

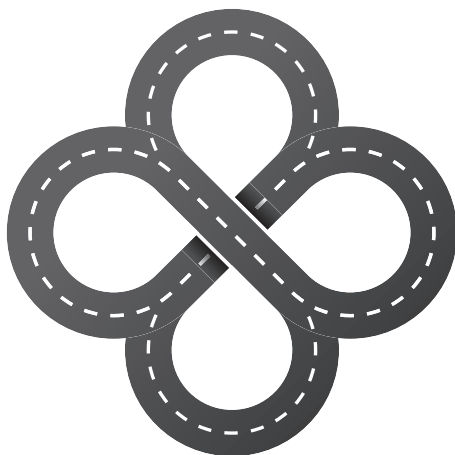
**CESTE**

**2020**

**BY TOM SIGNAL**

**ZBORNIK RADOVA**

**44. MEĐUNARODNI STRUČNI SEMINAR  
O PROMETNOJ INFRASTRUKTURI I  
SIGURNOSTI U PROMETU**



**CESTE 2020.**

**ROVINJ, HRVATSKA, 10-13.03.2020.**

**ORGANIZATOR**



**GENERAL REPRESENTATIVE FOR**  **HOFFMANN**

**ČLAN**





## ZLATNI SPONZORI



**DELTABLOC®**  
SAFETY BARRIERS



## SREBRNI SPONZOR



## BRONČANI SPONZORI



**Selekta**  
prima d.o.o.



## SPONZOR



## POKROVITELJI

MINISTARSTVO MORA, PROMETA I INFRASTRUKTURE RH

MINISTARSTVO UNUTARNJIH POSLOVA RH

MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOG  
UREĐENJA RH

MINISTARSTVO ZAŠTITE OKOLIŠA I ENERGETIKE RH

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO INŽENIRSTVO  
IN ARHITEKTURO SLOVENIJA

HRVATSKA KOMORA INŽENJERA TEHNOLOGIJE  
PROMETA I TRANSPORTA

**general representative for  
HR, SI, BA and MK for**



**roadmarkingsystems**



## Quality

We always strive to give you the very best! And that is what we do: for over 60 years, HOFMANN marking technology has delivered top quality „Made in Germany“.

## Innovation

Research and development are the lifeblood of our company and have a significant impact on road markings around the world. We offer state-of-the-art technology and the comprehensive expertise that you need for your project.

## Product Variety

Extensive and future-proof – these are the attributes of our product range. Combined with our flexibility, we offer you the perfect solution to suit your needs.

## Services

No matter where you are: we are there for you and your project! Our geographical presence in over 150 countries plus the lasting availability of spare parts and machine expertise are guaranteed – now and in the future.

## Consulting

Since 1952, we have not only been manufacturers with a high level of technological competence and experience, but also your global consultant for road markings! Make the most of our potential and contact us with your questions!

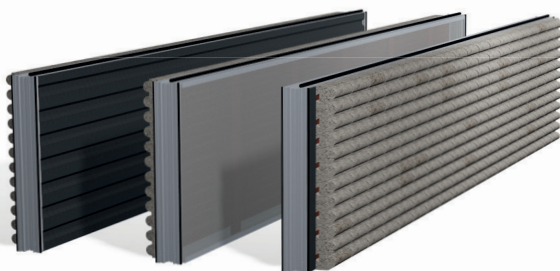
# NEPOBJEDIVA KOMBINACIJA U ČELIKU & BETONU.

Uz iskušenu i provjerenu DELTABLOC® tehnologiju  
do novog standarda prometne sigurnosti.



## NAŠA ZAŠTITA OD BUKE JE MASIVNA I EKOLOŠKA

Drvobetonski visoko upijajući PHONOBLOC® beton  
omogućava absorpciju zvuka  $DL_{\alpha}$  do najviše razine  
A5 (16-20dB) prema normi EN 1793-1.



**KIRCHDORFER**  
ROAD & TRAFFIC

# DELTABLOC®

#### DELTABLOC INTERNATIONAL GMBH

Industriestrasse 28  
2601 Sollenau, Austria  
office@deltabloc.com  
+43 57715 / 470 – 0  
deltabloc.com

#### DELTABLOC, varnostne in protihrupne ograje d.o.o.

Kroška ulica 58  
9000 Murska Sobota, Slovenija  
office@deltabloc.si  
+386 817 101 35  
deltabloc.si



**DELTABLOC®**  
SAFETY BARRIERS



**PHONOBLOC®**  
NOISE BARRIERS



**STEELBLOC®**  
SAFETY GUARDRAILS





VEĆ VIŠE OD 60 GODINA S VAMA

Razvijeno i proizvedeno  
u Sloveniji



**KANALSKI  
POKLOPCI I  
REŠETKE OD  
LIJEVANOG  
ŽELJEZA**

PROGRAM NISKOGRADNJE



**ADFORS GlasGrid®**  
**Anti-crack** solution for your roads  
GEOGRIDS WITH **30 YEARS** OF  
PROVEN PERFORMANCE WORLDWIDE

Trafex d.o.o. Zagreb  
[www.trafex.hr](http://www.trafex.hr)



# ANDROMEDA

**introduced at CESTE 2020  
Wednesday 11th March**



SMA Road Safety introduces a totally innovative system suitable for the most innovative road projects.

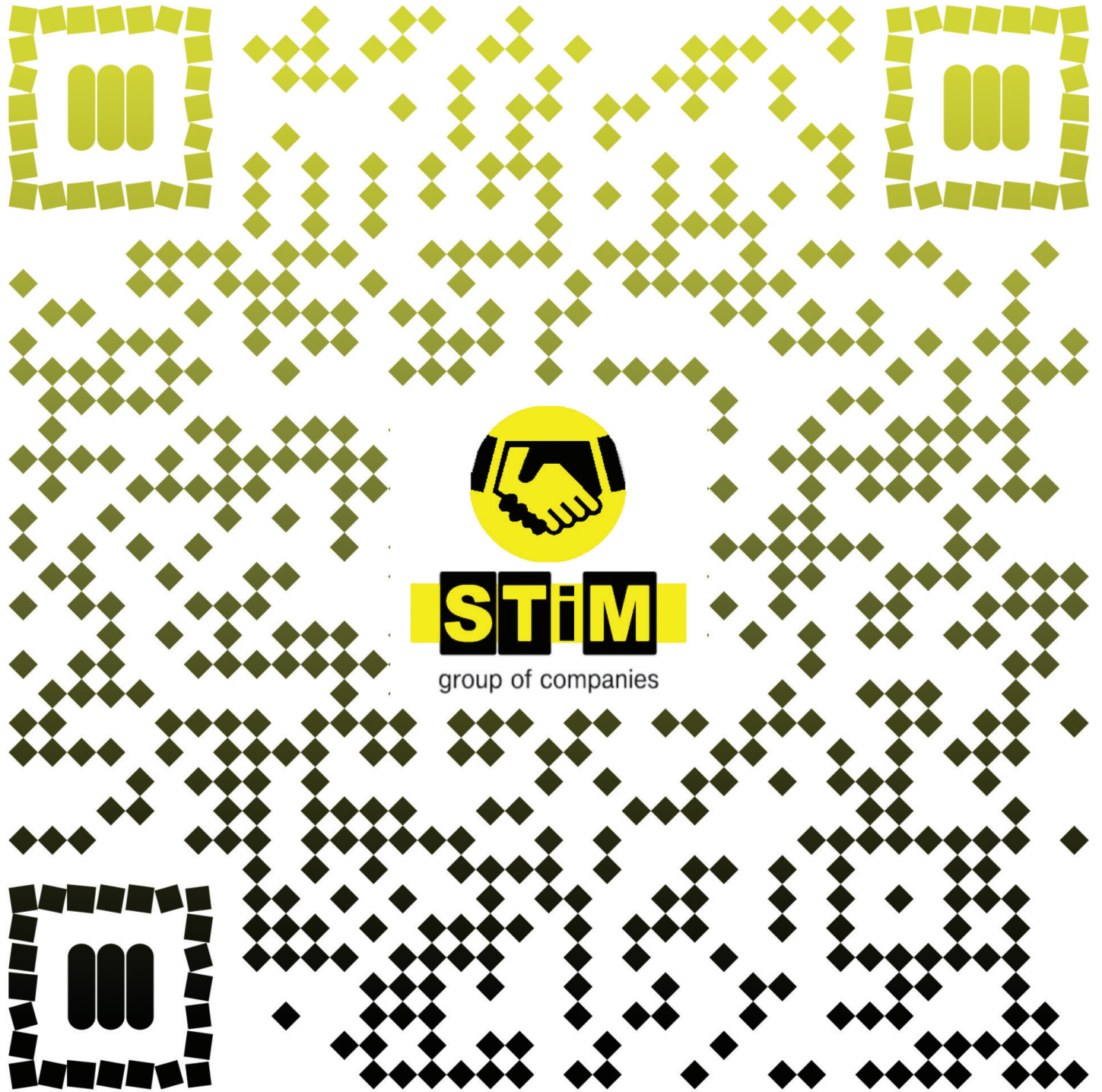
ANDROMEDA consists of a pre-assembled modular longitudinal barrier which can be used both as a roadside and a median guardrail or bridge rail.

ANDROMEDA has a very low system width and very low deflection as well as incorporating unique smart technology.

**[www.smaroadsafety.com](http://www.smaroadsafety.com)**



*Everything for road marking!*



Road marking machinery equipment and materials production

# SADRŽAJ / CONTENT

REKLAMNI DIO

**PROJEKTIRANJE AUTOCESTA NA PRINCIPIMA ODRŽIVE PROMETNE SIGURNOSTI**  
THE SUSTAINABLE SAFETY ROAD DESIGN

**ASFALTNE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE KOD RASKRSNICA SA KRUŽNIM TOKOM SAOBRAĆAJA U NJEMAČKOJ I AUSTRIJI**  
ASPHALT PAVEMENT STRUCTURES AT ROUNDABOUT INTERSECTIONS IN GERMANY AND AUSTRIA

**PREGLED LOKACIJA PROMETNIH NESREĆA S POGINULIM OSOBAMA U FUNKCIJI POVEĆANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA**  
INSPECTION OF THE LOCATIONS OF TRAFFIC ACCIDENTS WITH FATALITIES IN ORDER TO INCREASE ROAD SAFETY

**POBOLJŠANJE VJEŠTINA SIGURNOSTI VOŽNJE UZ DRIVER SIMULATOR**  
IMPROVING DRIVING SAFETY SKILLS WITH DRIVER SIMULATOR

**POVEĆANJE SIGURNOSTI PJEŠAČKOG I BICIKLIŠTIČKOG PROMETA KORIŠTENJEM webGIS PROGRAMSKOG SUSTAVA**  
INCREASING PEDESTRIAN AND BICYCLE TRAFFIC SAFETY BY USING webGIS SOFTWARE

**PREGLED IZDANIH UPOZORENJA NA OPASNE VREMENSKE POJAVE U HRVATSKOJ S CILJEM POBOLJŠANJA SIGURNOSTI U PROMETU**  
REVIEW OF ISSUED WEATHER WARNINGS IN CROATIA TO IMPROVE ROAD SAFETY

**CESTOVNI VREMENSKI INFORMACIJSKI SUSTAVI (CVIS) - NOVE RAZVOJNE MOGUĆNOSTI**  
ROAD WEATHER INFORMATION SYSTEM (RWIS) - NEW DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

**SIGURNOST KORISNIKA ELEKTRIČNIH ROMOBILA U PROMETU**  
SAFETY OF ELECTRIC SCOOTERS' USERS IN TRAFFIC

**SIMULACIJA I PRIMJENA NOVIH TEHNOLOGIJA I PROTOKOLA U NADZORU I REGULISANJU RASKRSNICA**  
LIMITATIONS AND APPLICATIONS OF NEW TECHNOLOGIES, PROTOCOLS AND ARCHITECTURES FOR INTERSECTION SUPERVISION AND REGULATION

**UTJECAJ POLEDICE, ZALEĐIVANJA I TALOŽENJA SNIJEGA NA SIGURNOST ODVIJANJA CESTOVNOG PROMETA**  
THE EFFECT OF BLACK ICE AND SNOW DEPOSITION ON ROAD TRAFFIC SAFETY

**UTJECAJ RADARSKIH POKAZIVAČA BRZINE NA SMANJENJE BRZINE KRETANJA VOZILA**  
INFLUENCE OF RADAR SPEED INDICATORS ON REDUCING VEHICLE SPEED

**ISPITIVANJE STRUKTURE CESTOVNOG MOSTA NA POTOKU MOZDERNJAK U OPĆINI KNEGINEC PRIMJENOM IMPACT-ECHO METODE**  
INVESTIGATION OF ROAD BRIDGE STRUCTURE ON MOZDERNJAK STREAM IN KNEGINEC MUNICIPALITY USING IMPACT-ECHO METHOD

**ODRŽAVANJE AUTOPUTEVA I MOSTOVA U HOLANDIJI**  
MAINTENANCE OF HIGHWAYS AND BRIDGES IN THE NETHERLANDS



## **UTJECAJ PROMETNE POLITIKE NA PROMETNA RJEŠENJA**

THE IMPACT OF TRANSPORT POLICY ON TRANSPORT PLANNING SOLUTIONS

## **UTJECAJNI FAKTORI MODALNE RAZDIOBE PUTOVANJA**

INFLUENCING FACTORS OF MODAL SPLIT

## **PROMETNO TEHNIČKA ANALIZA TURBO KRUŽNIH RASKRIŽJA U GRADU OSIJEKU**

TRAFFIC TECHNICAL ANALYSIS OF TURBO ROUNDABOUTS IN THE CITY OF OSIJEK

## **DOSTUPNOST I KVALITETA PARKIRALIŠTA U TURISTIČKIM DESTINACIJAMA**

AVAILABILITY AND QUALITY OF THE PARKING PARK IN A TOURIST DESTINATION

## **USPOREDBA BRZINA PUTOVANJA IZMEĐU RAZLIČITIH ODRŽIVIH NAČINA PUTOVANJA U LJUBLJANI**

COMPARISONS OF TRAVEL SPEEDS BETWEEN DIFFERENT SUSTAINABLE MODES IN LJUBLJANA

## **ELEKTRIČNI ROMOBILI - UTJECAJ NA MODALNU RAZDIOBU PUTOVANJA**

ELECTRIC SCOOTERS - IMPACT ON MODAL SPLIT DISTRIBUTION

## **PRIJEDLOG PRIMJENE PAMETNIH RJEŠENJA ZA UPRAVLJANJE PROMETNOM INFRASTRUKTUROM GRADA ŠIBENIKA U CILJU SMANJENJA PROMETNIH GUŽVI ZA VRIJEME TURISTIČKE SEZONE**

THE PROPOSED APPLICATION OF SMART SOLUTIONS FOR MANAGING THE TRAFFIC INFRASTRUCTURE OF THE CITY OF ŠIBENIK IN ORDER TO REDUCE THE TRAFFIC JAMS DURING THE TOURIST SEASON

## **OPERACIONALIZACIJA AUTOMATSKOG NADZORA PROLASKA KROZ CRVENO SVIJETLO SEMAFORA**

OPERATIONALIZATION OF AUTOMATIC CONTROL OF PASSING THROUGH THE TRAFFIC RED LIGHT

## **PRIMJENA DIGITALIZACIJE U POSLOVANJU PODRUŽNICE ZAGREBPARKING**

DIGITALIZATION APPLICATION IN THE BUSINESS OF ZAGREBPARKING

## **UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESIMA U GRADU JASTREBARSKOM KORIŠTENJEM webGIS PROGRAMSKOG RJEŠENJA**

MANAGEMENT OF BUSINESS PROCEDURES IN CITY OF JASTREBARSKO BY USING webGIS SOFTWARE

## **UPRAVLJANJE REDOVNIM ODRŽAVANJEM ŽUPANIJSKIH I LOKALNIH CESTA KORIŠTENJEM WEBGIS PROGRAMSKOG RJEŠENJA**

ROUTINE MAINTENANCE OF COUNTIES AND LOCAL ROADS BY USING WEBGIS SOFTWARE

# PROJEKTIRANJE AUTOCESTA NA PRINCIPIMA ODRŽIVE PROMETNE SIGURNOSTI

## THE SUSTAINABLE SAFETY ROAD DESIGN

Mr. Zoran Kenjić, dipl.ing.gr.

