoče sva vozila za koja nije plaćeno parkiranje. Osim toga, kontrolori za svoj posao primaju fiksnu platu, pa nemaju motiv da povećaju produktivnost.

## **4. Mere za poboljšanje funkcionisanja sistema kispp i mogući efekti**

Na osnovu navedenog može se zaključiti da se u posmatranim gradovima parkiranjem ne upravlja na dobar način, a primarni razlog za to je loše funkcionisanje sistema KISPP. Mere koje bi trebalo primeniti u cilju povećanja efikasnosti ovog sistema obuhvataju i površine na kojima parkiranje nije dozvoljeno i regularna parking mesta, a rezultat njihovog uvođenja vrednuje se kroz tehnološke i finansijske efekte.

### **4.1. Predlog mera u uslovi za njihovu primenu**

Mere na površinama na kojima parkiranje nije dozvoljeno (na zabranjenim mestima) sa jedne strane se odnose na sprečavanje parkiranja vozila na njima i obuhvataju postavljanje uličnog mobilijara (stubića, kugli, visokih ivičnjaka i sl.) gde god je to potrebno i moguće. Ove mere su definisane kako bi se smanjio obim kontrole parkiranja

<sup>12</sup> Podaci dobijeni od predstavnika MUP-a koji su učestvovali na sastancima tokom izrade studija.

<sup>13</sup> U obzir su uzeti samo korisnici koji čija je trajnost duža od tolerantnog perioda od 15 minuta.



na mestima koja nisu dozvoljena za parkiranje (u nadležnosti Saobraćajne policije) i da se oslobode površine za korišćenje od strane korisnika kojima su namenjena.

Sa druge strane, tamo gde nije moguće fizičko sprečavanje neregularnog parkiranja, neophodno je primeniti sledeće mere:

- Motivisati Saobraćajnu policiju da efikasnije sprovodi kontrolu prekršaja u parkiranju. Ukoliko to nije moguće (a verovatno je da nije) zbog nedostatka ljudskih resursa i značaja i obima ostalih zadataka MUP-a, tada se preporučuje:

- Primeniti rešenja kojima se smanjuje broj policajaca koje je potrebno angažovati za ovu delatnost, npr. „video pauk“, vozila opremljena mobilnim sistemima za registrovanje prekršaja i slična rešenja (u gradovima u kojima nisu primenjena).

„Video pauk“ je vozilo za uklanjanje nepropisno parkiranih automobila opremljeno posebnom video opremom i vezom sa kontrolnim centrom što omogućava da jedan saobraćajni policajac i jedan komunalni inspektor, po smeni, iz dispečerskog centra izdaju naloge za uklanjanje nepropisno parkiranih vozila istovremeno za više posada. Ovakav sistem je moguće implementirati jer je i pravno utemeljen [1].

Mobilni sistemi za registrovanje prekršaja sastoje se od posebne video opreme, softvera za prepoznavanje registarskih oznaka i komunikacione opreme za ostvarivanje veze sa odgovarajućim službama i bazama podataka. Ovi sistemi se mogu, osim na patrolna vozila (Saobraćajna policija ili Komunalna policija), postaviti i na druga vozila čime se omogućava širok obim kontrole i sankcionisanja prekršaja ne samo u parkiranju već i u drugim segmentima saobraćaja (korišćenje „žutih“ traka, vožnja sa isteklom registracijom itd.). Jedno ovako opremljeno vozilo može registrovati do 2.000 prekršaja u toku jednog sata.

- U gradovima u kojima ne postoji, razmotriti mogućnost iznajmljivanja ili kupovine vozila za odvoženje nepropisno parkiranih vozila („pauk“). U prilog ovome govore i ranije ostvareni pozitivni efekti (tačka 3.1) iznajmljivanja „pauk“ vozila.
- Poveriti delatnost kontrole prekršaja u parkiranju trećem licu (komunalnoj policiji, preduzetniku ili privrednom subjektu). Osnov za ovakav aranžman postoji u važećoj zakonskoj regulativi [1] i [8]. Pri tome se preporučuje objedinjavanje kontrole parkiranja u celoj zoni režima tako da jedan subjekt obavlja kontrolu i sankcionisanje svih prekršaja u parkiranju. Potrebno je pratiti efikasnost izabranog preduzeća i ukoliko se KISPP ne obavljaju na očekivani način, potrebno je omogućiti prekid ugovora sa ovim preduzećem.

Na regularnim parking mestima primarni problem predstavlja veliki obim korisnika koji ne plaćaju parkiranje (pri čemu oko polovine ovih posetilaca ima trajanje do 15 minuta što je period koji kontrolori javnih preuzeća tolerišu). Kako bi se ovaj deo kontrole i sankcionisanja prekršaja unapredio potrebno je:

- Ukinuti tolerantni period za trajnost do 15 minuta radi efikasnijeg rada kontrolora (uskladiti sa važećim Zakonom o bezbednosti saobraćaja).
- Motivisati kontrolore da bolje obavljaju svoj posao. Mere iz ove grupe mogu da obuhvate: postavljanje ciljeva (broja naloga za plaćanje celodnevne karte koji kontrolor treba da izda na dnevnom, nedeljnom ili mesečnom nivou), sistem kazni i nagrada u zavisnosti od broja izdatih naloga u nekoj vremenskoj jedinici (npr. mesečno) i sl. Takođe, potrebno je sprovesti internu kontrolu radne i tehnološke discipline kontrolora javnih preduzeća.
- Povećati broj kontrolora javnih preduzeća. Za kvalitetnu kontrolu parkiranja trebalo bi da radi dovoljno kontrolora u smeni (jednovremeno), tako da jedan pokrije do 150 parking mesta. Do ovog broja se došlo usvajajući da vreme potrebno za obilazak sektora ne bi trebalo da bude duže od vremenske jedinice za naplatu parkiranja.
- Primeniti rešenja kojima se smanjuje broj kontrolora koje je potrebno angažovati za ovu delatnost, (npr. primena vozila opremljenih mobilnim uređajima za KISPP).
- Iznaci načine za povećanje efikasnosti naplate izrečenih celodnevni karata. Paket aktivnosti može da uključiti:

- Usklađivanje zakonske regulative u pogledu mogućnosti prikupljanja kazni kroz poreske prijave ili kroz odbitke od vozačeve plate [9].
- Imobilizaciju (zaključavanje pogonskih točkova tzv. „liscama“) vozila koja imaju više od određenog broja (npr. 2) neplaćenih celodnevnih karata. Važno je napomenuti da se primena „liscica“ mora veoma precizno zakonski definisati, kako se ne bi kosila sa slobodom i ustavnim pravom građana na imovinu.
- Sklapanje ugovora sa javnim izvršiteljima o naplati izrečenih celodnevnih karata kojima je istekao rok za naplatu.
- Obezbeđivanje (potpisivanjem ugovora sa MUP-om - Saobraćajnom policijom) pristupa jedinstvenoj bazi registrovanih vozila Republike Srbije kako bi se skratilo vreme i povećao kvalitet potrebnih podataka.

Izuzetno je važno da deo kontrole i sankcionisanja prekršaja u nadležnosti Saobraćajne policije i deo u nadležnosti javnog preduzeća koje upravlja parkiranjem budu istovremeno unapređeni. U suprotnom, problem ne može biti rešen, a mogao bi čak biti i produbljen. Na primer, bolja kontrola na regulisanim mestima ako nije praćena boljom kontrolom na zabranjenim mestima, mogla bi da dovede do preliivanja parkiranja sa (ionako nisko iskorišćenih) regulisanih mesta na zabranjena mesta.

#### **4.2. Efekti primene mera (primeri dobre prakse)**

Kako je ranije rečeno, predložene mere mogu se ceniti na osnovu tehnoloških i finansijskih efekata. Kako ni u jednom od posmatranih gradova sistem za KISPP ne funkcioniše na zadovoljavajućem nivou, to su u pogledu efekata primene mera za njegovo unapređenje uglavnom analizirana iskustva iz drugih zemalja. Slično kao i u Srbiji, KISPP mogu da vrše policija, lokalne vlasti i/ili privatni operater u zavisnosti od zakonodavstva.