Ministry of Infrastructure and Water Management, The Netherlands,  
Rijkswaterstaat  
e-mail: zoran.kenjic@rws.nl

### **Sažetak:**

*Projektiranje cesta je proces postizanja optimalnog tehničkog rješenja jedne ceste njenim uklapanjem u okolinu na način koji zadovoljava potrebe korisnika ceste. Cilj projektiranja je da se zadovolji željeni protok prometa, sudionicima u prometu jamči sigurnost, optimalno prostorno uklapanje u okolinu uz minimalne negativne uticaje na okolinu i minimalne troškove realizacije i održavanja.*

*Projektiranje cesta je integralan proces koji objedinjuje navedene aspekte i tradicionalno je baziran na smjernicama za projektiranje. Za razliku od integralnog procesa projektiranja, specifične smjernice za projektiranje ne pristupaju projektiranju na integralan način. Samo nekolicina projektnih parametara ima višestruku realaciju sa ostalim parametrima. Uz to, smjernice ostavljaju mogućnost za različite interpretacije, što sve dovodi do stvaranja nesigurnih točaka u projektima. Rješenje ovog problema nalazi se u drugačijem pristupu projektovanju, baziranom na načelima održive prometne sigurnosti koji je prikazan u ovom radu.*

**Ključne riječi:** projektiranje cesta, načela, održiva sigurnost, prometna sigurnost, smjernice, odstupanje,

### **Abstract:**

*The design of roads is the process of achieving an optimal technical solution whereby the layout of the road is designed in the environment in a manner that satisfies the needs of the road users.*

*The aim of designing is to satisfy the desired traffic flow, for the participants in the traffic it guarantee safety, optimal spatial integration and with minimal negative impacts on the environment and minimum cost of realization and maintenance.*

*Road design is an integral process that combines the specified aspects and is traditionally based on design guidelines. Unlike an integral design process, specific design guidelines don't access the design in an integral way. Only a handful of project parameters have multiple relations with other parameters.*

*Additionally, these guidelines leave opportunities for different interpretations, which leads to creating unsafe points in projects. The solution to this problem is in a different approach to projecting based on the principles of sustainable road safety which is presented in this paper.*

**Keywords:** road design, principles, sustainable safety, road safety, guidelines, deviation

## 1 PROJEKTIRANJE SIGURNIH PROMETNIH SUSTAVA

Aktualna iskustva pokazuju da je proces projektiranja cesta u posljednjih tridesetak godina doživio bitnu transformaciju. Projektiranje nije više samo proces izrade crteža i proračuna. Projektiranje je postizanje optimalnog tehničkog rješenja jedne ceste, koje omogućava željeni protok prometa, sudionicima u prometu jamči sigurnost, optimalno prostorno uklapanje u okolinu uz minimalne negativne uticaje na okolinu i minimalne troškove realizacije i održavanja. Projektiranje cesta je integralan proces u kom su sjedinjeni svi navedeni aspekti. Interakcija između projektnih aspekata tim je veća što je sustav kompleksniji, pri čemu je prometna sigurnost aspekt koji dominira u procesu projektiranja. Da bi se realizirao siguran projekt bitno je da se u procesu projektiranja posmatraju sve komponente prometnog sustava, koji čine tri komponente: **vozač, vozilo i infrastruktura**, odnosno cesta i njegova okolina.

Ovaj rad daje prikaz nizozemskog "best-practice" pristupa projektiranju cesta koji se bazira na principima održive prometne sigurnosti.

## 2 NAČELA ODRŽIVE PROMETNE SIGURNOSTI

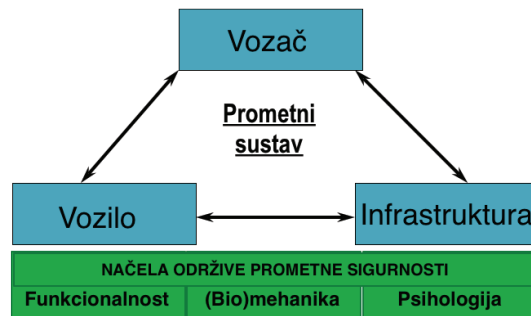
### 2.1.1 Nizozemska vizija održive prometne sigurnosti

Nizozemska je već godinama u vrhu rangliste europskih zemalja sa visokim nivoom prometne sigurnosti. Na tome se prije svega može zahvaliti ispravnoj politici i implementaciji nacionalne strategije postizanja i održavanja željene razine prometne sigurnosti sa ciljem strukturnog smanjenja broja nesreća na nacionalnim cestama.

Nizozemsko Ministarstvo za Infrastrukturu definiralo je početkom 90-tih godina prvu verziju *Vizije održive prometne sigurnosti (Duurzaam Veilig)*<sup>1</sup> (u daljnjem tekstu Vizija) sa ciljem poboljšanja razine prometne sigurnosti na cjelokupnoj cestovnoj mreži.

Nizozemska vizija održive prometne sigurnosti sadrži u svojoj najnovijoj verziji<sup>2</sup> tri osnovna načela koji se odnose na projektiranje i uređenje sigurnih prometnih sustava:

1. Načelo funkcionalnosti (svaka cesta ispunjava samo jednu funkciju)
2. Načelo (bio)mehanike (usklađenost brzina, smjerova, masa i zaštita sudionika u prometu)
3. Načelo psihologije (usklađenost ceste i okoline sa sposobnostima vozača)



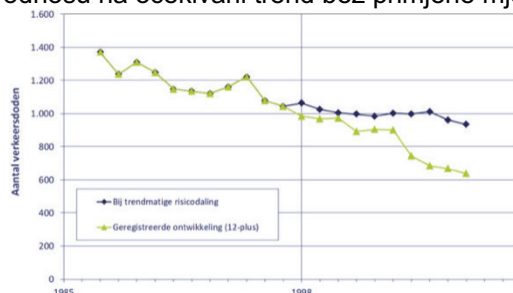
slika 1. Principi na kojima je utemeljena Vizija održive prometne sigurnosti

Vizija sa navedenim načelima ima za cilj projektiranje sigurnih prometnih sustava, što podrazumijeva da su projektirana cesta i cestno okruženje uređeni tako da:

- sprečavaju nastanak nesreća sa teškim posljedicama, a
- ukoliko se nesreće dogode, da posljedice ostanu u prihvatljivim granicama.

### 2.1.1 Rezultati primjene Vizije

Ovakav suvremeni pristup projektiranju je u Nizozemskoj u primjeni već skoro 30 godina. Primjena Vizije utjecala je na novu kategorizaciju prometne mreže. Ceste su postale prepoznatljivije za korisnike, homogenije, te, što je najbitnije, broj poginulih na cestama se znatno smanjio. Samo u periodu 1998.-2007. primjenjene mjere dovele su do smanjenja broja poginulih za ca. 30% u odnosu na očekivani trend bez primjene mjera<sup>3</sup>.



slika 2. Efekat primjene Vizije [SWOV, 2019]

<sup>1</sup> SWOV (2019). *Duurzaam veilig wegverkeer*. SWOV-factsheet, maart 2019. Den Haag.

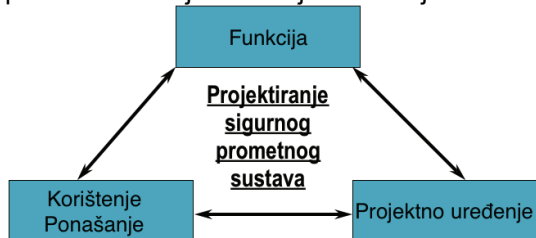
<sup>2</sup> SWOV (2018). DV3 - Visie Duurzaam Veilig Wegverkeer 2018-2030; Den Haag

<sup>3</sup> SWOV (2019). *Duurzaam veilig wegverkeer*. SWOV-factsheet, maart 2019. Den Haag.



### 3 PRINCIPI PROJEKTIRANJA SIGURNIH PROMETNIH SUSTAVA

Projektiranje sigurnih prometnih sustava, analogno strukturi prometnog sustava, bazirana je na tri komponente: funkcija-uređenje-korištenje.



slika 3. Načela projektovanja sigurnih prometnih sustava

To podrazumijeva da funkcija ceste, što je cilj projektiranja, rezultira željenim projektnim rješenjem odnosno uređenjem ceste, koje opet mora inicirati željeni način korištenja ceste i ponašanja vozača. Rezultat je prometni sustav u kom za svaku kategoriju ceste (daljinska, vezna i priključna) odgovara određeno projektno uređenje/rješenje iz koje vozač stiče jasnu sliku ponašanja na toj cesti, koje se od njega očekuje.

Sigurnost prometnog sustava uvjetovana je njegovim osnovnim činiocima, a to su sudionik u prometu, vozilo i okolina. Da bi se prometni sustav kreirao i funkcionisao kao trajno siguran sustav, neophodno je da se osnovni dijelovi sustava okarakteriziraju na sljedeći način:

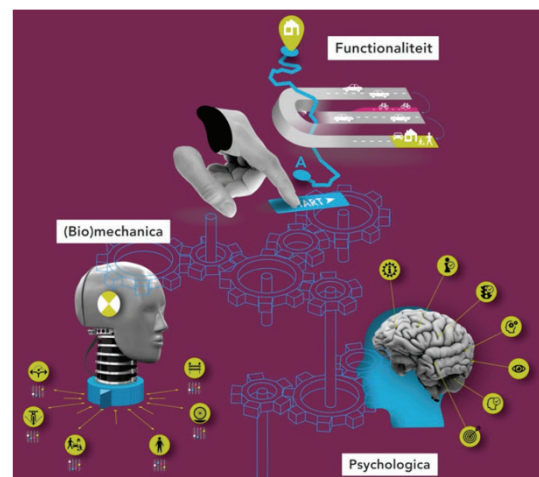
- sudionik u prometu, treba na adekvatan način biti obučan i informiran;
- vozila trebaju biti tako konstruirana i opremljena da omogućavaju jednostavno korištenje i što veću zaštitu čovjeka;
- okolina, odnosno infrastruktura prometnog sustava treba biti prilagođena čovjekovim mogućnostima i njegovim ograničenjima.

Osnova sustava je čovjek, u ovom slučaju sudionik u prometu, koji upravlja prometnim sustavom. Čovjek ima ograničenja, osjetljiv je i čini greške. Zbog toga je za realizaciju prometno sigurnog sustava neophodno uspostaviti ispravnu relaciju između funkcije, uređenja i načina korištenja (dijelova) prometne infrastrukture poštovanjem načela održive prometne sigurnosti: funkcionalnosti, (bio)mehanike i psihologije.

Načelo funkcionalnosti usmjereno je na sprječavanje nepoželjnog korištenja infrastrukture, što se postiže jasno definisanom kategorizacijom prometne mreže. Princip (bio)mehanike usmjereno je na sprječavanje razlika u brzini, masi i osjetljivosti, odnosno ugroženost pojedinih sudionika u prometu, čak i u

situacijama kada naprave grešku. Ukoliko se to dogodi, a događa se, da vozač načini grešku i prouzrokuje prometnu nesreću poželjno je cestu i neposrednu okolinu ceste tako uređiti da su posljedice eventualnih nesreća što manje. Princip psihologije je usmjeren na postizanje usklađenosti ceste i cestovnog okruženja sa kompetencijama (sposobnostima) korisnika i sprječavanja osjećaja nesigurnosti kod vozača. Ukoliko su cesta i okolina ceste tako uređeni da vozač lako može ocijeniti na kojoj kategoriji ceste se vozi i koja brzina vožnje odgovara toj kategoriji, da može razumjeti koje akcije se od njega očekuju i ima dovoljno vremena da ih provede u djelo, onda se može reći da je cesta projektirana po mjeri čovjeka.

Praktična primjena ovih načela rezultirala je u Nizozemskoj formiranjem novog pristupa projektiranju i kreiranjem tzv. "Self-Explaining Roads", odnosno cesta koji su projektirani po mjeri i prema očekivanjima korisnika tog sustava i "Forgiving roads", odnosno cesta koji opraštaju greške vozača.



slika 4. Načela održive prometne sigurnosti

### 4 SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE CESTA

Sama Vizija i definirana načela održive prometne sigurnosti i principi projektiranja nisu sami po sebi dovoljni da bi se željeni nivo prometne sigurnosti u projektu i realizirao. Da bi se Vizija praktično implementirala neophodno je da se načela održive prometne sigurnosti pretvore u konkretne mjere, definirane u smjernicama za projektiranje konkretnih uvjeta koje sustav (cesta) treba zadovoljiti. Na putu ka realizaciji sigurnih projekata bitno je doći do odgovora na dva pitanja koja se odnose na smjernice za projektiranje:

1. "U kojoj mjeri je aspekt prometne sigurnosti sadržan u projektnim parametrima?" i

2. "U kojoj mjeri smjernice za projektiranje cesta vode računa o ljudskim faktorima (u daljnjem tekstu human factors) kako zahtijevaju principi održive prometne sigurnosti?"

Projektanti polaze od toga da su njihove ceste tako projektirane da osiguraju potrebnu propusnost i željeni nivo sigurnosti sa malim rizikom za nastajanje nesreće. Ipak, čest je slučaj da se ubrzo nakon puštanja ceste u promet, događaju prometne nesreće. Uzrok nastanka nesreće neka je greška u prometnom sustavu, do koje dolazi onda kada prometni sustav nije optimalno projektiran i sadrži nesigurne točke.