Kao i kod nas, KISPP na zabranjenim mestima najčešće vrši saobraćajna policija koja se susreće sa istim problemima. Rešenje je dodatna motivacija ili poveravanje ove aktivnosti spoljnim saradnicima. Uslov za angažovanje spoljnih saradnika je dekriminalizacija KISPP. Začetnik ovog pristupa je Velika Britanija koja je 1991. godine donela Zakon o drumskom saobraćaju kojim je predviđena dekriminalizacija parkiranja. Na osnovu pomenutog zakona u Londonu je 1994. godine kompletno dekriminalizovana KISPP, a lokalnim vlastima je omogućeno da biraju spoljnog saradnika putem tendera [10]. Osnovni kriterijum za izbor je količina novca koju spoljni saradnik vraća lokalnim vlastima. Dobri rezultati su inicirali uvođenje ove prakse u celu zemlju 2004. godine, a pozitivna iskustva iz Velike Britanije su doprinela da Evropska unija preporuči ovaj pristup [11].

Efikasnost sistema značajno se može povećati smanjenjem obima kontrole kao i upotrebom savremenih tehničkih sredstava i uređaja (tačka 4.1). U Nišu je procenjeno da bi postavljanje uličnog mobilijara smanjilo obim kontrole za 23%. Upotreba sistema „video pauk“ u Nišu se [12] dala je pozitivne rezultate u pogledu broja uklonjenih vozila po jednom pauk vozilu, smanjenju vremena potrebnog za uklanjanje jednog vozila kao i smanjenju broja potrebnih službenih lica. Mobilni sistem za kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju „oko sokolovo“ je na ulicama Beograda tokom prve godine upotrebe mesečno je izricao u proseku oko 10.000 kazni [13].

Ono što najviše utiče na efikasnost sistema a ujedno predstavlja i najveći problem je naplata izrečenih kazni. Veća izvesnost da će kazna biti naplaćena smanjuje broj korisnika koji prave prekršaje. Gradovi su često suočeni sa niskim stepenom naplate izrečenih kazni, pa su za rešavanje ovog problema razvili različite metode. U Sijetlu (SAD) vozila čiji vlasnik ima 5 ili više kazni bivaju zaplenjena. Da bi dobio vozilo nazad, vlasnik mora da

plati sve kazne, troškove odnošenja vozila i skladištenje [1]. U Portugalu je produženje vozačke dozvole uslovljeno plaćanjem svih neplaćenih kazni. U Londonu se za plaćanje kazne u roku od 14 dana odobrava popust od 50%, od 14 do 28 dana plaća se 100%, a nakon ovog perioda plaća se 150% vrednosti kazne uz mogućnost pokretanja sudskog postupka [14]. U Kopenhagenu (Danska) neplaćene kazne se mogu naplatiti kroz porez tako što Odeljenje za naplatu poreza kontaktira poslodavca vlasnika vozila i naplaćuje mu kaznu putem administrativne zabrane [9]. Navedene mere su značajno povećale stepen naplate kazni i smanjile broj učinjenih prekršaja u parkiranju.

Na ponašanje korisnika se može uticati i povremenim ili stalnim ukazivanjem da treba poštovati pravila uz podsećanje na visinu kazne koju će u suprotnom platiti. U Ljubljani (Slovenija) se u okviru kampanje za savesno ponašanje u saobraćaju (i u parkiranju) na bilbordima pojavljuju fiktivna imena i prezimena prekršilaca koja su u skladu sa vrstom prekršaja ali su visine kazni stvarne (Zdravko Riba, vozač koji je „zdrav kao riba“, parkira na mestu za invalide ili Brigita Menič, „nije me briga“ koja parkira na biciklističkoj stazi, slika 1).



Slika 1. Primer kampanje protiv bahatog parkiranja (Izvor: <https://www.ljubljana.si>)

Osim toga, treba ostvariti komunikaciju između svih zainteresovanih strana u pogledu poštovanja propisa o parkiranju (gradske/lokalne vlasti, Saobraćajna policija, parking servisi, spoljni saradnici i građani) i omogućiti im uvid način trošenja sredstava koja se prikupe kroz naplatu kazni od prekršaja. U Velikoj Britaniji [15], organi koji sprovode kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju treba da sačine godišnji izveštaj o svojim aktivnostima i rezultatima. Izveštaj bi trebalo da bude objavljen javno, a kao minimum treba da sadrži finansijske, statističke i druge podatke (uključujući sve ciljeve sprovođenja ove aktivnosti).

## 5. Zaključna razmatranja

Parkiranje na zabranjenim mestima kao i nepoštovanje propisanih režima na regularnim parking mestima ima za posledicu niz negativnih tehnoloških i finansijskih efekata. Pozitivni efekti upravljanja parkiranjem ne mogu se ostvariti bez postojanja efikasnog sistema za kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju. Međutim, veliki obim kontrole, nedovoljni resursi i nedovoljna motivisanost nadležnih entiteta često ometaju sprovođenje ove aktivnosti. Niske kazne i inertni sistemi za njihovu realizaciju dodatno umanjuju njen učinak.

Pravce za rešavanje ovog problema, sa jedne strane, treba tražiti u prostornom uređenju. Postavljanjem urbanog mobilijara se smanjuje broj parkiranja na zabranjenim mestima i rasterećuje sistem. Sa druge strane, neophodno je da se unapredi njegovo funkcionisanje. U tom pogledu, treba dodatno motivisati nadležne entitete ili angažovati spoljnog saradnika, a svakako koristiti savremene tehnologije (npr. softver za prepoznavanje registarskih tablica) koje omogućavaju registrovanje većeg broja prekršaja u parkiranju uz niže troškove. Veće kazne za prekršaje parkiranja, a posebno povećanje

stepena njihove realizacije značajno mogu pomoći u povećanju poštovanja propisima o parkiranju. Prethodno navedene aktivnosti treba podržati odgovarajućom zakonskom regulativom.

Kontrola i sankcionisanje prekršaja u parkiranju izazivaju snažne (najčešće negativne) reakcije jer je u javnosti duboko ukorenjena precepcija da je jedina svrha ove aktivnosti povećanje prihoda. Iz tog razloga potrebno je da se sredstva prikupljena na ovaj način koriste za unapređenje podistema parkiranja ili za povećanje kvaliteta života građana (npr. izgradnja pešačkih ili biciklističkih staza), a da se pritom omogućí uvid javnosti u ove procese.

Iskustva iz gradova u Evropi i Svetu pokazuju da je unapređenje sistema za kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju dalo značajne pozitivne efekte u pogledu poštovanja propisanih režima kao i u pogledu povećanja prihoda.

## Literatura

- [1] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima Republike Srbije (Sl. Glasnik RS, broj 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 - odluka US, 55/2014, 96/2015 - dr. zakon, 9/2016 - odluka US, 24/2018, 41/2018, 41/2018 - dr. zakon, 87/2018, 23/2019 i 128/2020 - dr. zakon).
- [2] Wilson, R., W., (2018), Parking Management for Smart Growth, *Park. City*, no. 49, 222–227.
- [3] Studija: Istraživanje i izrada tehničke dokumentacije za stacionarni saobraćaj i parking garaže (u Nišu), Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, 2015.
- [4] Studija o unapređenju sistema parkiranja u Pirotu, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, 2019-2020.
- [5] Studija saobraćaja grada Loznice – druga faza, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, 2020.
- [6] Simićević, J., (2018), Stanje parkiranja u gradovima i naseljenim mestima u Republici Srbiji, TESI 2018, Vrnjačka Banja.
- [7] Radosavljević, M., Radosavljević, D., (2018), Mere za poboljšanje naplate dnevnih karata - studija slučaja, TESI 2018, Vrnjačka Banja.
- [8] Zakon o komunalnim delatnostima (Sl. Glasnik RS, broj 88/2011, 104/2016 i 95/2018).
- [9] Kodransky, M. and Hermann, G., (2011), 'Europe's parking U-turn: From accommodation to regulation', Institute for Transportation and Development Policy, 84.
- [10] Transport Committee, (2005). Parking enforcement in London, Investigation into parking controls and their enforcement in London, London on Assembly, UK.
- [11] European Union, (2005), Parking policies and the effects on economy and mobility. Technical Committee on Transport, Report on COST Action 342.
- [12] Radosavljević, M., Dimitrijević, D., Radosavljević, D., (2015), Funkcionisanje sistema video pauk u JKP „Parking servis“ Niš, TES 2015, Sombor.
- [13] Divac, I., (2021), Gradski Sekretarijat za poslove komunalne policije, gostovanje na TV Prva, 5. avgust 2021.
- [14] DfT (2015). Operational Guidance to Local Authorities: Parking Policy and Enforcement, Traffic Management Act 2004.
- [15] DfT (2020). *Guidance for Local Authorities on Enforcing Parking Enforcement: Updates*, Traffic Management Act 2004.