U takvim situacijama je ponekad jasno da se uzrok nastanka nesigurne situacije nalazi u odstupanju od smjernicama propisanih projektnih parametara. Međutim, nerijetko se događa da je cesta projektirana po propisima a da ipak generira nesigurne točke. U tom slučaju se uzrok nastajanja nesigurnih točaka mora tražiti u procesu projektiranja ceste.

3. "Što je to pogrešno u procesu projektiranja, što dovodi do nastajanja nesigurnih točaka?",

Ovo je treće pitanje na koje moramo dobiti odgovor kako bismo bili sigurni da smo stvorili uvjete da se prometni sustavi mogu projektirati kao trajno sigurni sustavi po mjeri čovjeka, u skladu s načelima održive prometne sigurnosti.

Da bi se došlo do odgovora na ova pitanja analizirane su smjernice za projektiranje cesta .

*Ad 1) "U kojoj mjeri je aspekt prometne sigurnosti sadržan u projektnim parametrima?"*

U smjernicama za projektiranje cesta definirani su projektni parametri i individualne norme koje ti parametri trebaju zadovoljiti. Norme su u smjernicama definirane minimalnim i maksimalnim vrijednostima, što u procesu projektovanja projektantu ostavlja mogućnost izbora. Norme sadrže komponentu prometne sigurnosti, ali prema aktuelnim istraživanjima [SWOV<sup>4</sup>], u većini smjernica samo u nekih 30% projektnih elemenata naznačen je učinak nekog projektnog elementa na prometnu sigurnost. S obzirom na rezultate istraživanja, može se zaključiti da : "Cesta projektirana po smjernicama ne mora po definiciji biti i sigurna cesta."

*Ad 2) "U kojoj mjeri smjernice za projektiranje cesta vode računa o ljudskim faktorima (human factors) kako zahtijevaju načela održive prometne sigurnosti?"*

U smjernicama definirani projektni parametri i individualne norme koje ti parametri trebaju zadovoljiti bazirani su na tehničkim načelima, dok su *human factors* bazirani na principu psihologije koji nije explicitno izražen u smjernicama. Da bi premostili ovaj problem projektantima na raspolaganju su dva dokumenta: *Human Factors Guidelines for Road Systems*<sup>5</sup> i *Human Factors Guidelines for a Safer Man-Road Interface*<sup>6</sup>. Međutim, ovi dokumenti u većini slučajeva nisu obavezni u projektnom procesu, na osnovu čega možemo zaključiti da human factors nisu (dovoljno) zastupljeni u projektnom procesu.

*Ad 3) "Što je to pogrešno u procesu projektovanja, što dovodi do nastajanja nesigurnih točaka?"*

Odgovori na prva dva pitanja daju dovoljno informacija da se može dati odgovor i na ovo pitanje.

Projektiranje cesta je integralan proces u kojim je prometna sigurnost aspekt koji bi po načelima održive prometne sigurnosti trebao dominirati. Nažalost, aspekt prometne sigurnosti je sadržan samo u manjem broju projektnih parametara, a *human factors* još uvijek nisu eksplicitno definirani u smjernicama za projektiranje. Ovakva situacija ostavlja dovoljno prostora u projektnom procesu za stvaranje nesigurnih točaka u projektu, koje nakon realizacije mogu dovesti do nesreća s neželjenim teškim posljedicama.

Smjernice koje propisuje Direktiva 2008/96/EV Evropskog parlamenta i Vijeća o sigurnosti cestovne infrastrukture<sup>7</sup> (RSIA, RSA, RSI) omogućavaju nam da rizične situacije inventiramo i korigiramo ili kompenziramo. Situacija se time poboljšava, ali ostaje taj problem da projektant u projektnom procesu nije svjestan da treba voditi računa o potrebama sudionika prometu, jer ga na to ne primorava niti jedna procedura iz smjernica i/ili pravilnika.

<sup>4</sup> SWOV (2017). Principes voor veilig wegontwerp. SWOV-factsheet, november 2017. Den Haag.

<sup>5</sup> The National Cooperative Highway Research Program Report 600 Human Factors Guidelines for Road Systems, Second Edition, 2012, United States.

<sup>6</sup> PIARC, 2016

<sup>7</sup> Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on Road Infrastructure Safety Management (RISM)

## 5 INSTRUMENTI ZA KONTROLU PROMETNE SIGURNOSTI U PROJEKTU

Prometna sigurnost i protok prometa jesu dva osnovna cilja Ministarstva pri realizaciji infrastrukturnih projekata u Nizozemskoj, pri čemu je prometna sigurnost prioritet broj 1!

Da bi se stvorili uvjeti za realizaciju prometno sigurnih projekata, a na osnovu provedenih analiza smjernica za projektovanje, nizozemsko Ministarstvo za Infrastrukturu je razvilo i propisalo primjenu tzv. "VOA-metodologije" za kontrolu i jamčenje prometne sigurnosti u projektima autocesta (**VOA-Verkeersveiligheid Ontwerp Autosnelwegen**). Primjena VOA-metodologije u projektima jamči integralnost i zahtijevanu razinu prometne sigurnosti u projektiranju.

### 5.1 Pravilnik za Prometnu sigurnost na (auto)cestama

VOA-metodologija pozicionirana je kao sastavni dio nove verzije dopunjenog i izmijenjenog *Pravilniku za Prometnu sigurnost na (auto)cestama* (*Kader Verkeersveiligheid v.2.0, 2017*)<sup>8</sup>.

Ovaj pravilnik je akt kojim se nizozemska vizija održive prometne sigurnosti operativno provodi u djelo. Pravilnik sadrži procedure RISM Direktive o sigurnosti cestovne infrastrukture, koje su prerađene u interne smjernice, kao i dodatne instrumente za kontrolu prometne sigurnosti u projektima (VOA-metodologija), koji omogućavaju da se prometni sustavi mogu projektirati kao trajno sigurni sustavi po mjeri čovjeka, kako to i propisuje *Vizija održive prometne sigurnosti*.

### 5.2 VOA-metodologija

VOA-metodologija je proaktivni instrument usmjeren na sprječavanje nastanka nesigurnih točaka, odnosno rizika prometne sigurnosti u projektu. Primjena smjernice je obavezna za sve projekte na koje se odnosi RISM direktiva, a koristi se kao kontrolni instrument čija primjena prethodi provođenju neke od procedura RISM direktive. Cilj primjene VOA-metodologije jest da se potencijalni rizici, još u fazi projektovanja, inventariziraju i eliminiraju ili bar kompenziraju kako bi se zadovoljio potrebni nivo prometne sigurnosti u projektu. VOA-metodologija podrazumijeva dvije analize:

- "Human Factors analiza", za identifikaciju rizika u projektu gledano iz perspektive vozača i
- "Analizu Rizika", za procjenu stepena inventarisanih rizika

#### 5.2.1 Human Factors analiza

*Human Factors* analiza je kvalitativna metodologija identifikacije nesigurnih točaka odnosno *rizika prometne sigurnosti* u projektu.

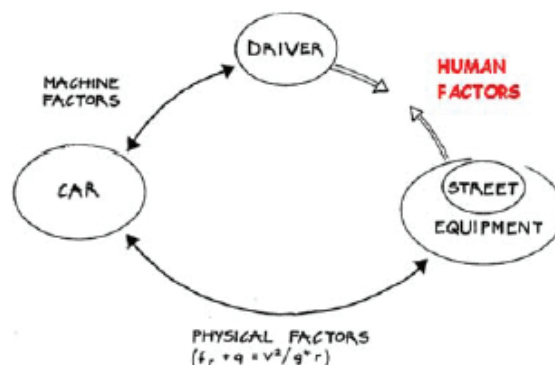
*Human factors* (ljudski faktori) su nezaobilazni faktori koje treba uzeti u obzir pri određivanju mjera (projektiranju) trajno sigurnog prometnog sustava, sve sa ciljem da se čovjek sa svojim kapacitetima i ograničenjima na pravilan način smjesti u svoje okruženje (infrastrukturu), kako bi mogao ispravno a time i sigurno koristiti infrastrukturu.

Pod pojmom *human factors* podrazumijevaju se faktori ponašanja vozača koji su od utjecaja na prometni proces. Načelno se radi o međusobnim utjecajima čovjeka (u ovom slučaju vozača) i ceste i okoline ceste. To mogu biti direktni utjecaji, koji proizilaze iz konkretnog ponašanja u prometu ili indirektni utjecaji, izraženi preko mišljenja (stava) o aspektima prometnog sustava. To s jedne strane može biti subjektivni doživljaj infrastrukture, a s druge strane izvođenje konkretnih rutinskih radnji u različitim prometnim situacijama.

Aktualna istraživanja<sup>9</sup> pokazuju da edukacija vozača i pružanje raznovrsnih informacija imaju ograničen efekt na promjenu ponašanja vozača. Stoga je pri promatranju prometnog sustava neophodno da se komponenti 'vozač' uz fizičke karakteristike doda i *human factors* kako bi se prometni sustav mogao projektirati kao trajno siguran sustav po mjeri čovjeka<sup>10</sup>.

#### 5.2.2 Human Factors i trajno sigurna infrastruktura

Postoje različiti teoretski modeli<sup>11</sup> koji opisuju ponašanje vozača. Jedan od tih modela jest i PIARC model.



slika 5. PIARC model prometnog sustava (PIARC, 2009)

<sup>8</sup> Kader verkeersveiligheid v.2.0, Rijkswaterstaat, april 2017 (Dutch Road Safety Framework v.2.0)

<sup>9</sup> Theeuwens e.a. 2012

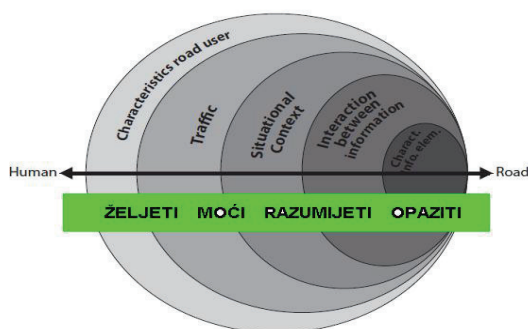
<sup>10</sup> Wageman & Aarts, 2005

<sup>11</sup> Renev 1994, PIARC 2005, Schepers 2012



U biti osnova svih *human factors* modela jest čovjek, u ovom slučaju vozač i njegovo ponašanje u prometu. U prometnom sustavu vozač-vozilo-infrastruktura je ponašanje vozača definirano *human factors* načelima kao relacija između vozača i infrastrukture. Karakteristike infrastrukture vozač doživljava kao informaciju o cesti i/ili okolini i prema toj informaciji određuje svoje ponašanje. Zbog toga karakteristike infrastrukture moraju biti takve da vozaču pružaju pravovremenu, potpunu i nedvosmislenu informaciju. Da bi se definiralo poželjno ponašanje vozača u prometu neophodno je projektno rješenje promatrati u četiri situacije u relaciji između vozača i infrastrukture, te dati odgovore na pitanja koja opisuju te četiri situacije. Situacije koje definiraju *human factors* principe jesu sljedeće:

1. Opaža li vozač ono što treba opaziti i posvećuje li tome dovoljno pažnje (OPAZITI),
2. Razumije li vozač što se od njega očekuje i kako se treba ponašati (RAZUMIJETI),
3. Može li se vozač ponašati onako kako se od njega očekuje (MOĆI) i
4. Želi li vozač primijeniti to očekivano ponašanje (ŽELJETI).



slika 6. HF načela (J.Theeuwes e.a., *Designing Safe Road System*, 2013)

Da bi se iz prometnog sustava vozač-vozilo-infrastruktura izdvojili principi koji definišu prometnu sigurnost neophodno je gore navedenim principima: opaziti, razumijeti, moći i željeti dodati još princip očekivane odnosno prepoznatljive situacije što je *karakteristika samog vozača*. Time se dobija i sljedeće peto pitanje:

5. Da li je projektna ili prometna situacija za vozača očekivana situacija (OČEKIVANA SITUACIJA),

Ako se na svako od gore navedenih pitanja može dati potvrđan odgovor, onda se može konstatovati da projektno rješenje (infrastruktura) vodi računa o vozaču za koga je i namijenjeno, čime je vjerovatnoća da će nastati nesigurne situacije svedena na minimum!

Navedena *human factors* načela osnovni su indikatori prometne sigurnosti mjerodavni za "**projektiranje ceste po mjeri čovjeka**".

### 5.2.3 Analiza rizika

*Analiza rizika* je kvalitativna metodologija procjenu stepena *rizika prometne sigurnosti* u projektu. Metodologija je bazirana na specifičnoj matrici rizika definiranoj u *Pravilniku za Prometnu sigurnost na (auto)cestama* (v.2.0, 2017). Matrica rizika je instrument pomoću kojega se rizici klasificiraju. Vrijednost matrice rizika je u tome što omogućava definiranje potrebe i forme mjera za poboljšanje. Stupanj rizika se određuje na osnovu mogućnosti za nastanak rizika i mogućim posljedicama, a kodira se, odnosno izražava u tri boje:

- Umjereni rizik
- Ozbiljan rizik
- Veoma ozbiljan rizik

Značenje kodova je prikazano u matrici rizika.

| Kategorija            | Učestalost<br>Posljedice               | a. Ne često<br>Dogodit će se manje od 1<br>puta godišnje | b. Redovno<br>Dogodit će se najmanje 1<br>put godišnje | c. Često<br>Dogodit će se nekoliko<br>puta godišnje |
|-----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. Umjereni rizik     | Ozljede<br>Materijalna šteta           |                                                          |                                                        |                                                     |
| 2. Visoki rizik       | Ozbiljne ozljede<br>Velika oštećenja   |                                                          |                                                        |                                                     |
| 3. Veoma visoki rizik | Vrlo ozbiljne ozljede<br>Smrtni slučaj |                                                          |                                                        |                                                     |

slika 7. Matrica rizika (Pravilnik za Prometnu sigurnost na (auto)cestama (v.2.0, 2017))

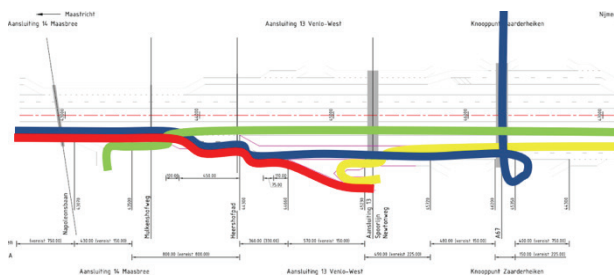
### 5.3 Primjena VOA-metodologije

VOA-metodologija se primjenjuje tako da se za neku projektnu situaciju kreira shema svih mogućih trasa kretanja. Zatim se za svaki smjer napravi vožnja po toj trasi. U fazi projektiranja je to fiktivna (zamišljena) vožnja trasom, a za kontrolu projektnih elemenata postojeće ceste provodi se stvarna vožnja i pravi video snimak. Video snimak se zatim koristi za kontrolu projektnih elemenata.

Kretanjem po trasi projektant promatra trasu i elemente trase integralno s pozicije vozača testirajući projektne elemente po *Human Factors* načelima.



Slika 8. Projektna situacija



Slika 9. Šema smjerova testiranja HF principa u datoj projektnoj situaciji

Ukoliko je u promatranoj situaciji prisutan jedan ili više indikatora potrebno je definirati nesigurnu situaciju i formulirati pripadajući rizik korištenjem matrice rizika.

Klasifikacija rizika u tri kategorije u relaciji je sa vizijom održive prometne sigurnosti koja je usmjeren ka sprječavanju nastanka nesreća s teškim povredama i smrtnim posljedicama. To znači da su svi ustanovljeni rizici iz kategorija “ozbiljan rizik” i “veoma ozbiljan rizik” neprihvatljivi u nekom projektu i moraju se rješavati s najvećim prioritetom.

Rezultati dobijeni analizom prema VOA-metodologiji ulazni su parametar za *cost-benefit* analizu mjera poboljšanja. Provođenje *cost-benefit* analize je također definirano u *Pravilniku za Prometnu sigurnost na (auto)cestama* (v.2.0, 2017).

## 6 ZAKLJUČAK

VOA-metodologije je testirana na primjerima kompleksnih projekata kao što su A2 Maastricht, II Coentunnel, Zuidasdonk, ...<sup>12</sup> i došlo se do sljedećeg zaključka.

Primjena VOA-metodologije omogućava da se rizici prometne sigurnosti još u fazi projektiranja inventariziraju i eksplicitno prikažu, da se primjenom mjera poboljšanja ti rizici eliminiraju ili bar kompenziraju kako bi se zadovoljila potrebna razina prometne sigurnosti u projektu.

VOA-metodologija popunjava u ovom trenutku prisutnu prazninu u smjernicama za projektiranje s obzirom na nedostajuću komponentu *human factors*.

U Pravilniku uspostavljene smjernice i VOA-metodologija za prometnu sigurnost nizozemski su instrumenti koji jamče prometnu sigurnost u svim fazama i vrstama projekta.

## LITERATURA

- [1] DIRECTIVE 2008/96/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 November 2008, on road infrastructure safety management
  - [2] Kenjić, Z. 2010. FRAMEWORK CONDITIONS FOR IMPLEMENTATION OF THE EUROPEAN DIRECTIVE ON ROAD INFRASTRUCTURE SAFETY MANAGEMENT, 1st Conference on Road Infrastructure Safety Management (Directive 2008/96/EC). Sarajevo 15/16.04.2010.
  - [3] Schermers; Kenjić; Moning and van der Drift, 2010. Incorporating road safety requirements in the tender and contracting stages of the design and build phases of road infrastructure projects in the Netherlands, International Symposium on Highway Geometric Design, Valencia 2010
  - [4] Kenjić, Z. 2010. SAFETY ROAD DESIGN, 3rd Congress on Roads, Sarajevo 20/21.09. 2012.
  - [5] Kenjić, Z. 2010. Preparing road safety manuals, Co-Author of the Road Safety training for Auditors, National Road Administration in Slovenia, 2010
  - [6] Kenjić, Z. 2013. Co-author, VOA-Guideline Traffic Safety for Road Design/Defining road safety demands for road design, International Cooperation on Theories and Concept in Traffic Safety- ICTCT Workshop in Maribor, Slovenia, oct. 2013
  - [7] Kenjić Z, 2013. Co-author; Strokovne podlage za izdelavo slovenskih smernic za prometno varno načrtovanje cestne infrastrukture, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, Direkcija Republike Slovenije za ceste, sept. 2013
  - [8] Kenjić, Z. 2016. ASSURANCE OF ROAD SAFETY IN A PROJECT BY IMPLEMENTATION OF RSA AND HUMAN FACTORS ANALYSIS, 5th B&H Congress on Roads, Sarajevo sept.2016.
  - [9] Kader verkeersveiligheid 2.0 (Dutch Road Safety Framework 2.0), Rijkswaterstaat, april 2017
  - [10] Kenjić, Z. 2018. Determining effectiveness of a Road Safety Audit – The Dutch experience.
14. SLOVENSKI KONGRES O PROMETU IN PROMETNI INFRASTRUKTURI, Portorož, okt. 2018

<sup>12</sup> <https://www.rijkswaterstaat.nl>

# Asfaltne kolovozne konstrukcije kod raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja u Njemačkoj i Austriji

Kerim Hrapović

EUR ING Bmstr. Dipl.-Ing., Austrija, [kerim.hrapovic@aon.at](mailto:kerim.hrapovic@aon.at)

## Apstrakt

Vožnjom u kružnom saobraćajnom toku javljaju se tangencijalna (smičuća) opterećenja na kolovoz kružne raskrsnice (sl.1). Ova tangencijalna opterećenja na kolovoz dodatno se povećavaju malim radijusima kružnog podionika kao i povećanjem brzine vožnje kroz kružnu raskrsnicu.



*Slika 1. Tangencijalna (smičuća) opterećenja koja djeluju na kolovoz kružne raskrsnice Izvor: Hrapović K. 06.11.2015*

Velike smičuće napone (tangencijalno opterećenje asfaltnog kolovoza) uslijed dejstva saobraćaja na kolovozu kružnog toka kružne raskrsnice treba „prihvatiti“ tako da ne dolazi do oštećenja kolovoza i to pravilnim planiranjem putne konstrukcije kao i izborom odgovarajućih građevinskih materijala. Pri tome je potrebno povećati razred građevinskih materijala na naredni, viši saobraćajni razred od računski dobijenog.

Kod mini-kružnih raskrsnica (kružne raskrsnice sa prečnikom upisane kružnice od 13 m do 22 m [1]) se prilikom prolaska teretnih vozila može čak desiti da dodje i do torzionog opterećenja - okretanja točka u mjestu. Zbog svih tih faktora izuzetno je važan pravilan izbor asfaltne kolovozne konstrukcije kružne raskrsnice.



## Ključne riječi

Kružne raskrsnice, asfaltna kolovozna konstrukcija, izvodjenje, modificirani bitumen

## Asphalt pavement structures at roundabout intersections in Germany and Austria

By driving in a roundabout, tangential (shear) loads occur on the pavement at a roundabout (Fig. 1). These tangential loads on the pavement are further increased by the small radii of the roundabout, as well as by the increase in the speed of travel through the roundabout.

High shear stresses (tangential load on the asphalt pavement) due to the traffic on the pavement at the roundabout should be "accepted" so that no damage to the pavement occurs and proper care should be taken in the planning of the road structure and the selection of appropriate construction materials. It is necessary to increase the quality of building materials to the next, higher traffic quality than the calculated one.

In the case of mini-roundabouts (roundabouts with a circumference of between 13 m and 22 m [1]), even torsional loads can occur during the passage of freight vehicles - turning of the wheels in place. Because of all these factors, the right choice of the asphalt pavement at a roundabout is extremely important.

### Keywords

Roundabouts, asphalt pavement construction, construction, modified bitumen

## Key words

Roundabouts, asphalt pavement, performances, modified bitumen

## Njemačke preporuke za asfaltnu kolovoznu konstrukciju kružnih raskrsnica

Na osnovu preporuka za pravilnu izgradnju kružnih raskrsnica datih od strane **FGSV=Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen** (Istraživačko društvo za puteve i saobraćaj Njemačke) a proisteklih iz analize oštećenja asfaltnog kolovoza kružnih raskrsnica, za kružne raskrsnice se preporučuju slijedeće sorte asfalta "[2] Karcher C., Root V. 2011":

Noseći sloj asfalta AC 32 T S sa bitumenom 30/45

Vezni sloj asfalta AC 16 B S sa bitumenom 25/55-55

Habajući sloj asfalta AC 11 D S – Sp sa bitumenom 25/55-55

### Objašnjenje:

**AC** = Asphaltbeton (Asphalt Concrete) = sitnozrni asfaltni betoni veličine zrna:

**11** = max. veličina zrna agregata 11 mm

**16** = max. veličina zrna agregata 16 mm

**32** = max. veličina zrna agregata 32 mm

**D** = habajući sloj asfalta (zastor)

**B** = vezni sloj asfalta

**T** = noseći sloj asfalta

**S** = posebno opterećenje

**Sp** = asfaltni beton sa velikom količinom kamene sitneži („stone“ engl., „Splitt“ njem.)

**25/55-55** = bitumen penetracije između 25 i 55 sa tačkom omekšavanja od min. 55 °C po opitu sa prstenom i kuglicom (PK)

**30/45** = bitumen penetracije između 30 i 45

**SMA** = Splittmastixasphalt (Stone Mastic Asphalt) = skeletni-mastiks-asfalt granulacije npr. 0/11 mm i debljine u zbijenom stanju npr. 4,0 cm (asfaltni beton sa šplit-mastiksom granulacije 0/11 mm)

**Splitt** = šplit; plemenita kamena sitnež dobijena višestrukim drobljenjem i oslobođena prašine („Stone“ engl.)

Na osnovu analize oštećenja kružnih raskrsnica u vezi ugradnje asfalta prema njemačkim smjernicama i propisima preporučuje se slijedeće "[2] Karcher C., Root V.":

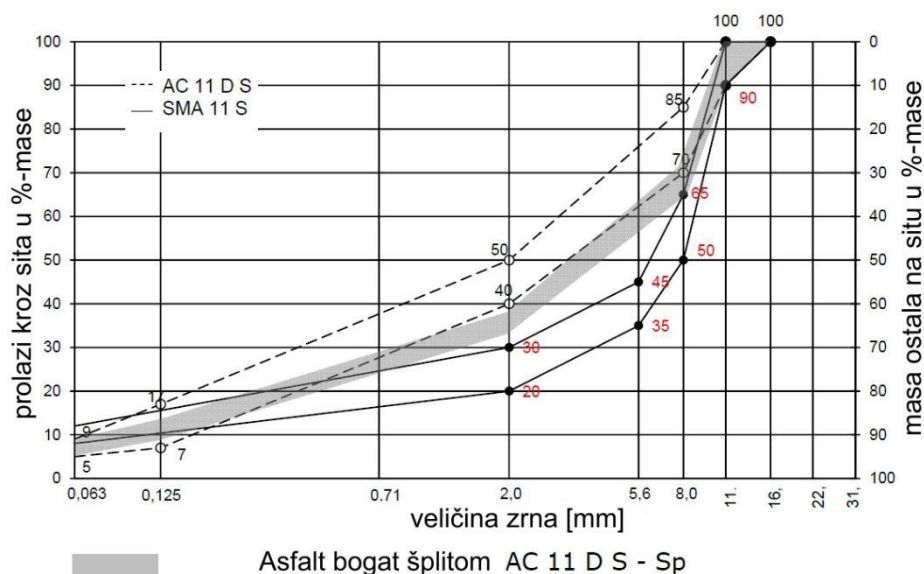
- a) napraviti plan ugradnje asfalta kao i plan finišera.
- b) izbjegavati ručnu ugradnju koliko je to moguće.
- c) izbjegavati podužnu radnu spojnicu asfalta u samom kružnom kolovozu; po mogućnosti ugraditi asfalt preko čitave širine kolovoza kružnog toga i to bez radnih spojnica.
- d) izbjegavati koliko je god moguće izgradnju kružnih raskrsnica pod tekućim saobraćajem.
- e) izbjegavati situiranje šibera za vodu ili gas kao i šahtova na samom kolovozu kružnog toka.
- f) primjenjivati tvrde vrste bitumena npr. polimerom-modifikovani bitumen PmB
- g) ne upotrebljavati skeletni-mastiks-asfalt (SMA) kao habajući sloj kod kružnih raskrsnica!

Umjesto SMA-asfalta, za habajući sloj asfaltne kolovozne konstrukcije kod raskrsnica sa kružnim tokom kružnog saobraćaja prema njemačkim smjernicama preporučuje se slijedeći asfalt bogat kamenom sitneži tzv. „šplitom“ („Splitt“ njem., „Stone“ engl. = plemenita kamena sitnež dobijena višestrukim drobljenjem i oslobođena prašine):

### **AC 11 D S-Sp**

Tehničke karakteristike ove asfaltne sorte su:

- veoma veliki sadržaj šplita sa velikim procentom lomljene površine zrna agregata (sl.2, tabela 1).
- optimalna količina veziva bitumenom obavijene mineralne mješavine („maltera“) sa velikom čvrstoćom (krutošću) mješavine



Slika 2. Granulometrijski sastav asfaltnih mješavina: asfalt bogat kamenom sitneži AC11 D S (označen isprekidanom linijom) kao i šplit-mastiks-asfalt SMA 11 S (označen punom linijom)

Izvor: [2] Karcher C., Root V. 2011

| gradjevinski materijali                                                                                                                        | jedinica mjere          | uslovi                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| zrna agregata                                                                                                                                  | –                       | gruba zrna agregata, fina drobljena zrna agregata, krečnjački filer (kamenno brašno) |
| udio drobljenih zrna                                                                                                                           | –                       | min. C <sub>95/1</sub><br>udio potpuno drobljenih zrna min. 60 %-mase                |
| najmanji udio finih zrna agregata Ecs35                                                                                                        | %                       | 100                                                                                  |
| otpornost protiv sitnjenja pri udaru                                                                                                           | –                       | SZ <sub>18</sub> /LA <sub>20</sub>                                                   |
| otpornost protiv habanja PSV                                                                                                                   | –                       | 51                                                                                   |
| vezivo, vrsta i sorta veziva                                                                                                                   | –                       | 25/55-55 A ili tvrdji bitumen                                                        |
| <b>mješavina zrna agregata</b>                                                                                                                 |                         |                                                                                      |
| udio grubih zrna agregata                                                                                                                      | M.-%                    | cilj: 65                                                                             |
| <b>asfaltna mješavina</b>                                                                                                                      |                         |                                                                                      |
| udio šupljina ispunjenih vazduhom MPK                                                                                                          | Vol.-%                  | 2,5 do 3,5                                                                           |
| veličina deformacije asfaltnog cilindričnog uzorka pod dejstvom pritiska i toplote prema TP A-StB, Dio 25B sa $\delta o = 0,35 \text{ N/mm}^2$ | $10^{-4} \text{ } \%/n$ | $\leq 3$                                                                             |
| <b>sloj</b>                                                                                                                                    |                         |                                                                                      |
| debljina ugradjivanja                                                                                                                          | cm                      | 3,5 do 4,0                                                                           |
| sadržaj šupljina u cilindričnom uzorku asfalta                                                                                                 | Vol.-%                  | 2,5 do 4,5                                                                           |

Tabela 1. Tehničke karakteristike asfaltna mješavine bogate kamenom sitneži: AC 11 D S – Sp Izvor: [2] Karcher C., Root V.