## Summary

### **PARKING ENFORCEMENT - SUPPORT FOR PARKING MANAGEMENT**

*Abstract: Parking management is used to balance the supply and demand for parking. Furthermore, it is used to limit the traffic demand and enable the efficient functioning of the traffic network. However, street parking regulations are uneasy to enforce. In almost all cities in Serbia, parking on the street does not work in the desired way. Many drivers park on prohibited places. Those who park on regular places where one of the restrictive regimes applies, often do so without paying and/or exceeding the prescribed time limit. Poor functioning of the enforcement system was recognized as one of the main causes for the poor parking condition. Parking enforcement represents a reaction to non-compliance with the prescribed parking regimes. For adequate reaction, it is necessary to understand the causes and patterns of such drivers behavior. Therefore, we need to investigate the connection between non-compliance with the parking regime and the control and sanctioning of violations. The analysis of the parking situation in three cities in Serbia assessed the extent and consequences of non-compliance with the parking regime on street parking places. In addition, it determined the causes of insufficient efficiency of the system for controlling and sanctioning parking violations. We proposed possible directions and measures for mitigating these problems. As argument, we pointed out positive experiences and effects from cities in Europe and the world that implemented those measures.*

*Keywords: parking regimes, parking violations, parking enforcement, effects*

## SISTEM KONTROLE I SANKCIONISANJA PREKRŠAJA U PARKIRANJU PUTEM SCAN CAR

Marjana Radosavljević, JKP "Parking servis"- Niš, marjana.radosavljevic@nisparking.rs

Dr Dušan Radosavljević, Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, dusan.radosavljevic@akademijanis.edu.rs

*Rezime: Sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju obuhvata aktivnosti kontrolnih organa na održavanju projektovanih parametara, usvojenog i postavljenog režima parkiranja, na najvišem mogućem nivou. Od kvaliteta sistema kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju zavisi u kojoj će meri biti ostvareni projektovani parametri parkiranja. Kontrolu i sankcionisanje prekršaja usled nepoštovanja definisanog režima parkiranja vrše kontrolori parkiranja. Kontrolori parkiranja identifikuju prekršaj, verifikuju ga i popunjavaju formular za naplatu dnevne karte koji ostavljaju ispod prednjeg vetrobranskog stakla vozila. Osnovna slabost ovakvog načina rada potiče od nezaobilaznih manuelnih operacija kao sastavnih elemenata u procesu kontrole prekršaja. Pošto se izvode sa procesima koji su delom ili potpuno automatizovani, brzina rada celog sistema je određena najslabijom karikom-čovekom. Tehnologije koje bi mogle da zamene rad čoveka su do skora bile jako skupe i nedostupne te je kontrola i sankcionisanje prekršaja u parkiranju isključivo zavisilo od efikasnosti kontrolora na terenu. U međuvremenu, stalan tehnološki napredak u oblasti informacionih i komunikacionih tehnologija doneo je nove mogućnosti za automatizaciju samog procesa. Umesto da kontrolor parkiranja na terenu peške obilazi sektor rada i ručno unosi podatke u PDA uređaj koji se potom dostavljaju SMS centru, na proveru da li vozilo ima uredno plaćeno parkiranje, danas je moguće postaviti računar sa kamerama na vozilo koje se kreće ulicom brže od kontrolora naplate parkiranja i u kontinuitetu snima registarske tablice na parkiranim vozilima, analizira njihov sadržaj i određuje registarsku oznaku, zonu, GPS lokaciju i vreme opažaja. Prikupljeni podaci se posredstvom brzog komunikacionog kanala 4G mreže mobilnog operatera automatski šalju SMS centru na proveru. Scan car sistemi za automatsko prepoznavanje registarskih oznaka mogu da u toku jednog sata opaze i očitaju od više stotina do nekoliko hiljada registarskih oznaka. Benefiti ovakvog sistema su smanjenje broja kontrolora parkiranja, smanjenje broja grešaka nastalih prilikom kontrole, a koje su direktna posledica ljudskog faktora, smanjenje broja nepropisno parkiranih vozila što utiče na povećanje bezbednosti saobraćaja. Cilj rada je da se prikaže način funkcionisanja za kontrolu i naplatu parkiranja putem mobilnog video nadzora.*

*Ključne reči: parkiranje, kontrola, sankcionisanje prekršaja, Scan car*

## 1. Uvod

Danas se većina gradova i naseljenih mesta u Srbiji suočava sa problemom parkiranja kao nezaobilaznom pojavom koja prati njihov razvoj. To je ozbiljan problem koji sa povećanjem životnog standarda i stepena motorizacije kao i potrebom za povećanom mobilnošću stanovništva sve više usložnjava. Kako su urbanističke mogućnosti gradova ograničene ostaje da se problem parkiranja rešava sprovođenjem odgovarajuće politike parkiranja.

Gotovo u svim gradovima se pristupa uvođenju režima parkiranja sa naplatom sa ili bez vremenskog ograničenja. Da bi režim dao efekte potrebno je sprovesti adekvatnu kontrolu i sankcionisanje prekršaja u parkiranju. Kako se broj vozila i opterećenje na centralnu gradsku zonu povećava tako je potrebno da se sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja unapredi i razvija.

Cilj ovog rada je da ukaže na značaj stalnog unapređenja sistema za naplatu parkiranja kao i sistema za kontrolu i sankcionisanja prekršaja u parkiranju. Na primeru grada Niša i JKP „Parking servis“ Niš predstavljen je novi sistem kontrole naplate parkiranja putem mobilnog video nadzora (Scan car) . U radu je prikazan način funkcionisanja sistema Scan car kao i efekti koji su postignuti neposredno nakon puštanja u rad datog sistema .

## 2. Kontrola i sankcionisanje prekršaja u parkiranju

Sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju obuhvata aktivnosti kontrolnih organa na održavanju projektovanih parametara, usvojenog i postavljenog režima parkiranja na najvišem mogućem nivou. Kontrola prekršaja u parkiranju služi da korisnike parkirališta sankcioniše na primeren način, kako bi se ponašali prema odrednicama politike upravljanja parkiranjem. Smanjenjem broja prekršaja ostvaruju se visoki efekti upravljanja parkiranjem [1].

Za kontrolu prekršaja u parkiranju može biti zadužena saobraćajna policija, komunalna inspekcija, komunalna milicija ili služba za kontrolu parkiranja u okviru preduzeća ili institucije koja se bavi rešavanjem problema parkiranja u gradu.

### 2.1. Način rada kontrolora i sankcionisanje prekršaja u parkiranju

Kontrolor parkiranja je zadužen da proverava da li je usluga parkiranja plaćena za vozila koja su parkirana na regulisanim parking mestima u zoni restriktivnog režima. Kontrolor parkiranja radi u svom sektoru. Sektor za kontrolu predstavlja oblast odnosno deo zone u kome kontrolor vrši uočavanje vozila i izdavanje dnevnih karata. Osnovni zadatak kontrolora parkiranja je da kroz PDA uređaj očitava svaku tablicu vozila koja se nalaze u sektoru rada kako bi proverio da li ima plaćeno parkiranje ili ne. Za vozila koja nemaju plaćeno parkiranje ni na jedan od ponuđenih načina izdaje se dnevna karta.

Nedostatak ovog sistema potiče od nezaobilaznih manuelnih operacija, kao sastavnih elemenata u procesu rada. Pošto se izvode sekvencijalno sa procesima koji su delom ili potpuno automatizovani, brzina rada celog sistema je određena najslabijom karikom-čovekom. Od brzine kretanja kontrolora, veličine sektora rada i njegove lične procene zavisi koliki broj vozila će biti uočen kroz sistem i sankcionisan ukoliko postoji osnov.

Vremenom, nedostaci vezani za rad kontrolora utiču da se korisnici lagodnije ponašaju i da u potpunosti ne poštuju definisani restriktivni režim parkiranja. To rezultira

smanjenjem broja slobodnih parking mesta, smanjenjem broja dnevnih karata kao i povećanjem broja nepropisno parkiranih vozila.

U međuvremenu, stalan tehnološki napredak u oblasti informacionih i komunikacionih tehnologija doprineo je pronalasku novih rešenja za automatizaciju procesa rada kontrole parkiranja.

Scan car sistem je novo rešenje koje će u mnogome doprineti poboljšanju kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju.