Osobine asfaltne sorte AC 11 D S-Sp su:

- veoma velika čvrstoća na smicanje
- dobra obradljivost (ugradljivost) asfaltne mješavine
- smanjena osjetljivost na temperaturu
- veoma veliki koeficijent unutrašnjeg trenja zrna agregata



FGSV je marta 2019 izdao nova pravila za ovaj asfalt bogat kamenom sitneži: radni list **AP AC D SP** - Arbeitspapier für die Planung und Ausführung von Asphaltdeckschichten aus splittreichem Asphaltbeton für den Einsatz in Verkehrsflächen mit besonderen Beanspruchungen, Erstelldatum: 13.03.2019 (=radni list za planiranje i izvodjenje asfaltnih habajućih slojeva od asfalta bogatog kamenom sitneži za upotrebu kod saobraćajnih površina sa posebnim opterećenjima, datum izdavanja 13.03.2019).

U tabeli 2, adaptiranoj od strane autora, date su karakteristike za ovaj asfalt bogat kamenom sitneži i to prema radnom listu AP AC 11 D SP [10] za planiranje i izvodjenje asfaltnih habajućih slojeva od asfalta bogatog kamenom sitneži za upotrebu kod saobraćajnih površina sa posebnim opterećenjima (mart 2019), dalje prema literaturi [2] Karcher C., Root V. (2011) Asphalt auf Kreisverkehren und anderen hochbelasteten Flächen (DAV – Deutscher Asphaltverband, Informationsveranstaltung 2011, Vortrag) kao i jedan primjer za ovu mješavinu prema asfaltnoj laboratoriji firme Max Bögl Stiftung & Co.KG: Leistungserklärung für 19S0785 AC 11 D SP 25/55-55 A, Asphaltmischwerk: Sengenthal 06.12.2019 [11].

Oštroivični agregat tačno definisane granulometrijske krive sa velikim udjelom drobljenih zrna agregata (više od 95% mase) i velikim udjelom potpuno drobljenih zrna agregata (više od 60% mase) koji je obuhvaćen u visoko viskoznom asfaltnom malteru sa velikom moći lijepljenja, omogućava ovoj asfaltnoj sorti AC 11 D SP veliku otpornost prema naponima smicanja i torzije koji se javljaju na površini kolovoza kružnih raskrsnica prilikom prolaska vozila na njima.

|                                                     |                         |                      |                           |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| Sadržaj bitumena prema početnom tipskom ispitivanju | 5,7 M.-%                |                      | B <sub>min</sub> 6,0 M.-% |
| <b>GRANULOMETRIJSKI SASTAV</b>                      | <b>primjer [11]</b>     | <b>dav 2011 [2]</b>  | <b>AP 2019</b>            |
| Prolazak kroz sito 16 mm                            | 100 M.-%                | 100 M.-%             | 100 M.-%                  |
| Prolazak kroz sito 11,2 mm                          | 98 M.-%                 | 90-100 M.-%          | 90-100 M.-%               |
| Prolazak kroz sito 8 mm                             | 75 M.-%                 | 70-85 M.-%           | 70-80 M.-%                |
| Prolazak kroz sito 5,6 mm                           | 58 M.-%                 | nije definisan       | 50-60 M.-%                |
| Prolazak kroz sito 2 mm                             | 37 M.-%                 | 40-50 M.-%           | 35-40 M.-%                |
| Prolazak kroz sito 0,125 mm                         | 10 M.-%                 | 7-17 M.-%            | 9-15 M.-%                 |
| Prolazak kroz sito 0,063 mm                         | 7,7 M.-%                | 5-7 M.-%             | 6-10 M.-%                 |
| Temperatura asfaltne mješavine                      | T <sub>min</sub> 150 °C |                      |                           |
|                                                     | T <sub>max</sub> 190 °C |                      |                           |
| Minimalna zapremina šupljina MPK                    | V <sub>min</sub> 1,5    | V <sub>min</sub> 2,5 | V <sub>min</sub> 2,5      |
| Maximalna zapremina šupljina MPK                    | V <sub>max</sub> 4,5    | V <sub>max</sub> 3,5 | V <sub>max</sub> 3,5      |

Tabela 2. Primjer asfalta bogatog kamenom sitneži AC11 D SP, tabela adaptirana od strane autora, Izvor: [2, 10, 11]

Prema tom novom radnom listu asfalt za kružne raskrsnice AC11 D SP se proizvodi **isključivo sa polimerom modifikovanim bitumenom** sorti 10/40-65 A ili 25/55-55 A.

Dodavanjem polimera tj. odgovarajuće plastike bitumenu za puteve, bitno se poboljšavaju kako reološke osobine tako i plastično ponašanje konvencionalnih bitumena i to:

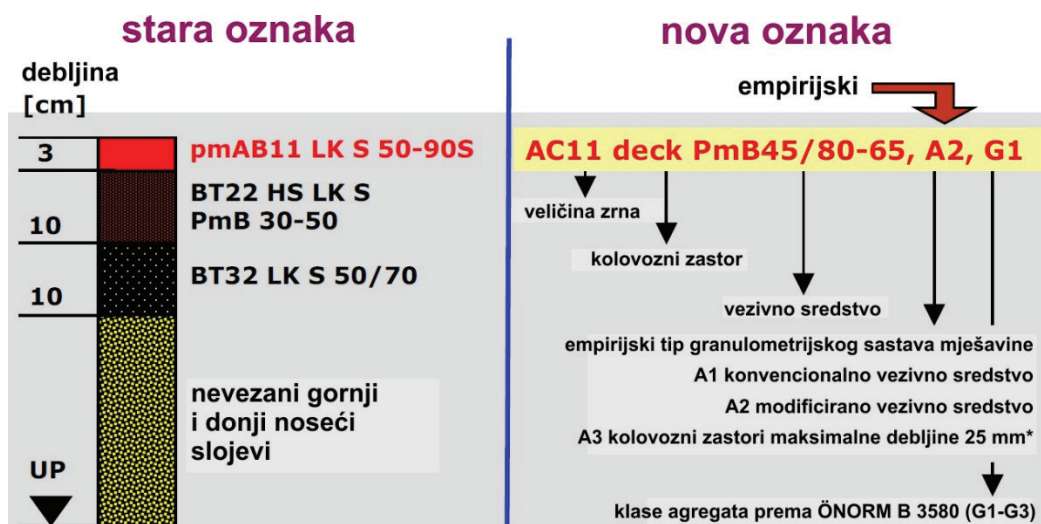
- Polimerni bitumeni imaju znatno višu tačku razmekšavanja (opit prstenom i kuglicom) nego konvencionalni bitumeni pri istoj penetraciji.
- Uslijed više tačke razmekšavanja bitumena pri konstantnoj ili lako sniženoj tački loma dobija se veći raspon plastičnosti. Polimerni bitumeni bez problema dostižu tačku razmekšavanja po opitu sa prstenom i kuglicom od 70°C i više a i u područjima niskih temperatura su u odnosu na normalne bitumene daleko u prednosti. To praktično znači da polimerni bitumeni imaju konstantno dobro ili čak poboljšano ponašanje što se tiče nastajanja pukotina pri niskim temperaturama a što prouzrokuje smanjenje deformacije.
- Termoplasti povećavaju viskozitet a time i krutost bitumena, šta se može negativno odraziti na ponašanje bitumena pri niskim temperaturama. Iz toga razloga potrebno je prilikom polimerizacije bitumena pored termoplasta dodavati i elastomere čime se dobijaju viskoelastični bitumeni.
- Visoka temperatura razmekšavanja bitumena i njegove elastične osobine imaju za posljedicu dobru otpornost bitumena na deformacije. Deformacije bitumena se stoga u velikoj mjeri i za kratko vrijeme vraćaju (vidi opit „povratne elastične deformacije prema evropskoj normi EN 13398“).
- Isto tako uslijed gore navedenih dodataka prilikom polimerizacije bitumena, dokazano je da polimerni bitumeni sporije stare od konvencionalnih bitumena.

### **Austrijske preporuke za asfaltnu kolovoznu konstrukciju kružnih raskrsnica**

Prema empirijskim preporukama u predjelu kružne raskrsnice na pokrajinskim magistralama u Austriji preporučuje se slijedeći sastav putne konstrukcije (sl.3):

3 cm AC11 deck PmB 45/80-65 A2,G1,LA15 (habajući sloj asfalta)  
10 cm AC32 binder PmB 25/55 – 55 H1,G4 (vezni sloj asfalta)  
10 cm AC32 binder PmB 25/55 – 55 H1,G4 (noseći sloj asfalta)  
20 cm nevezani gornji noseći sloj, max. 0/45, C90/3  
30 cm nevezani donji noseći sloj 0/63  
filc  
=====

Ukupna debljina kolovozne konstrukcije kružne raskrsnice iznosi 73 cm.



Slika 3. Tumačenje oznaka asfaltne mješavine po empirijskim zahtjevima važećim u Austriji  
Izvor: [3] Blab R.

### Objašnjenje:

#### 3 cm AC11 deck PmB 45/80-65 A2, G1, LA15:

**3 cm** = debljina asfaltnog sloja u zbijenom stanju iznosi 3 cm

**AC11** = Asphaltbeton (Asphalt Concrete) = sitnozrni asfaltni beton maksimalne veličine zrna agregata 11 mm:

**11** = Größtkorn 11 = max. veličina zrna agregata 11 mm

**deck** = Deckschichte = habajući sloj asfalta (zastor)

**PmB 45/80-65** = Polymermodifiziertes Bitumen = polimerom modificirani bitumen penetracije između 45 i 80 sa tačkom omekšavanja od min. 65 °C po opitu sa prstenom i kuglicom (PK)

**A2** = Sieblinientyp empirisch (A1, A2 & A3) = empirijski tip A2 granulometrijskog sastava asfaltne mješavine sa modificiranim veznim sredstvom

**G1** = klasa agregata asfaltne mješavine prema austrijskoj normi ÖNORM B 3580 za slojeve preko kojih se direktno vozi i kod kojih se moraju ispuniti zahtjevi za hvatljivost kolovoznih zastora

**LA15** = Los Angeles – koeficijent

#### 10 cm AC32 binder PmB 25/55-55 H1, G4:

**10 cm** = debljina asfaltnog sloja u zbijenom stanju iznosi 10 cm

**AC32** = Asphaltbeton (Asphalt Concrete) = krupnozrni asfaltni beton maksimalne veličine zrna agregata 32 mm:

**binder** = Binderschichte = vezni sloj asfalta

**PmB 25/55-55** = Polymermodifiziertes Bitumen = polimerom modificirani bitumen penetracije između 25 i 55 sa tačkom omekšavanja od min. 55 °C po opitu sa prstenom i kuglicom (PK).

**H1** = Sieblinientyp empirisch (H1 & H2) = empirijski tip H1 granulometrijskog sastava asfaltne mješavine sa svim vrstama veznih sredstava.

**G4** = klasa agregata asfaltne mješavine prema austrijskoj normi ÖNORM B 3580 za asfaltni sloj po kome se direktno ne vozi (noseći sloj).

**20 cm** ungebundene obere Tragschicht, max 0/45, C90/3 = nevezani gornji noseći sloj debljine u zbijenom stanju 20 cm, granulacije zrna agregata 0/45 mm.



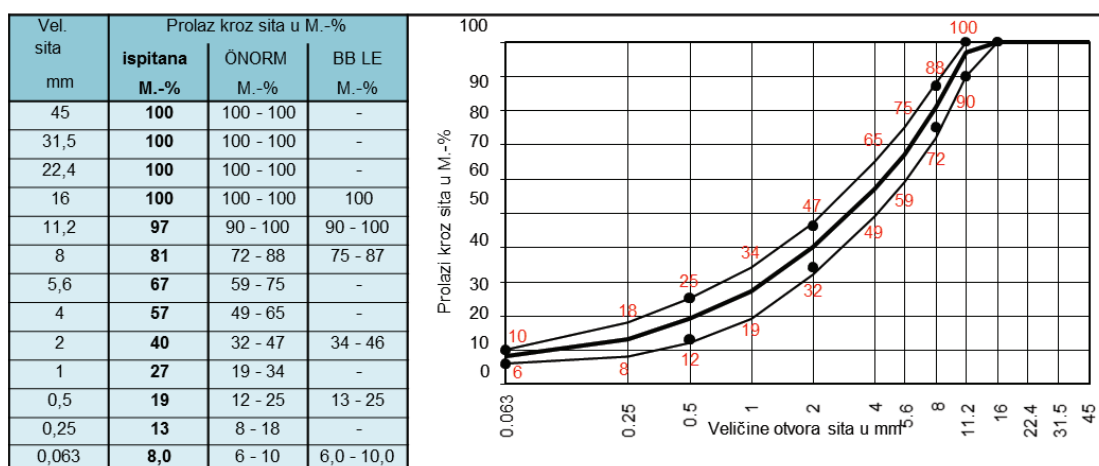
**C90/3** = oznaka za agregat prema austrijskim normama ÖNORM EN 13043 i ÖNORM B 3130 sa > 90% drobljenih zrna i samo sa < 3% potpuno okruglih zrna agregata.

**30 cm** ungebundene untere Tragschicht 0/63 = nevezani donji noseći sloj debljine u zbijenom stanju 30 cm, granulacije zrna agregata 0/63 mm.