### **3. Scan car sistem**

#### **3.1. Opis rada sistema**

Opažanje parkiranih vozila i njihovih registarskih oznaka se vrši preko računara sa kamerama koje su postavljene na vozilo i koje u kontinuitetu skeniraju (očitavaju ) i prepoznaju registarske oznake parkiranih, zaustavljenih ili odbačenih vozila putem mobilnog video nadzora, analizira njihov sadržaj i određuje registarsku oznaku, zonu parkiranja, GPS lokaciju i vreme opažanja. Prikupljeni podaci se posredstvom brzog komunikacionog kanala 4G mreže mobilnog operatera automatski šalju SMS i dispečerskom centru na dalju proveru.

Postoje 2 podsistema sistema Scan car:

- Podsistem parking kontrola
- Podsistem komunalne milicije

#### ***Podsistem parking kontrole***

Za potrebe rada službe parking kontrole izrađena je aplikacija za obradu informacija iz delokruga rada parking kontrole, obradu transakcija po plaćenim kartama parkiranja po započetom času, pregled pretplatnih karata, GIS podloga (uključivanje i isključivanje za svako parking mesto iz naplate i kontrole parkiranja u celom zoniranom području grada) i prijem i obrada dojava sa vozila Scan car za izdavanje dnevnih karata i proveru plaćanja parkiranja.

Kada vozilo Scan car uoči parkirano vozilo na parking mestu i dostavi podatke dispečerskom centru vrši se automatska provera da li je za vozilo plaćen parking i da li je ispoštovano vremensko ograničenje koje važi u datoj zoni. Za vozilo za koje nije plaćeno parkiranje ili je prekoračeno dozvoljeno vreme parkiranja izdaje se elektronska dnevna karta (Edk). Ukoliko je korisnik plaćao parkiranje putem SMS on će o postojanju Edk biti obavešten putem SMS-a. Ukoliko nije plaćao informaciju o postojanju Edk može proveriti preko sajta preuzeća ili se informisati u Korisničkom servisu. Rok za plaćanje Edk je 8 dana, nakon čega se vlasniku vozila šalje opomena za plaćanje Edk.

#### ***Podsistem komunalne milicije***

Za potrebe komunalne milicije izrađen je odgovarajući programski sistem. Ovaj sistem omogućava izradu obaveštenja i prekršajnog naloga iz dispečerskog centra od strane Komunalne milicije i slanje na adresu počinioca prekršaja.

Prilikom kreiranja dojava sa Scan Car-a ista dolazi na obradu kod komunalnog milicionera. Na osnovu ovih podataka komunalni milicioner odabira dve fotografije na osnovu kojih može da odluči o tipu osnovna prekršaja, određuje prekršaj predefinisani u bazi podataka iz



padajućeg menija. Vršiti pozivanje web servisa ka MUP-u, radi dobijanja podataka o vlasniku, nakon dobijanja odgovora sistem automatski u zavisnosti da li je vraćen status (pravno, preduzetnik, fizičko lice), pridružuje osnovu prekršaja i iznos kazne. Nakon ovog komunalni milicioner kreira obaveštenje. Komunalni milicioner ima dozvoljenu funkcionalnost da menja staturu dokumenata (prekršajni nalog, prekršajni nalog drugom prekršiocu, obaveštenje drugom prekršiocu) u zavisnosti od izjašnjavanja ili neizjašnjavanja onoga kome je obaveštenje upućeno. Takođe može izvršiti pojedinačno štampanje dokumenta i podataka na koverti, a takođe i grupisanje dokumenata po zahtevu pošte za slanje kroz uslugu hibridne pošte putem predefinisanih FTP servisa. Postoji mogućnost registrovanja potpune ili delimične uplate, s tim što se za delimične uplate vrši signalizacija, a radi slanja ponovog obaveštenja. Za svaki dokument dozvoljeno je uvlačenje skeniranih dokumenata kao dodatnih dokaza. Za potrebe utuženja vlasnika-korisnika koji ne izmiri svoje obaveze omogućen je status utuženja, štampanje svih dokumenata potrebnih za proces pokretanja tužbe pred nadležnim prekršajnim sudom, kao i dodavanje troškova na osnovu kamate, osnovnog predujma i predujma za dodatne troškove.

### 3.2. Komponente sistema Scan car

Komponente sistema Scan car mogu se razvrstati u programske koje čine:

- Aplikativno rešenje za automatsko prepoznavanje registarskih tablica putem video nadzora (softver)
- Geografski informacioni sistem (GIS) – elektronska podloga ucrtanih parking mesta, kolovoza, trotoara, pešačkih prelaza, zelenih površina, saobraćajnih znakova

I hardverske koje čine:

- Osam (8) kamera visoke rezolucije opremljenih sa infracrvenim flešom za rad u svim vremenskim uslovima, za potrebe snimanja fotografija automobila
- Industrijski PS računar za rad u otežani radnim uslovima
- GPS uređaj
- Komunikacioni modul za rad u mreži mobilnog operatera
- Napajanje sa motora vozila i/ili baterija
- Specijalna nadgradnja, odnosno integrisane „Hardware“ –ske komponente postavljene u kućište, zaštićene od mehaničkih i klimatskih uslova kao i od električnih smetnji
- Vozilo na kojem se ugrađuje integrisan sistem za automatsko prepoznavanje registarskih oznaka.

Da bi se mogle automatizovati dojava prosledene sistemom Scan car potrebno je da sistem za automatsko prepoznavanje registarskih oznaka putem mobilnog video nadzora raspolaže preciznim prostornim modelom saobraćajne infrastrukture grada uključujući opšta parkirališta sa tačnim geografskim pozicijama (GIS). Sadržaj geodetskih podloga su sledeći tipovi podataka:

- Poligon parkirališta
- Poligon parking mesta
- Poligon ulice-kolovozna površina
- Poligon pešačkih prelaza

- Poligon površina koje su zabranjene za parkiranje-trotoar
- Znak, parking obaveštenja, zabrana zaustavljanja i parkiranja
- Znak-kućni broj

Zahvaljujući kvalitetnoj geografsko informacionoj podlozi dolazi do jasnog razgraničenja regularno parkiranih vozila koja su predmet obrade kontrole parkiranja i neregularno parkiranih, zaustavljenih ili odbačenih vozila koja će se obrađivati u dispečerskom centru komunalne milicije.

#### **4. Implimentacija sistema u nišu**

JKP „Parking servis“ Niš je 01.7.2022. implementirao sistem kontrole i naplate parkiranja putem mobilnog video nadzora (Scan car sistem). Uvođenju ovog sistema prethodile su radnje koje su se ticale uređenja pravne regulative i usklađivanje dokumenata sa novim sistemom.

Na ulicama grada Niša kontrolu naplate parkiranja i nepropisnog parkiranja putem mobilnog video nadzora vrše 2 vozila . Vozila pokrivaju 70% zone u kojoj važi restriktivni režim parkiranja i rade u 2 smene svakim radnim danom u periodu od 7 do 21 čas kao i subotom u periodu od 7 do 14 časova. U ostalom delu zone postoji 7 sektora za kontrole na kojima kontrolu i naplatu parkiranja i dalje vrše kontrolori parkiranja po ustaljenom postupku.

Kako je kratko vreme od implementacije novog sistema te se još uvek nalazimo u periodu uhodavanja novog sistema efekte funkcionisanja sistema ne bi bilo zahvalno iznositi u ovom trenutku.Zato, analizu efekata treba uraditi nakon 6 meseci i godinu dana od početka funkcionisanja sistema.

#### **5. Zaključak**

Sistem za kontrolu i naplatu parkiranja primenom mobilnog video nadzora (Scan car) podrazumeva kontrolu naplate parkiranja putem vozila na kome su ugrađene kamere i koje u toku vožnje vrši prepoznavanje registarskih oznaka i proveru da li je za dato vozilo plaćeno parkiranje i ispoštovano vremensko ograničenje.

Uz pomoć ovog sistema u toku jednog sata moguće je opaziti i očitati od više stotina do nekoliko hiljada registarskih oznaka. Benefiti ovakvog sistema su:

- Smanjenje broja kontrolora parkiranja
- Smanjenje broja grešaka nastalih prilikom kontrole, a koje su direktna posledica ljudskog faktora
- Smanjenje broja nepropisno parkiranih vozila što utiče na povećanje bezbednosti saobraćaja

Takođe, promene koje je su posledica funkcionisanja ovog sistema utiču i na menjanje svesti korisnika parkirališta koji , odmah po parkiranju plaćaju uslugu parkiranja kako bi izbegli mogućnost sankcionisanja.