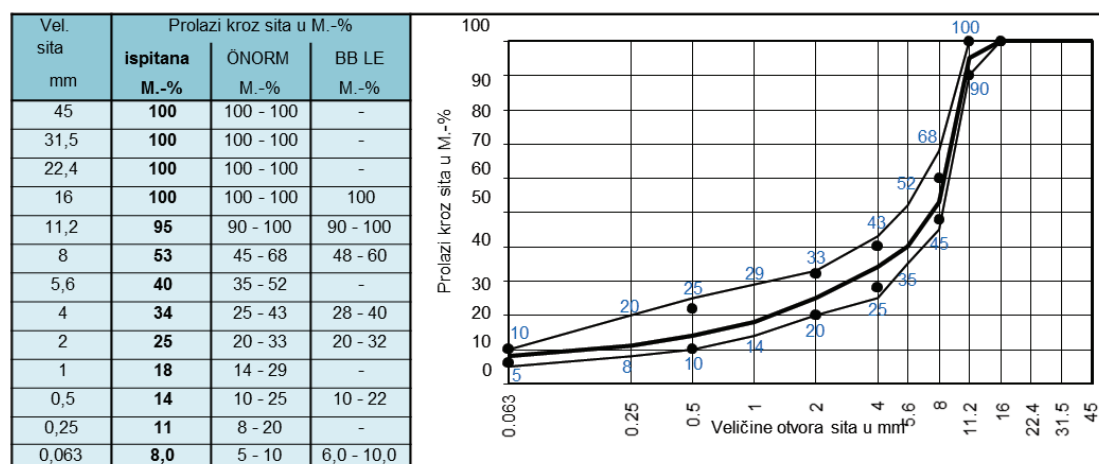
Osnovni empirijski zahtjevi za asfaltnu mješavinu AC11 deck PmB 45/80-65 A2, G1, LA15 prema austrijskim smjernicama su:

- minimalni sadržaj veznog sredstva iznosi 3%-mase
- raspodjela zrna agregata vrši se kroz slijedećih šest sita (0,063-0,5-2-8-11-16)
- ukupna zapremina šupljina mineralne mješavine iznosi od  $V_{\min} = 2\%$  do  $V_{\max} = 4\%$  po zapremini
- minimalna  $T_{\min} = +150^{\circ}\text{C}$  i maksimalna  $T_{\max} = +190^{\circ}\text{C}$  temperatura mješanja ovog asfaltnog-betona
- otpornost asfaltna mješavine na deformacije tj. maksimalna proporcionalna dubina kolotraga prema evropskom standardu EN 12697-22:  $\text{PRD}_{\text{vazduh}} = 7\%$

Na slici 4 vidimo direktno poredjenje granulometrijskih sastava asfaltnih mješavina AC11 deck PmB 45/80-65 A2,G1 i SMA 11 PmB 45/80-65,S2,GS prema austrijskoj asfaltnoj laboratoriji Bautech Labor GmbH [4].



AC11 deck PmB  
45/80-65 A2,G1

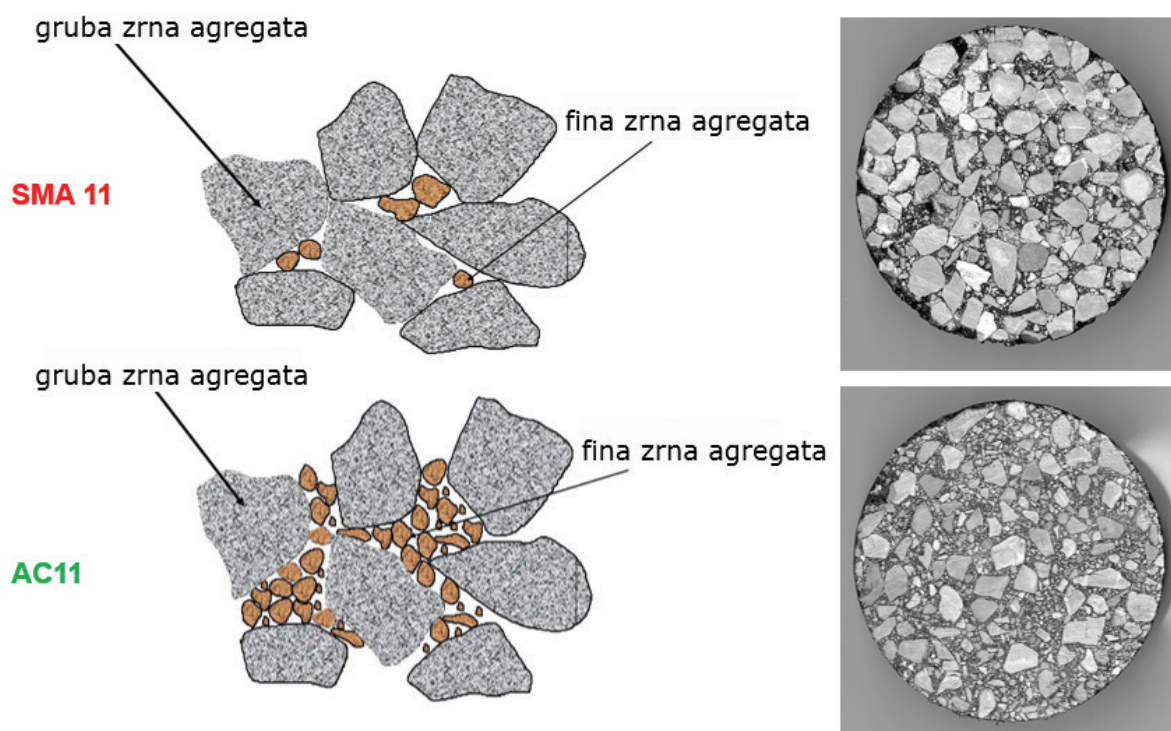


SMA 11 PmB  
45/80-65,S2,GS

Slika 4. Direktno poredjenje granulometrijskih sastava asfaltnih mješavina AC11 deck PmB 45/80-65 A2,G1 i SMA 11 PmB 45/80-65 Izvor: [4] Bautech Labor GmbH

Kao što se vidi na slici 4, slično njemačkim mješavinama i u Austriji asfaltna mješavina AC 11 deck PmB sadrži više sitnih zrna agregata nego SMA 11 PmB: npr. kroz sito od 2 mm frakcija agregata kod SMA 11-asfalta prolazi samo 20-33 M% (u Njemačkoj 20-30 M%), a kod AC 11-asfalta između 32-47 M% (u Njemačkoj 35-40 M%). Isto tako, kroz sita otvora 8 mm kod AC 11 asfaltnog betona prolazi čak 72-88 M% frakcije agregata (u Njemačkoj 70-80 M%) za razliku od SMA 11 kod koga kroz sito-osmicu prolazi između 45-68 M% (u Njemačkoj 50-65 M%).

Na slici 5 još bolje se vidi razlika granulometrijskih sastava ovih dvaju asfaltnih mješavina: AC 11 deck sadrži više sitnih zrna agregata nego SMA 11.



Slika 5. Direktno poredjenje granulometrijskih sastava asfaltnih mješavina AC11 i SMA 11  
Izvor: [5] Gogolin D.

U tabeli 3 vidimo izvještaj početnog tipskog ispitivanja jedne asfaltne laboratorije za ovu asfaltnu sortu AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1, dje su dati procenti mase sastavnih dijelova zrna agregata kao i polimernog bitumena PmB 45/80-65 koji je sadržan 5,4 % mase.

| Dijelovi i sastav  |                            |          |                                    |                  |                 | Dodatak – potreban sastav u M.-% |              |
|--------------------|----------------------------|----------|------------------------------------|------------------|-----------------|----------------------------------|--------------|
| Zrna agregata      | Nr.                        | oznaka   | Postrojenje za proizvodnju asfalta | Broj sertifikata | napomena        |                                  |              |
|                    | 1                          | EBK 0/2  | Appel /fabrika Mühlendorf          | 1159-CPR-0062/04 | bazalt          | 35,0                             | <b>33,1</b>  |
|                    | 2                          | EBK 2/4  | Appel /fabrika Mühlendorf          | 1159-CPR-0062/04 | bazalt          | 15,0                             | <b>14,2</b>  |
|                    | 3                          | EBK 4/8  | Appel /fabrika Mühlendorf          | 1159-CPR-0062/04 | bazalt          | 25,0                             | <b>23,7</b>  |
|                    | 4                          | EBK 8/11 | Appel /fabrika Mühlendorf          | 1159-CPR-0062/04 | bazalt          | 25,0                             | <b>23,7</b>  |
| Reciklirani asfalt | Nr.                        | oznaka   | porijeklo                          |                  | Sadržaj VS M.-% |                                  |              |
|                    | 1                          | -        | -                                  |                  | -               | -                                | -            |
| Vezivo             | Vezno sredstvo=VS (vezivo) |          | Elastična deformacija %            | Broj sertifikata | TRPK °C         | suma 100                         |              |
|                    | Reciklirani asfalt         |          | -                                  | -                | -               |                                  | -            |
|                    | PmB 45/80-65               |          | -                                  | -                | ≥ 65            |                                  | <b>5,4</b>   |
|                    | -                          |          | -                                  | -                | -               |                                  | -            |
|                    | Rezultirajuće vezivo       |          | -                                  | -                | -               |                                  | <b>5,4</b>   |
|                    |                            |          |                                    |                  |                 |                                  | <b>100,0</b> |
| dodaci             |                            |          | Oznaka, vrsta i porijeklo          |                  |                 | Udio u M.-%                      |              |
| -                  |                            |          | -                                  |                  |                 | -                                |              |

1) odnosi se na masu asfaltne mješavine

2) odnosi se na sumu zrna agregata

3) odnosi se na masu dodatog bitumena

**Tabela 3. Izvještaj početnog tipskog ispitivanja laboratorije za asfaltnu sortu AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1 Izvor: [6] Bautech Labor GmbH**

Na kraju, u tabeli 4 vidimo detaljni izvještaj iste asfaltne laboratorije o početnom ispitivanju analizirane asfaltne mješavine AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1, dje su date granične vrijednosti svih relevantnih parametara prema evropskim i austrijskim standardima kao i deklarirane vrijednosti parametara prema atestu proizvođača.

U tabeli 4 možemo izmedju ostalog vidjeti da je npr. prema evropskoj normi EN 12697-22 [9] definisana proporcionalna dubina kolotruga na vazduhu (metoda B)  $PRD_{vazd.}$ . Prema rezultatima početnog tipskog ispitivanja ove laboratorije ona iznosi 5% dok je njena maksimalna dozvoljena vrijednost prema ovoj evropskoj normi za ovu sortu asfalta 7%.

Brzina stvaranja kolotruga na vazduhu postupkom B izračunava se po obrascu iz [9]:

$$WTS_{vazd.} = \frac{(d_{10000} - d_{5000})}{5}$$

pri čemu su:

$WTS_{vazd.}$  - brzina stvaranja kolotruga u milimetrima izračunata na  $10^3$  ciklusa opterećenja postupkom na vazduhu

$d_{5000}$ ,  $d_{10000}$  – dubina kolotruga u milimetrima nakon 5.000 odnosno 10.000 ciklusa opterećenja

| AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1             |             |                     |                   |                      | granične vrijednosti po ON B 3584-1 |      | deklarisane vrijednosti prema atestu proizvođača |      |
|-------------------------------------------|-------------|---------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------------|------|--------------------------------------------------|------|
| parametri                                 | standard    | ozn.                | jedinica          | rezultat ispitivanja | min.                                | max. | min.                                             | max. |
| Rastvoreni sadržaj veziva                 | EN 12697-1  | S                   | M.-%              | 5,2                  | 3,0                                 | -    | 4,9                                              | 5,5  |
| Gustina asfaltne mješavine                | EN 12697-5  | $r_{mv}$            | Mg/m <sup>3</sup> | 2,552                | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Gustina zrna agregata                     | računski    | -                   | Mg/m <sup>3</sup> | 2,780                | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Gustina probnog tijela                    | EN 12697-6  | $r_{bssd}$          | Mg/m <sup>3</sup> | 2,472                | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Sadržaj šupljina probnog tijela           | EN 12697-8  | $V_m$               | V.-%              | 3,1                  | 1,5                                 | 5,0  | 2,5                                              | 4,5  |
| Sadržaj šupljina skeleta agregata         | EN 12697-8  | VMA                 | V.-%              | 16                   | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Stepen ispune šupljina                    | EN 12697-8  | VFB                 | V.-%              | 80                   | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Stabilnost po Marshall-u                  | EN 12697-34 | S                   | kN                | 13,4                 | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Tečenje po Marshall-u                     | EN 12697-34 | F                   | mm                | 4,2                  | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Odnos stabilnosti i tečenja po Marshall-u | EN 12697-34 | S/F                 | kN/mm             | 3,2                  | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Proporcionalna dubina kolotraga           | EN 12697-22 | PRD <sub>vazd</sub> | %                 | 5,0                  | -                                   | 7,0  | -                                                | 7,0  |
| Oticanje veziva                           | EN 12697-18 | D                   | M.-%              | 0,0                  | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Dubina prodiranja                         | EN 12697-21 | $I_{min}$           | mm                | -                    | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Maksimalni gubitak zrna                   | EN 12697-17 | PL                  | M.-%              | -                    | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Ponašanje prilikom požara                 | EN 13501-1  | -                   | V.-%              | 12,6                 | -                                   | 16,9 | -                                                | -    |
| Afinitet                                  | EN 12697-11 | -                   | %                 | 98                   | 80                                  | -    | 80                                               | -    |
| Prolaz kroz karakt. grubo sito 8 mm       | EN 12697-2  | -                   | M.-%              | 81                   | 72                                  | 88   | 75                                               | 87   |
| Prolaz kroz sito 4 mm                     |             | -                   | M.-%              | -                    | -                                   | -    | -                                                | -    |
| Prolaz kroz sito 2 mm                     |             | -                   | M.-%              | 40                   | 12                                  | 47   | 34                                               | 46   |
| Prolaz kroz karakt. fino sito 0,5 mm      |             | -                   | M.-%              | 19                   | 10                                  | 25   | 13                                               | 25   |
| Prolaz kroz sito 0,063 mm                 |             | -                   | M.-%              | 8,0                  | 6,0                                 | 10,0 | 6,0                                              | 10,0 |
| Djelimično drobljena zrna agregata        | EN 933-5    | $C_c$               | M.-%              | 100                  | 100                                 | -    | -                                                | -    |
| Potpuno drobljena zrna agregata           |             | $C_{tc}$            | M.-%              | 100                  | 90                                  | -    | -                                                | -    |
| Potpuno okrugla zrna agregata             |             | $C_{tr}$            | M.-%              | 0                    | -                                   | 0    | -                                                | -    |

Tabela 4. Detaljni izvještaj početnog tipskog ispitivanja laboratorije za asfaltnu sortu AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1 Izvor: [7] Bautech Labor GmbH

Sve do 2007 godine ispitivanje kolotraga je u Austriji (otpornost na trajne deformacije) izvodjeno je prema smjernici „RVS 11.065 Grundlagen. Prüfverfahren. Laborprüfungen von Asphalt“ i to pomoću ispitnog uređaja na 60°C sa jednim velikim točkom bezprofilne gume prečnika 400 mm, širine od  $80 \pm 5$  mm, pod unutrašnjim pritiskom vazduha od  $600 \pm 10$  kPa i opterećenja po točku od 5 kN ( $5\,000 \pm 50$ ) N.

Od 2007 godine uveden je opšti zahtjev na asfaltni beton što se tiče otpornosti na trajnu deformaciju kao osnova ispitivanja sa uređajem na vazduhu (metoda B) i to prema evropskoj normi EN 12697-22 [9]. Pri tom testu se koristi mali gumeni točak (sl.6) širine  $50 \pm 5$  mm, prečnika 200 i 205 mm i opterećenja po točku od 0,7 kN.





Slika 6. Odredjivanje otpornosti asfaltne mješavine na deformacije pomoću testa za simulaciju nastajanja kolotruga Izvor: [8] Tehnički Univerzitet TU Duisburg-Essen

Proporcionalna dubina kolotruga na vazduhu (metoda B)  $PRD_{vazd.}$  ispitivanog materijala pri  $N$  ciklusa opterećenja jeste srednja dubina kolotruga od dva ili više probnih tijela zaokružena na  $\pm 0,1$  %. Jedan ciklus opterećenja predstavljaju dva prelaza opterećenog točka (naprijed i nazad). Ovaj test se izvodi sve dok se ne dostigne ili 10.000 ciklusa ili pak dubina kolotruga od 20 mm, u zavisnosti od toga šta se od to dvoje prije postigne.

Minimalni broj probnih tijela jedne serije prema tabeli 1 iz evropske norme EN 12697-22 [9] za ispitivanje na vazduhu sa malim točkom iznosi dva probna tijela. Dimenzija probnog tijela jeste 260 x 300 mm a njegova debljina kod ove vrste ispitivanja zavisi od veličine najvećeg zrna agregata asfaltne mješavine i iznosi:

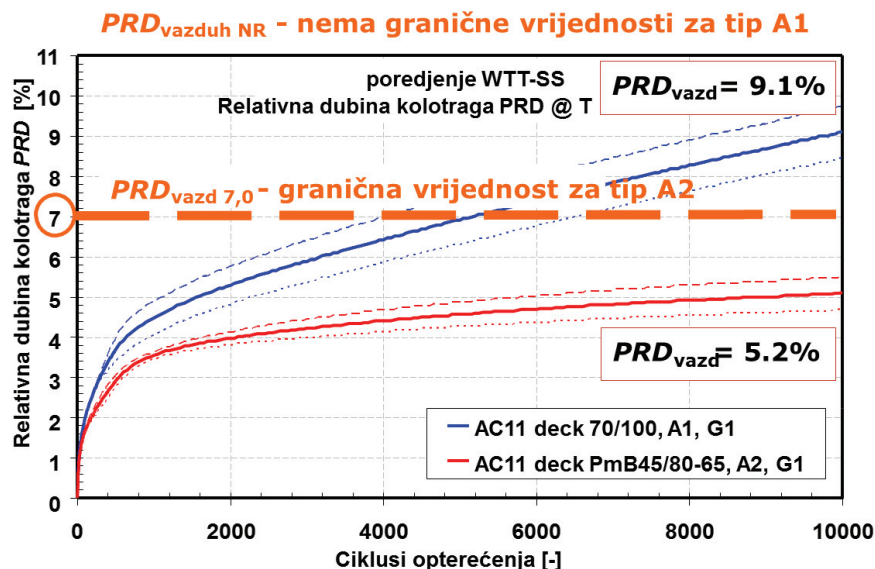
- 25 mm kod asfaltnih mješavina sa najvećim zrnom manjim od 8 mm;
- 40 mm kod asfaltnih mješavina sa najvećim zrnom većim od 8 i manjim od 16 mm; itd.

U ovom slučaju znači da za našu asfaltnu mješavinu AC 11 debljina probnog tijela iznosi 40 mm.

Proporcionalna dubina kolotruga na vazduhu po metodi B u tabeli 3 iznosi  $PRD_{vazd.} = 5\%$  što praktično predstavlja dubinu kolotruga od 2 mm nakon 10.000 ciklusa opterećenja:  $5\% \times 40 \text{ mm} = 2 \text{ mm}$  a što je zaista odlična vrijednost i svjedoči o veoma dobroj otpornosti asfaltne mješavine AC 11 deck PmB45/80-65, A2, G1 na stvaranje kolotruga pri visokim temperaturama.

Na slici 7 se vidi veoma uočljiva razlika izmedju dvije različite asfaltne mješavine u odnosu na odredjivanje otpornosti asfaltne mješavine na deformacije pomoću testa za simulaciju nastajanja kolotruga prema empirijskom pristupu:

- a) AC11 deck 70/100, A1, G1 („normalni“ asfaltni zastor = plava boja)  
 b) AC11 deck PmB 45/80-65 A2, G1, LA15 (polimerom modifikovani asfaltni zastor = crvena boja)



Slika 7. Relativna dubina kolotruga u poredjenju dvije asfaltne mješavine: 1) „normalni“ asfalt (plava boja) 2) polimerom modifikovani asfalt (crvena boja) Izvor: [3] Blab R.

Na slici 7 može se vidjeti da proporcionalna dubina kolotruga na vazduhu po metodi B za asfaltnu mješavinu AC11 deck PmB 45/80-65 A2, G1, LA15 (crvena boja) nakon 10.000 ciklusa opterećenja iznosi  $PRD_{vazd.} = 5,2 \%$  dok granična vrijednost koeficijenta za ovaj tip asfalta iznosi  $PRD_{vazduh} = 7,0 \%$  za razliku od „normalnog“ asfaltnog zastora AC11 deck 70/100, A1, G1 (plava boja) kod koga po ovom opitu proporcionalna dubina kolotruga na vazduhu nakon 10.000 ciklusa opterećenja na temperaturi  $+60^{\circ}\text{C}$  iznosi čak  $PRD_{vazd.} = 9,1 \%$ , dok po ovoj austrijskoj normi ÖNORM EN 12697-22 granični koeficijent za tip A1 asfaltne mješavine čak uopšte nije ni definisan.

## Zaključak

Kao što je gore prikazano, kod asfaltnih sorti koje se upotrebljavaju kod raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja, možemo kazati da je i u Austriji i u Njemačkoj najvažnije slijedeće:

- primjenjivati tvrdi polimerom-modifikovani bitumen PmB
- ne upotrebljavati skeletni-mastiks-asfalt (SMA) kao habajući sloj kod kružnih raskrsnica
- za habajući sloj asfalta treba upotrebljavati mješavinu bogatu kamenom sitneži („Stone“ engl., „Splitt“ njem., izgovara se „šplit“): u Njemačkoj je to npr. AC 11 D SP a u Austriji AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1. Obje ove asfaltne mješavine

pored ostalih osobina imaju veoma veliku otpornost na smicanje kao i veoma veliki koeficijent unutrašnjeg trenja zrna agregata. Upravo te dvije osobine su izmedju ostalog najbitnije za prihvatanje velikih smičućih napona (tangencijalno opterećenje asfaltnog kolovoza) uslijed dejstva saobraćaja na kolovozu kružnog toka kružne raskrsnice.

## LITERATURA:

- [1] FGSV RAS 06 - *Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen*, Köln, Ausgabe 2006 (Stand 15.Dezember 2008)
- [2] Karcher C., Root V. (2011). *Asphalt auf Kreisverkehren und anderen hochbelasteten Flächen* (DAV – Deutscher Asphaltverband, Informationsveranstaltung 2011, Vortrag)
- [3] Blab R. (2007). *Asphalt empirisch oder fundamental* (Gestrata Bauseminar, Linz, 2007)
- [4] Bautech Labor GmbH (2019). (on-line) available at: <http://www.bautechlabor.at/de/component/phocadownload/category/274-leistungserkl%C3%A4rungen> (17.10.2019)
- [5] Gogolin D. (2015). *SMA – eine Asphaltart und ihre Anwendung* (DAV - Deutscher Asphaltverband Informationsveranstaltung, Essen, 2015)
- [6] Bautech Labor GmbH (2019). *Erstprüfungsbericht für Asphaltmischgut SMA 11 PmB 45/80-65, S2, GS, Faser, Bericht Nr.:M81-A1-40344-170111* (on-line) available at: [www.bautechlabor.at › phocadownload › category › 274-leistungserkl%C3%A4rungen](http://www.bautechlabor.at/phocadownload/category/274-leistungserkl%C3%A4rungen) (17.10.2019)
- [7] Bautech Labor GmbH (2019). *Erstprüfungsbericht für Asphaltmischgut AC 11 deck PmB 45/80-65, A2, G1, Bericht Nr.:M81-A1-40312-170111* (on-line) available at: [www.bautechlabor.at › component › category › 274-leistungserkl%C3%A4rungen](http://www.bautechlabor.at/component/category/274-leistungserkl%C3%A4rungen) (17.10.2019)
- [8] Ludwig S. Technische Universität TU Duisburg-Essen, Institut für Straßenbau und Verkehrswesen: *Entwicklung von langlebigen Deckschichten aus Asphalt unter Verwendung von Epoxydharz, Heft 1*, Essen 2009
- [9] ÖNORM EN 12697-22 *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt, Teil 22: Spurbildungstest*, ON Österreichisches Normungsinstitut - Austrian Standards Institute, Wien, Ausgabe: 2007-12-01
- [10] FGSV AP AC D SP - *Arbeitspapier für die Planung und Ausführung von Asphaltdeckschichten aus splittreichem Asphaltbeton für den Einsatz in Verkehrsflächen mit besonderen Beanspruchungen*, Köln, Erstelldatum: 13.03.2019
- [11] Max Bögl Stiftung & Co.KG: *Leistungserklärung für 19S0785 AC 11 D SP 25/55-55 A*, Asphaltmischwerk: Sengenthal 06.12.2019

# **Pregled lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama u funkciji povećanja sigurnosti cestovnog prometa**

## **Inspection of the locations of traffic accidents with fatalities in order to increase road safety**

Doc. dr. sc. Željko Šarić<sup>1</sup>, Prof.dr.sc. Goran Zovak<sup>1</sup>, Dr.sc. Boris Huzjan<sup>2</sup>, Silvijo Čamber, dipl. ing.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Vukelićeva 4, 10 000 Zagreb

<sup>2</sup> Hrvatske autoceste d.o.o., Širolina 4, 10 000 Zagreb

### **SAŽETAK:**

Prometne nesreće s poginulim osobama imaju dalekosežne ekonomske i demografske posljedice na cjelokupno društvo. Europska unija je odavno prepoznala društvene gubitke koji nastaju uslijed prometnih nesreća te je stoga donijela niz koraka i zakonskih propisa koji obvezuju države članice na veći angažman u svrhu povećanja sigurnosti cestovnog prometa. Pojedine europske zemlje, su također uvele praksu da nakon svake prometne nesreće s poginulom osobom je potrebno pregledati lokaciju prometne nesreće kako bi se utvrdilo da li je cesta i njena infrastruktura na neki način uzrokovala prometnu nesreću ili utjecala na njenu posljedicu. Budući da se u Republici Hrvatskoj prometne nesreće vrlo često ponavljaju na istim lokacijama te prateći pozitivna iskustva drugih zemalja, tvrtka Hrvatske autoceste je pokrenula pilot projekt pregleda lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama kako bi utvrdili karakteristike takvih lokacija te spriječili nastanak novih prometnih nesreća s najtežim posljedicama. Sukladno tome, u ovom radu analizirati će se podaci o lokacijama prometnih nesreća s poginulim osobama te će se prikazati sve prednosti ovakvog suvremenog načina upravljanja prometnom sigurnošću.

### **SUMMARY:**

Traffic accidents with fatalities have far-reaching economic and demographic consequences for society. The European Union has long recognized the social losses resulting from road accidents and has therefore adopted a series of steps and regulations that oblige Member States to engage more in order to increase road safety. Some European countries have also introduced the practice that after each road accident with fatalities, the location of the road accident should be inspected to determine whether the road and its infrastructure has in any way caused or affected the traffic accident. Since in the Republic of Croatia road accidents are often repeated at the same locations and following the positive experiences of other countries, the company Hrvatske autoceste d.o.o. launched a pilot project to review the locations of road accidents with fatalities to determine the characteristics of such locations and prevent the occurrence of new road accidents with the most severe consequences. Accordingly, this paper will analyze data of the locations of traffic accidents with fatalities and will outline the benefits of such a modern way of managing traffic safety.



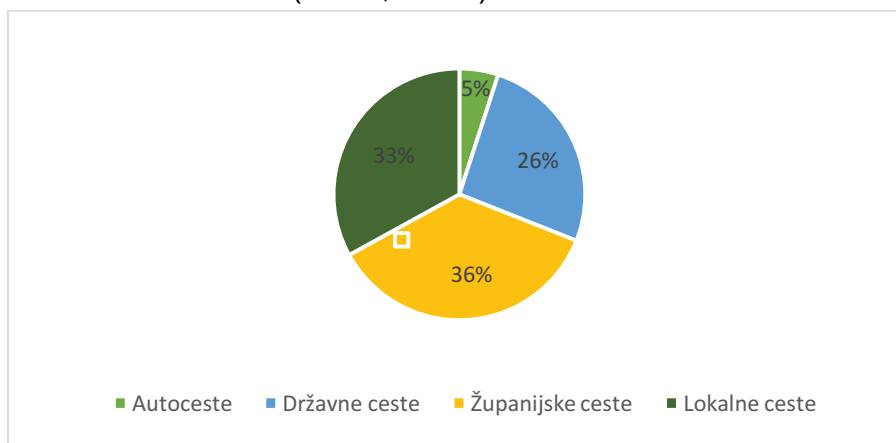
## 1. Uvod

Sigurnost prometovanja jedna je od ključnih odrednica svake države, ali kako je u ljudskim aktivnostima prisutan rizik, on se na negativan način manifestira u cestovnom prometu. Brzi razvoj cestovnog prometa uz velike pozitivne učinke, vrlo brzo je iskazao i svoje negativne posljedice odnosno veliki broj prometnih nesreća sa tragičnim posljedicama koji znatno utječu na kvalitetu i društveno-ekonomski razvoj ljudske zajednice. Iz tog razloga, posljednjih godina Republika Hrvatska uložila je velika sredstva u izgradnju moderne cestovne infrastrukture pa ima jedne od najboljih autoceste u Europi koje nude određenu sigurnost čijim se korištenjem na vrlo brz način može stići na željeno odredište. Brži razvoj cestovnog prometa u odnosu na ostale prometne grane utjecao je i na povećanje broja motornih vozila, koji su uz čovjeka i cestu, jedan od čimbenika povećanja broja prometnih nesreća. Pregledom lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama omogućuje se utvrđivanje eventualnih nedostataka ceste te ukazuje koji bi se elementi cestovne infrastrukture mogli sanirati ili poboljšati kako bi se na području promatrane cestovne prometne mreže povećala sigurnost odvijanja cestovnog prometa.

## 2. Statistički pokazatelji sigurnosti cestovnog prometa u Republici Hrvatskoj

U Republici Hrvatskoj javnom cestom smatra se cesta koja je od općeg značaja za javni promet, a koja ujedno zadovoljava sve osnovne uvjete koje određuje Zakon o cestama [1] te ostali propisi. Prema svojim karakteristikama, osobinama i značajkama javne ceste se mogu podijeliti na više načina, ali sagledavajući sigurnost prometa na cestama koju obuhvaća ova analiza, najbitnija podjela javnih cesta je prema njihovom društvenom, prometnom i gospodarskom značenju prema kojem se ceste dijele na:

- autoceste (1.419,52 km)
- državne ceste (7.129,62 km)
- županijske ceste (9.486,69 km)
- lokalne ceste (8.787,04 km).