#### **Literatura**

- [1]Milosavljević, Nada. 1997. Parkiranje Beograd: Saobraćajni fakultet.  
[2]Studija stacionarnog saobraćaja u Nišu (2007), Saobraćajni fakultet.

- [3]Radosavljević, M. (2012), Definisanje sektora za kontrolore u zonama sa restriktivnim režimom parkiranja, X međunarono savetovanje saobraćajnih inženjera TES 2012, Subotica.
- [4]Radosavljević, M. (2012), Mere za poboljšanje naplate dnevnih karata – studija slučaja, XII međunarono savetovanje saobraćajnih inženjera TES 2018, Vrnjačka Banja.

## Summary

### SYSTEM OF CONTROL AND SANCTIONING OF PARKING VIOLATIONS THROUGH SCAN CAR

*The system of control and sanctioning of parking violations includes the activities of the control authorities to maintain both the designed parameters and the adopted and set parking regime at the highest possible level. the extent to which the projected parking parameters will be achieved depends on the quality of the system of control and sanctioning of parking violations. control and sanctioning of violations due to non-compliance with the defined parking regime are carried out by parking controllers. parking inspectors identify the violation, verify it and fill out a daily ticket payment form that they leave under the front windshield of the vehicle. the main weakness of this way of working comes from unavoidable manual operations as integral elements in the process of controlling violations. since they are carried out with processes that are partially or fully automated, the speed of the entire system is determined by the weakest link - humans. the technologies that could replace human work were until recently very expensive and unavailable, and the control and sanctioning of parking violations exclusively depended on effectiveness of field controllers. meanwhile, constant technological progress in the field of information and communication technologies has brought new possibilities for automating the process itself. instead of the on-site parking controller walking around the work sector and manually entering data into a pda device that is then delivered to the sms center to check whether the vehicle has proper paid parking, today it is possible to place a computer with cameras on a vehicle that moves down the street faster than the controller and continuously records license plates on parked vehicles, analyzes their content and determines the registration number, zone, gps location and time of observation. the collected data is automatically sent to the sms center for verification through the fast communication channel of the mobile operator's 4g network. scan car systems for automatic recognition of license plates can detect and read from hundreds to several thousand license plates within one hour. The benefits of such a system are: reduction in the number of parking controllers, reduction in the number of mistakes made during control, which are a direct consequence of the human factor, reduction in the number of illegally parked vehicles, which affects the increase in traffic safety. The aim of the work is to show the way of functioning for the control and charging of parking through mobile video surveillance.*

*Keywords: parking, control, sanctioning violations, Scan car*

## UTICAJ PROMENE STRATEGIJE SNABDEVANJA GRADSKOG CENTRA NA POTRAŽNJU ZA PARKIRANJE

Vladimir Momčilović, Saobraćajni fakultet, Beograd, v.momcilovic@sf.bg.ac.rs

*Rezime: Slobodno ili rezervisano parking mesto je izuzetno deficitaran resurs za kojim vlada velika potražnja, posebno u gusto naseljenim centrima gradova, gde se pored regularnih korisnika parking mesta svakodnevno ispostavljaju i zahtevi za utovarno-istovarnim operacijama. Imajući u vidu rastuću tražnju za kratkotrajnim parkiranjem dostavnih i lakih teretnih vozila koja se pojavljuju u ovim atraktivnim gradskim zonama tokom celog dana u cilju snabdevanja komercijalnih sadržaja, primopredaje kurirskih i ekspres pošiljaka, a u poslednje vreme sve više dostave hrane i namirnica, potrebno je vremenski i prostorno izbalansirati ponudu i potražnju. Trajno i održivo (a propisno) rešenje ovog problema koje nije ni na štetu građana, ni životne sredine, ali ni komercijalnih sadržaja predstavlja izuzetno veliki izazov za nadležne gradske organe. U radu će biti razmotrene mogućnosti rešavanja problema snabdevanja centra grada dostavnim vozilima sa ciljem boljeg iskorišćenja postojećih saobraćajnih površina i kapaciteta za parkiranje. Biće prikazana neka od savremenih rešenja, analizirane prednosti i mane različitih rešenja za obezbeđivanje nesmetanog snabdevanja komercijalnih gradskih sadržaja, stanovnika centra i dobra iskustva iz prakse najznačajnijih gradova u Evropi i svetu koja bi potencijalno mogla da se primene u našim gradovima različitim privremenim ili trajnim „mekim“ ili „tvrdim“ merama, vremenskom alokacijom resursa, kao i potencijalnim građevinskim, tehničkim, tehnološkim ili softverskim rešenjima ovog izazova.*

*Ključne reči: transport tereta, distribucija, dostava, snabdevanje centra, kratkotrajno parkiranje*

### 1. Uvod

Transport tereta u centru grada obuhvata u najvećoj meri snabdevanje komercijalnih sadržaja, distribuciju proizvoda e-trgovine, isporuku kurirskih i ekspres pošiljaka, obavljanje komunalne i građevinske delatnosti. Rad se fokusira isključivo na prve tri aktivnosti, s obzirom na to da poslednje dve, iako utiču na smanjenje protočnosti dinamičkog saobraćaja, ne bi trebalo da utiču na potražnju za parkiranjem.

U domenu snabdevanja komercijalnih sadržaja, dugo godina se smatralo da je široko rasprostranjeni „just-in-time“ logistički koncept ne samo tehnološki inovativan i profitabilan, već i pouzdan i siguran za sve učesnike u transportnim lancima i lancima snabdevanja. Međutim, tokom poslednjih par godina pokazalo se da je veoma nepovoljan, posebno u domenu sigurnosti proizvodnje i snabdevanja u vanrednim okolnostima (kao što je COVID-19) zbog svoje niske vremenske fleksibilnosti (tolerancije na kašnjenja), ali i energetske efikasnosti i zaštite životne sredine zbog dodatno generisanog saobraćaja kraćim ciklusima snabdevanja komercijalnih sadržaja i povećanjem broja međusobno nezavisnih (i neusklađenih) snabdevača.

U gradskim sredinama je sa porastom e-trgovine, a od skoro i dostave hrane i namirnica uočeno da se učešće dostavnih i lakih teretnih vozila u saobraćajnom toku značajno povećalo, ali se njima dominantno prevozi „vazduh“, umesto (korisnog) tereta. Drugim rečima, iskorišćenje nosivosti i popunjenost tovarnog prostora dostavnih i lakih teretnih vozila su izuzetno niski. Sa evidentnim porastom pređenog puta nije došlo do povećanja transportnog rada (tona-kilometara) što takođe ukazuje na nisko iskorišćenje kapaciteta vozila. Čak i ako/kad se budu koristila transportna sredstva na električni pogon (e-vozila), ovakav trend bi nastavio da bude energetska neefikasan, čak i štetan po životnu sredinu.

Isporuka kurirskih i ekspres pošiljaka (nezavisno od teritorijalnog obuhvata), koja se u značajnoj meri prepliće sa prethodno navedenom aktivnošću, odnosno čije transportne i logističke usluge najčešće koriste e-trgovine, zbog svog stepena hitnosti i vrednosti pošiljaka dodatno usložnjava dimenzije problema.

Sva tri segmenta se pojavljuju na istom prostoru, a često i u istim vremenskim intervalima kao konkurenti za već deficitarni prostor u atraktivnim (samim tim i skupim) i gusto naseljenim urbanim sredinama (za parkiranje, utovarno-istovarne operacije i dr.). U tu svrhu se koriste regulisana parking mesta (PM), kao i parkiranje na nedozvoljenim površinama (van obeleženih PM, na rezervisanim PM ili udvajanje parkiranih vozila na dovoljno širokim saobraćajnicama), što osim saobraćajnih zagušenja pogoršava stanje i u pogledu bezbednosti saobraćaja.

Da problem u perspektivi postane još veći i teži za rešavanje, poslednjih godina se na sceni pojavljuje urbanistički koncept 15-minutnih gradova (ili superblokova), koji treba da vrati raspoložive površine stanovnicima, odnosno da ih umesto za dinamički i stacionarni saobraćaj (pre)nameni u druge antropocentrične svrhe, a koji pretenduje da zauvek promeni koncept razvoja gradova oko saobraćajnica za motorizovane vidove kretanja.

U transportu putnika ekološka sredstva javnog gradskog i prigradskog transporta prema ovom konceptu dobijaju apsolutni primat, ali i sredstva mikromobilnosti. Međutim, šta (će) se dešava(ti) sa transportom tereta i snabdevanjem komercijalnih sadržaja i stanovnika atraktivnih gradskih zona? Kako prevazići trenutne nedostatke, dostići održivost i smanjiti negativan uticaj sistema snabdevanja grada na životnu sredinu i kvalitet života u budućnosti? Na ovo će pokušati da odgovore ovaj rad u nastavku.

## **2. Aktuelni i budući izazovi**

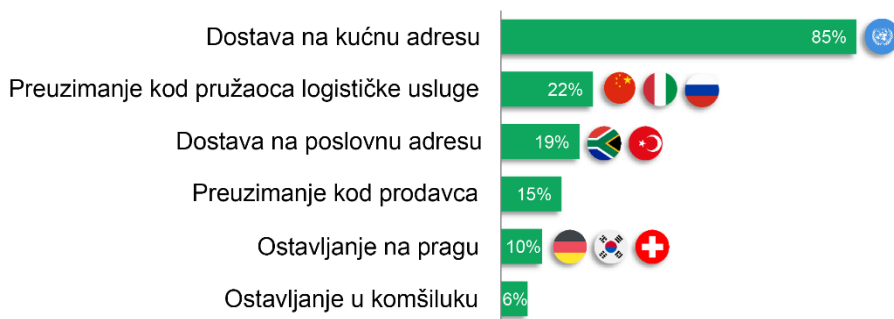
Prema [1], svako radno mesto generiše jednu isporuku (ili preuzimanje) nedeljno, što iako nije značajno po broju, jeste samim postojanjem i nepromenljivo. Svakoj delatnosti (komercijalnoj, uslužnoj, industrijskoj, administrativnoj itd.), koja se odvija u gradskoj sredini, može se dodeliti specifičan profil generisanog transporta tereta, koji je nepromenljiv od grada do grada [1]. Ovo je uslovljeno visokom cenom gradskog zemljišta, koja je neodrživa za logističke kompanije. Transportne i logističke kompanije koje posluju u gradskim sredinama zbog restriktivne i kaznene politike gradova, često pribegavaju proračunatom kršenju propisa i ograničavaju investicije u vozila, koja u proseku imaju duži eksploatacioni vek. Gradske politike u pogledu transporta tereta se zasnivaju na zabranama pristupa teretnim vozilima preko određene najveće dozvoljene mase, u određenim ulicama i vremenskim intervalima, su po 30 i više godina stare i samim tim su neprilagođene aktuelnim promenama i savremenim trendovima.

Situacija je najjednostavnija u tržnim centrima i većim komercijalnim objektima, koji u granicama parcele raspolažu kapacitetima za kratkotrajno parkiranje vozila, često sa izdvojenim i posebno opremljenim prostorom za snabdevanje trgovinskih i drugih sadržaja [2]. Kod manjih trgovinskih objekata situacija je komplikovanija jer najčešće ne raspolažu sopstvenim parking mestima, a čak i kada raspolažu prostorom za realizaciju utovarno-istovarnih (UI) operacija ne postoji prostor za čekanje vozila [2].

U mnogim gradovima sa istorijskim centralnim jezgrom u kojima nema dovoljno mesta ni za dinamički saobraćaj (među kojima su i srpski gradovi), za snabdevanje manjih objekata i individualnu dostavu građanima nema (ili nema dovoljno) namenskih UI mesta, pa se ove aktivnosti obavljaju na površinama namenjenim dinamičkom saobraćaju vozila, bicikala ili čak pešaka. Problemi sa kojima se suočavaju ovi gradovi su „udvojeno“ (neregularno) parkiranje dostavnih i lakih teretnih vozila u širim jednosmernim i dvosmernim ulicama tokom UI operacija.

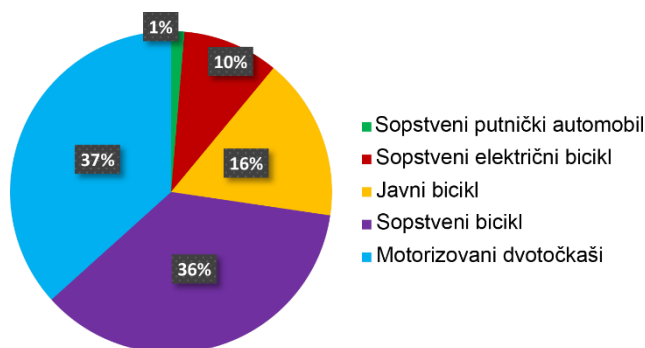
Čak i kada u gradovima postoje UI mesta, ona su često nedovoljnog kapaciteta zbog jednovremenosti nailaska teretnih i dostavnih vozila, ali i zbog neregularnog korišćenja od strane putničkih automobila [3].

Ekspanzija e-trgovine je još jedan faktor rizika i porasta (neodržive) gradske distribucije. Istraživanje o uticaju pandemije COVID-19 na e-trgovinu [4] je obuhvatilo 1819 ispitanika iz 8 država (Italija, Južna Koreja, Južnoafrička Republika, Kina, Nemačka, Ruska Federacija, Švajcarska i Turska) i 1878 ispitanika iz Brazila, a sprovedeno je tokom juna i jula 2020. godine. Porast obima e-trgovine i izražene preferencije korisnika u pogledu načina isporuke (izborom po dva preferentna načina isporuke) pokazale su da korisnici svih država obuhvaćenih istraživanjem, ipak najviše vole da im isporuka bude dostavljena na kućnu adresu (bez obzira na heterogenu strukturu država po veličini i ekonomskom razvoju), što je označeno simbolom UN i prikazano na slici. Ovo utiče na generisanje dodatnog saobraćaja za istu pošiljku ukoliko se korisnik u trenutku isporuke ne nalazi na adresi. Drugi izbor ispitanika po državama je označen zastavom odgovarajuće države. Kao jedan od značajnih rezultata istraživanja izraženo je očekivanje (odnosno stav) da će se trend rasta online kupovina (tj. e-trgovine) nastaviti i nakon završetka pandemije COVID-19.



Slika 1: Stavovi ispitanika oko preferentnog načina isporuke proizvoda e-trgovine [4]

Drugo istraživanje [5], na uzorku od 300 kurira (dostavljača), realizovano u Parizu tokom decembra 2019. i januara 2020. godine pokazalo je da u ovom gradu, anketirani kuriri dominantno koriste dvotočkaše sa 99% (a samo 1% putnička vozila), od čega 52% aktivnih a 47% motorizovanih, čija je detaljna podela prikazana na slici.



Slika 2: Transportna sredstva koja koriste kuriri prilikom isporuke [5]

Budući da Pariz raspolaže veoma razvijenom mrežom javnih bicikala, ovo sredstvo aktivne (mikro)mobilitnosti predstavlja ozbiljnu alternativu ostalim vidovima kretanja. Prikazana raspodela jasno ukazuje na problem sa parkiranjem u ovoj i sličnim metropolama. Većina od čak 60% kurira ima prosečno između 10 i 20 isporuka dnevno, a samo 10% njih ima više od 20 isporuka dnevno [5]. Nije ustanovljena nedvosmislena povezanost broja isporuka i prevoznog sredstva, iako je učešće motorizovanih dvotočkaša nešto veće među onima koji realizuju više od 10 isporuka dnevno [5]. Kuriri koji koriste motorizovane dvotočkaše (37%) su sa 51% učešća dominantna grupa koja je imala saobraćajne nezgode tokom obavljanja svog posla, što ukazuje sa jedne strane na veće brzine kretanja, ali i veliki pritisak u cilju povećanja produktivnosti i zarade [5].

Za razliku od prikazanog, u većini srpskih gradova je znatno veći procenat korišćenja putničkih i dostavnih vozila za gradsku distribuciju i kurirsku dostavu i to sa pogonom na dizel, pa je njihova emisija zagađujućih materija značajnija. Struktura voznog parka će u narednom periodu predstavljati još jednu prepreku za nesmetano funkcionisanje ove ekstenzivne delatnosti odnosno zahtev za povećanjem njene održivosti posebno prilikom uvođenja zona niske (ili bez) emisije i u našim gradovima.

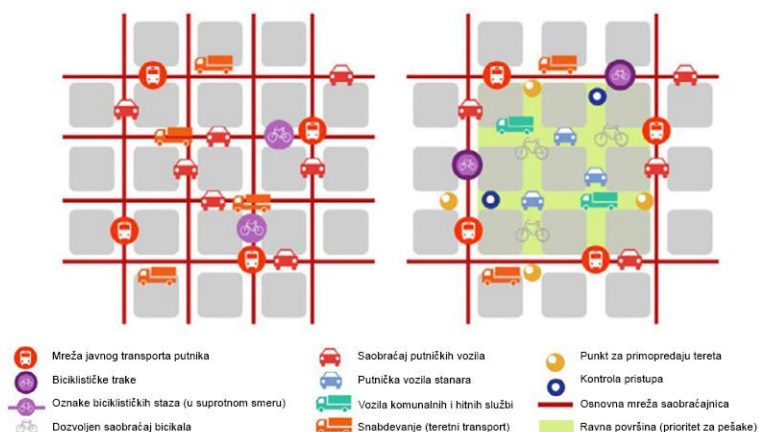
### 3. Pregled dobrih praksi i predlog rešenja

Da bi se stekao uvid u sve što se trenutno radi po ovom pitanju, treba se osvrnuti na nekoliko veoma aktuelnih radova, koji daju detaljan i sveobuhvatan pregled mera za efikasno upravljanje teretnim transportom u gradovima Evrope [1], [6] i sveta [7]–[9].

Jedna od predloženih mera je snabdevanje komercijalnih sadržaja u vanvršnim periodima (engl. *off-peak delivery*) [10], tj. njihovo snabdevanje noću korišćenjem izuzetno tihih ekoloških vozila, kojom bi se omogućila vremenska preraspodela i manji pritisak na dinamički i stacionarni saobraćaj.

Pretovar između većih teretnih i manjih dostavnih vozila, sortiranje i konsolidacija ulaznih i izlaznih tokova tereta za snabdevanje centra grada u gradovima treba da se odvija u tzv. urbanim konsolidacionim centrima (UKC), čvorištima ili mikročvorištima [9]. U manjim gradovima, UKC se obično nalazili na periferiji i dobro je povezan sa međugradskom putnom mrežom. U Utrehtu (Holandija), koji je primenio koncept 10-minutnog grada, ulazni tokovi tereta se transportuju posebno projektovanim električnim vozilima za pristup istorijskom centru grada. U većim gradovima, kao što je Pariz, UKC se nalaze na magistralnim prstenovima, koji okružuju centar kako bi omogućili realizaciju dostave u istom danu [9]. Iako su električni teretni bicikli (engl. *cargo e-bike*) prilagođeni pešačkim zonama u centru grada, veća teretna vozila su efikasnija za prevoz tereta na veće

udaljenosti [9]. Uspešno snabdevanje gradskog centra treba da raspoláže vozilima različitih pogona, veličina i kapaciteta vozila kako bi se uklopila u urbano područje u kojem posluju. Koncept superbloka, primenjen u Barseloni (Španija), predstavlja pandan konceptu 10-minutnog ili 15-minutnog grada gde se sve (ili većina) potreba stanovnika zadovoljava u izabranom radijusu dostupnosti. Snabdevanje teretnim i dostavnim vozilima se odvija u saobraćajnicama na obodu superbloka, dok je ulaz u unutrašnjost dozvoljen samo potpuno ekološkim vozilima (kargo biciklima, kargo e-biciklima, e-vozilima) [11].



Slika 3: Raniji koncept grada (levo) i koncept superbloka (desno) [11]

Vertikalna segregacija je koncept prebacivanja transporta tereta i snabdevanja na drugi (podzemni) nivo, koji je primenjen u Sidneju (Australija). Ograničavanje broja zona za istovar i/ili vremenskih termina dodeljenih uz nadoknadu određenom naručiocu robe zahteva udruživanje i objedinjavanje trgovaca.

Što se tiče e-trgovine, nije nov koncept naručivanja i preuzimanja (engl. *Click & collect*), koji omogućava da se ne vrši dostava na adresu krajnjih korisnika (engl. *last-mile*), već da naručilac sam dođe da preuzme kupljenu robu kada i gde mu odgovara (na najbližoj raspoloživoj lokaciji). Slično rešenje za kurirske i ekspres dostave su elektronski ormarići postavljeni na pristupačnim javnim mestima (gde je moguće kratkotrajno zaustavljanje vozila, npr. na stanicama za snabdevanje gorivom), koje putem aplikacije pametnog telefona otvara samo ovlašćeno lice, a koje primenjuju i neke od naših kurirskih službi.

Kao još jedan predlog rešenja, treba da se razmotri i sistem za daljinsko rezervisanje i/ili upravljanje korišćenjem UI zona (namenskih parking mesta za dostavna i manja teretna vozila sa bezbednim mikro skladištima), koje bi se locirale na atraktivnim i pristupačnim lokacijama u centru gradova, a odakle bi se vršila dalja distribucija do krajnjih korisnika manjim ekološkim transportnim sredstvima.



## Zahvalnica

Ovaj rad je delimično podržan od Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja kroz projekat tehnološkog razvoja TR36010.

## Literatura

- [1] L. Dablanc, 'Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize', *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 41, no. 3, pp. 280–285, 2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.05.005>.
- [2] A. Manojlović, M. Cvetković, and V. Momčilović, 'Parkiranje vozila za snabdevanje sadržaja centra', in *Parkiranje ka održivom transportnom sistemu 2013*, Nov. 2013, pp. 69–84.
- [3] A. R. Alho, J. de Abreu e Silva, J. P. de Sousa, and E. Blanco, 'Improving mobility by optimizing the number, location and usage of loading/unloading bays for urban freight vehicles', *Transp Res D Transp Environ*, vol. 61, pp. 3–18, Jun. 2018, doi: [10.1016/j.trd.2017.05.014](https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.05.014).
- [4] NetComm Suisse (Association) and UNCTAD. Secretariat, 'COVID-19 and E-commerce: Findings from a survey of online consumers in 9 countries', Oct. 2020. Accessed: Sep. 13, 2022. [Online]. Available: <https://digitallibrary.un.org/record/3886558/files/covidecommerce.pdf>
- [5] L. Dablanc, A. Aguiléra, L. Proulhac, L. Wester, N. Louvet, and J. P. Rivas, 'Enquête sur les auto-entrepreneurs de la "livraison instantanée"', 2020. Accessed: Sep. 13, 2022. [Online]. Available: <https://www.lvmt.fr/wp-content/uploads/2020/06/Rapport-enque%CC%82te-2020.pdf>
- [6] L. Calvet, E. J. Alvarez-Palau, M. Viu, C. Castillo, P. Copado, and A. A. Juan, 'Promoting Sustainable and Intelligent Freight Transportation Systems in the Barcelona Metropolitan Area', *Transportation Research Procedia*, vol. 58, pp. 408–415, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.055>.
- [7] J. Holguín-Veras, J. Amaya Leal, I. Sánchez-Díaz, M. Browne, and J. Wojtowicz, 'State of the art and practice of urban freight management: Part I: Infrastructure, vehicle-related, and traffic operations', *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 137, pp. 360–382, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.037>.
- [8] J. Holguín-Veras, J. Amaya Leal, I. Sanchez-Díaz, M. Browne, and J. Wojtowicz, 'State of the art and practice of urban freight management Part II: Financial approaches, logistics, and demand management', *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 137, pp. 383–410, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.036>.
- [9] M. G. H. Bell, 'Chapter 20 - City logistics and the urban environment', in *Urban Form and Accessibility*, C. Mulley and J. D. Nelson, Eds. Elsevier, 2021, pp. 359–378. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819822-3.00021-3>.
- [10] I. Sánchez-Díaz, P. Georén, and M. Brolinson, 'Shifting urban freight deliveries to the off-peak hours: a review of theory and practice', *Transp Rev*, vol. 37, no. 4, pp. 521–543, 2017, doi: <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1254691>.
- [11] Ajuntament de Barcelona, 'Barcelona Urban Mobility Plan (Summary)', Barcelona, Oct. 2014.

## Summary

### CITY LOGISTICS STRATEGY SHIFT IMPACT ON PARKING DEMAND

*Abstract: Free or reserved parking space represents a scarce resource that is in high demand nowadays, especially in densely populated city centres, where besides regular parking users, these are required as well for loading-unloading operations. Bearing in mind an increasing demand for short parking of delivery and light duty vehicles operating in such attractive urban areas throughout the day to supply commercial facilities, handing courier and express deliveries, and lately food and grocery delivery, it is indispensable to balance parking demand to the supply both in temporal and spatial dimensions. A lasting sustainable (but regulated) solution to this problem not to the detriment of citizens, the environment, neither the commercial facilities, represents an extremely cumbersome challenge for competent local authorities. Possibilities for city logistics by delivery vehicles will be considered in this paper, with the objective of improving the available parking infrastructure and facilities utilisation. Appropriate state-of-the-art solutions will be presented, the advantages and disadvantages of different solutions will be analysed in order to ensure continuous supply of urban commercial facilities, favour city centre residents and deploy good practices from major European and worldwide cities, which could potentially be applied in our cities by various temporary or permanent “soft” or “hard” measures, adequate time allocation of resources, as well as potential construction, technical, technological or software solutions to this challenge.*

*Key words: urban freight, distribution, delivery, city logistics, short parking*

PROJEKTOVANJE



## Modernim pristupom i tehnologijama do efikasne realizacije

Kompanija "Hidroprojekat" osnovana je 1949. godine. Preduzeće „Hidroprojekat-saobraćaj“ danas je jedna od vodećih kompanija koje se bave studijama, projektovanjem i nadzorom u oblasti saobraćajnica.

**K**oristeći bogato iskustvo i stručne kadrove, projektna organizacija Hidroprojekat-saobraćaj d.o.o. već dugi niz godina izrađuje infrastrukturne projekte sa ciljem da uvek pruži trajna, sigurna i ekonomična rešenja u skladu sa savremenim tehnologijama i aktuelnim trendovima u putogradnji. Stalna saradnja sa Investitorom, Izvođačem i Nadzorom u svim fazama projekta - od planiranja, preko projektovanja do izvođenja i puštanja u saobraćaj, omogućava efikasnu realizaciju naših projekata.

Preduzeće trenutno zapošljava preko 40 stručnjaka iz oblasti projektovanja puteva, mostova, tunela, saobraćaja i saobraćajne signalizacije, hidrotehničkih i drugih objekata, koji izrađuju projekte u skladu sa potrebama klijenata uz novi, moderan pristup projektovanju i konsaltingu koji rešava svaki problem koji može nastati pri planiranju, projektovanju, ugovaranju i izvođenju radova.

Aktuelna je izrada projektne dokumentacije za Moravski koridor koja podrazumeva izradu projekata nekoliko deonica auto-puta uključujući i petlje, prateće saobraćajnice, odvodnjavanje, regulacije reka, inženjerske objekte, saobraćajnu signalizaciju i svu prateću tehničku infrastrukturu. Takođe, u toku je izrada nekoliko generalnih i idejnih projekata autoputeva i brzih saobraćajnica.



Unutrašnji magistralni poluprsten na Novom Beogradu



Autoput E-80, deonica Prosek - Bancarevo



Saobraćajna veza Borska - Petlja Lasta, sektor 1 i 2



Državni putevi IIA 197 i IIA 198 na Goliji

### Najznačajnije aktivnosti preduzeća

- Projektovanje auto-puteva - više od 100 km autoputa u osam različitih projekata u poslednjih 10 godina,
- Projekti rekonstrukcije državnih puteva (rehabilitacije i pojačanog održavanja) - više od 150 km u poslednjih 10 godina,
- Projekti državnih i lokalnih puteva - više od 100 km u poslednjih 10 godina,
- Projekti unapređenja bezbednosti za 15 opasnih raskrsnica,
- Projekti gradskih saobraćajnica, raskrsnica i petlji sa infrastrukturom - više od 10 projekata složenih gradskih saobraćajnih objekata u poslednjih 10 godina,
- Projekti lokalne gradske ulične mreže, trgova, parkinga, garaža itd.,
- Projekti sanacija klizišta i nestabilnih kosina - više od 10 projekata za poslednjih pet godina,
- Projekti za snabdevanje vodom, odvođenje i kanalizaciju,
- Saobraćajne studije i projekti za sve vrste puteva i gradskih saobraćajnica,
- Studije opravdanosti za projekte saobraćajnica.



Autoput E-75, deonica Grabovnica - Grdelica

**Hidroprojekat-saobraćaj d.o.o.**  
Preduzeće za studije, projektovanje saobraćajnica, inženjering i izvođenje radova

Vele Nigrinove 16a, Beograd  
Tel/fax: +381 11 28-36-794  
office@hps.rs  
www.hps.rs





elcomBgd elcomBgd elcomBgd elcomBgd elcomBgd

**PTV GROUP**

**PTV EPICS**  
Softver za adaptibilno upravljanje saobraćajem na individualnoj raskrsnici

**PTV BALANCE**  
Softver za adaptibilno upravljanje integrisanim sistemom raskrsnica na uličnoj mreži



**elcomBgd**

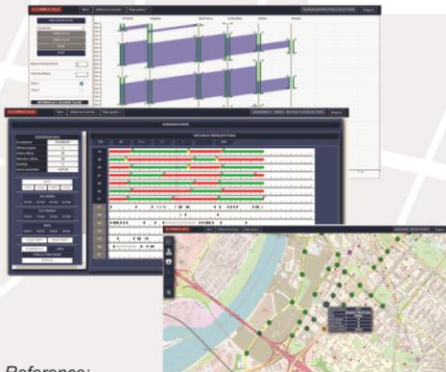
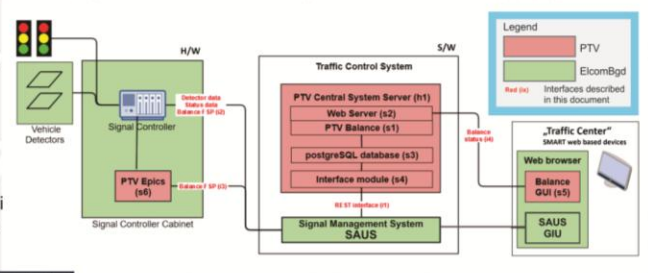
Kontroler svetlosnih signala KSS-1.2  
Svetlosni signali i CD displeji  
Detektori motornih vozila  
Detektori tramvaja  
Tasteri za najavu pešaka  
Komunikacioni resursi

**SAUS**  
Softver za upravljanje saobraćajem

**ADAPTIBILNO UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM**

Instance adaptibilnog upravljanja u Beogradu:  
Potez Sarajevske ulice (6 objekata),  
Potez Karađorđeve ulice (5),  
Potez Ulice Save Maškovića (3),  
"Beograd na vodi" (22)...

**SAUS 2.0** Softver za daljinski nadzor, parametrizaciju i upravljanje radom (mreže) kontrolera KSS-1.2



**KSS-1.2** - mikroprocesorski kontroler svetlosnih signala

**CD display** - brojač preostalog trajanja signalnog pojma



**PPB-VI** - taster za najavu pešaka

**TramLD** detektor tramvaja na vodu napojne mreže

Reference:  
Beograd, Novi Sad, Podgorica, Zrenjanin, Kragujevac, Šabac, Smederovo, Budva...

**STRATEŠKO PARTNERSTVO**



**PTV GROUP**

Zajednički rad na implementaciji adaptibilnog upravljanja i razvoju korisničkog interfejsa sistema PTV EPICS - PTV BALANCE - ElcomBgd SAUS



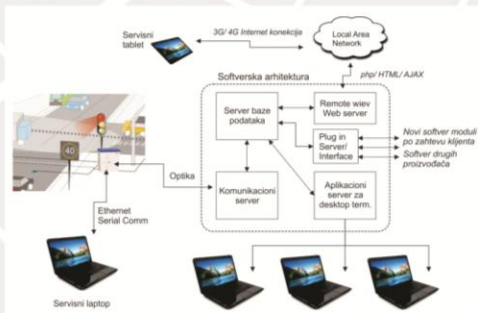
Distribucija, implementacija i podrška u održavanju opreme iz programa FUTURIT (signalne lanterne, tasteri za pešake) i ITC-3 semaforских kontrolera



Distribucija, obuka korisnika i održavanje softvera LISA, INES, ANNA



Distribucija, implementacija i podrška u održavanju sistema za kontrolu parkiranja, Weight In Motion i automatskog brojanja saobraćaja na putnoj mreži



**elcomBgd**  
Neka bude svetlo, ali pametno



Vidimo se na putu.



Proizvodnja, ugradnja, prodaja, iznajmljivanje i održavanje  
stalne i privremene saobraćajne signalizacije i opreme.

A: Patrijarha Pavla 1,  
11276 Beograd - Radio Far  
T: 011/3160800  
E-mail: office@ttk.rs  
www.ttk.rs

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.