Slika 1. Udio javnih cesta u Republici Hrvatskoj [2]

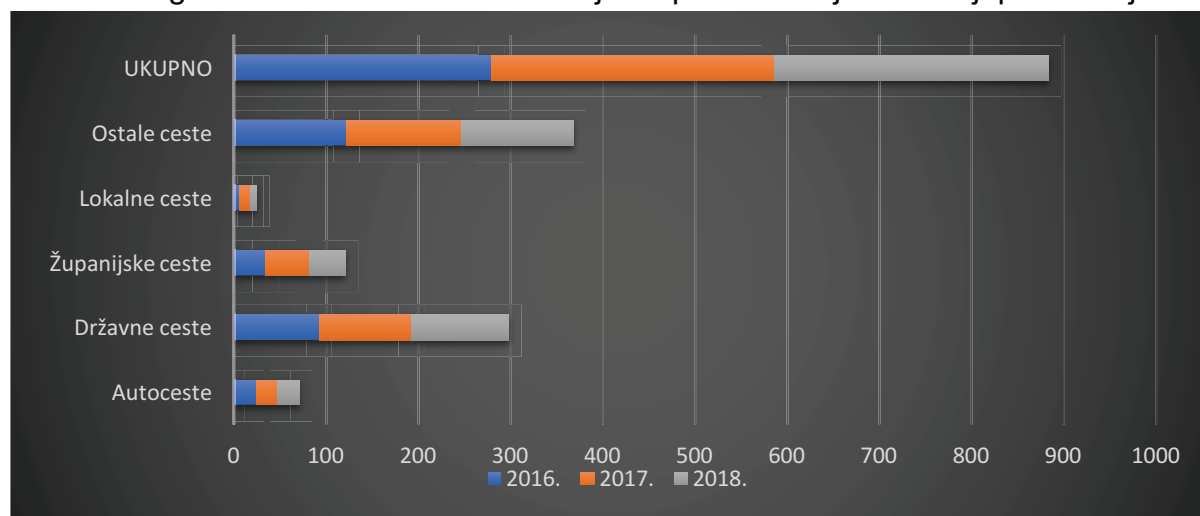
Prema prikazanim podacima na Slici 1., vidljivo je da su u Republici Hrvatskoj, prema duljini u kilometrima, najviše zastupljene županijske ceste sa udjelom od 36% ukupnog broja svih cesta. Na drugom mjestu su državne ceste kojih ima 33%, dok autoceste zauzimaju 26% ukupnog broja svih prometnica na teritoriju Republike Hrvatske. Preostali dio odnosi se na ostale ceste kao što su lokalne i nerazvrstane ceste. Analizirajući trogodišnje razdoblje od početka 2016. do kraja 2018. godine, ukupno se u tom razdoblju dogodilo 100.565 prometnih nesreća što je prosječno 33.251,6 prometnih nesreća godišnje. Analizirajući trogodišnji period od početka 2013. do kraja 2015. godine u kojem se ukupno dogodilo 98.024 prometnih nesreća, vidljivo je da se ukupni broj nesreća u razdoblju od 2016. do 2018. godine povećao za 2.541 prometnih nesreće.

Tablica 1. Ukupan broj prometnih nesreća prema različitim kategorijama cesta

| Vrsta ceste      | 2016.        | 2017.        | 2018.        |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| Autoceste        | 1738         | 1803         | 1884         |
| Državne ceste    | 4913         | 5194         | 5051         |
| Županijske ceste | 2232         | 2126         | 2093         |
| Lokalne ceste    | 467          | 532          | 445          |
| Ostale ceste     | 23407        | 24713        | 23967        |
| <b>UKUPNO</b>    | <b>32757</b> | <b>34368</b> | <b>33440</b> |

Izvor: [2]

U Tablici 1. prikazani su podaci o ukupnom broju prometnih nesreća za trogodišnje razdoblje od 2016. do 2018. godine prema različitim kategorijama cesta na cestovnoj mreži Republike Hrvatske. Osim ostalih cesta, u koje pripadaju ceste unutar gradova, nerazvrstane ceste i sl., vidljivo je da se najveći broj prometnih nesreća događa na državnim cestama koje su prometno ujedno i najopterećenije.



Grafikon 1. Grafički prikaz ukupnog broja prometnih nesreća [2]

Ukoliko se zasebno analiziraju podaci o svim prometnim nesrećama na autocestama u Republici Hrvatskoj, vidljivo je da se najveći broj prometnih nesreća događa na autocestama A1 i A3, koje su prometno i najopterećenije, a koje su ujedno i najdulje autoceste. Kod većine autocesta vidljiv je porast u broju prometnih nesreća u 2017. godini u odnosu na 2016. godinu, dok se u 2018. godini broj prometnih nesreća kod nekih autocesta smanjuje, a kod nekih se povećava.

Tablica 2. Prometne nesreće na autocestama u Republici Hrvatskoj

| AUTOCESTA    | A1  | A2 | A3  | A4  | A5 | A6  | A7  | A8 | A9 | A10 | A11 | UKUPNO |
|--------------|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|--------|
| <b>2016.</b> | 591 | 63 | 648 | 103 | 16 | 145 | 122 | 21 | 17 | 3   | 9   | 1738   |
| <b>2017.</b> | 633 | 55 | 608 | 132 | 21 | 132 | 162 | 28 | 16 | 4   | 12  | 1803   |
| <b>2018.</b> | 631 | 74 | 697 | 133 | 28 | 118 | 150 | 23 | 15 | 2   | 13  | 1884   |

Izvor: [2]

Analizirajući broj prometnih nesreća na autocestama unutar tri godine vidljivo je da se svake godine povećava broj prometnih nesreća, a taj negativan trend doveo je do povećanja od 146 prometnih nesreća u usporedbi 2018. sa 2016. godinom. Od navedenog ukupnog broja prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj tijekom promatranog razdoblja od 2016. do 2018. godine, na autocestama se dogodilo 5.425 prometnih nesreća tj. oko 5,40 % ukupnog broja prometnih nesreća. Manji postotak zabilježen je samo na lokalnim cestama pa se može zaključiti da se na autocestama događa manji broj prometnih nesreća u odnosu na ostale javne ceste [2]. Ako se analiziraju samo prometne nesreće s poginulim osobama, što je prikazano u Tablici 3, vidljivo je da autoceste (uz lokalne ceste) imaju najmanji postotak nesreća u kojima prometne nesreće završavaju sa poginulom osobom što je i razumljivo budući da autoceste pružaju veliku sigurnost prilikom korištenja.

Tablica 3. Broj prometnih nesreća sa poginulim osobama

| Vrsta ceste             | 2016. | 2017. | 2018. |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| <b>Autoceste</b>        | 25    | 22    | 24    |
| <b>Državne ceste</b>    | 92    | 100   | 106   |
| <b>Županijske ceste</b> | 34    | 48    | 39    |
| <b>Lokalne ceste</b>    | 6     | 12    | 7     |
| <b>Ostale</b>           | 122   | 125   | 121   |
| <b>UKUPNO</b>           | 279   | 307   | 297   |

Izvor: [2]

Tablica 4. Broj prometnih nesreća na autocestama u nadležnosti HAC-a za trogodišnje razdoblje 2016.- 2018. godina

| Autocesta | Ukupan br. PN u 2016. | Ukupan br. PN u 2017. | Ukupan br. PN u 2018. | PN s poginulim osobama u 2016. | PN s poginulim osobama u 2017. | PN s poginulim osobama u 2018. |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| A1        | 591                   | 633                   | 631                   | 11                             | 8                              | 7                              |
| A3        | 648                   | 608                   | 697                   | 13                             | 8                              | 13                             |
| A4        | 103                   | 132                   | 133                   | 0                              | 1                              | 1                              |
| A5        | 16                    | 21                    | 28                    | 0                              | 0                              | 1                              |
| A10       | 3                     | 4                     | 2                     | 0                              | 0                              | 0                              |
| A11       | 9                     | 12                    | 13                    | 0                              | 0                              | 0                              |
| Ukupno    | 1370                  | 1410                  | 1504                  | 24                             | 17                             | 22                             |

Izvor: [2]

Tablica 4. prikazuje autoceste u Republici Hrvatskoj koje su u nadležnosti Hrvatskih autocesta i njihov broj prometnih nesreća u promatranom trogodišnjem razdoblju od početka 2016. do kraja 2018. godine. Uspoređujući sve autoceste u Republici Hrvatskoj i one koje su u nadležnosti Hrvatskih autocesta, dobivaju se slični rezultati. Autocesta A1 i autocesta A3 zbog svoje duljine i prometnog opterećenja imaju najveći ukupan broj prometnih nesreća u 2016., 2017. i 2018. godini. Od ukupnog broja nesreća u 2016. godini, na autocesti A1 dogodilo se 591 prometnih nesreća (43 %), a na autocesti A3 ukupno 648 prometnih nesreća (47 %) što je gotovo pola ukupnog broja svih nesreća na autocestama u nadležnosti HAC-a. Na autocesti A3 smrtno je stradalo 13 osoba u 2016. godini, 114 osoba je ozlijeđeno te čak 521 prometna nesreća je završila sa materijalnom štetom pa se može zaključiti da se na autocesti A3 događa više prometnih nesreća iako je dužinom manja od autoceste A1. Autocesta sa najmanjim brojem prometnih nesreća je autocesta A10 koja zbog vrlo malog prometnog opterećenja te kratke dužine ima ukupno 3 prometne nesreće u 2016. godini. U 2017. godini na autocesti A1 dogodilo se ukupno 633 prometnih nesreća (44 %), na autocesti A3 dogodilo se ukupno 608 prometna nesreća (43 %), na autocesti A4 ukupno 132 prometnih nesreća (9 %), dok se ostali dio postotka odnosi na autoceste A5, A10 i A11. Iako u nešto manjem postotku u odnosu na 2016. godinu, zbog ukupnog broja nesreća u 2017. godini, autocesta A1 bilježi porast u ukupnom broju prometnih nesreća, ali smanjenje u broju smrtno stradalih osoba, dok autocesta A3 bilježi smanjenje u ukupnom broju prometnih nesreća, ali i u broju prometnih nesreća s poginulim osobama u odnosu na 2016. godinu. Osim kod autoceste A1, porast u ukupnom broju prometnih nesreća karakterističan je za sve ostale autoceste odnosno na autocesti A4, A5, A10 i A11. S obzirom na posljedice prometnih nesreća, u 2017. godini manje je smrtno stradalih osoba, ali se povećao broj prometnih nesreća sa ozlijeđenim osobama te broj prometnih nesreća sa materijalnom štetom. U 2018. godini vidljiv je značajan porast u broju ukupnih prometnih nesreća pa se može zaključiti da se u 2018. godini dogodilo najviše



prometnih nesreća u promatranom trogodišnjem razdoblju. Taj podatak posebno se odnosi na autocestu A3 koja osim po ukupnom broju prometnih nesreća, bilježi značajan porast i u broju smrtno stradalih osoba. Na autocesti A3 u 2018. godini ukupno se dogodilo 697 prometnih nesreća (46 %) u kojima je poginulo 13 osoba, što je 5 više nego u 2017. godini, dok je i broj ozlijeđenih osoba veći. Autocesta A3 bilježi i veliki broj nesreća sa materijalnom štetom (559) što je više nego u 2017. i 2016. godini. Na autocesti A1 ukupno se dogodila 631 prometna nesreća (42 %) od čega je najveći porast zabilježen kod nesreća sa teško ozlijeđenim osobama. Kroz prijašnje dvije godine pa tako i kroz ovu, autocesta A10 zbog svoje duljine i manjeg prometnog opterećenja, bilježi najmanji broj prometnih nesreća.

Budući da je u provedenoj analizi prikazan poredak autocesta samo prema parametru apsolutne vrijednosti ukupnog broja prometnih nesreća, postoji mogućnost da pojedine autoceste sa manjim brojem prometnih nesreća, ali i znatno manjim prometnim opterećenjem (ili manjom duljinom), ostanu neprepoznate kao ceste smanjene prometne sigurnosti. Iz tog razloga potrebno je provesti detaljniju analizu koja uzima u obzir veći broj parametara od samog broja prometnih nesreća. Stoga će se u nastavku ove analize prikazati i rezultati analize napravljeni temeljem *Rate Quality Control* metode koja uzima u obzir sve dostupne podatke potrebne za relevantan izračun pokazatelja stanja sigurnosti. Navedena metoda koristi se za identifikaciju opasnih mjesta ali budući da omogućava dinamički princip rada moguće ju je koristiti i za cjelokupne dionice i ceste. Upotrebom ove metode izračunava se vrijednost stope prometnih nesreća te kritična razina nastanka prometnih nesreća na svakoj autocesti zasebno. Prednost ove metode je što uzimaju obzir sve potrebne parametre poput broja prometnih nesreća, prometnog opterećenja i duljina ceste te na taj način osiguravaju relevantnost rezultata.

Tablica 5. Autoceste koncesionara Hrvatske autoceste d.o.o. rangirane prema opasnosti sukladno RQC metodi

| Autocesta | Duljina | PGDP  | PN s poginulim | PN s ozlijeđenim osobama | PN s materijalnom štetom | Cr/Ccr   |
|-----------|---------|-------|----------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| A1        | 415,7   | 11787 | 26             | 417                      | 1412                     | 0,963238 |
| A3        | 306,4   | 20100 | 34             | 354                      | 1565                     | 0,962802 |
| A4        | 96,4    | 11836 | 2              | 78                       | 288                      | 0,918466 |
| A5        | 56,2    | 3118  | 1              | 11                       | 53                       | 0,820321 |
| A11       | 29,8    | 4272  | 0              | 8                        | 26                       | 0,773086 |
| A10       | 6,7     | 1906  | 0              | 1                        | 8                        | 0,594267 |

Analizirajući rezultati rangiranja autocesta prema stanju sigurnosti, prikazanim u Tablici 5, vidljivo je da je najopasnija autocesta A1 što je i očekivano s obzirom na broj prometnih nesreća i njenu duljinu. Prilikom provođenja navedenog izračuna, podaci o prometnim nesrećama ponderirani su sukladno smjernicama za razvrstavanje i metodologiji identifikacije opasnih mjesta kako bi se osigurala relevantnost konačnih rezultata.

### **3. Metodologija pregleda i analize lokacije prometnih nesreća s poginulim osobama**

Pregled lokacije prometnih nesreća s poginulim osobama metodološki odgovara reviziji kontrole sigurnosti na terenu (*Road Safety Inspection*) tj. pregledu potencijalno opasnih mjesta, osim što se u ovom slučaju radi o pregledu lokacije jedne prometne nesreće dok se pregled potencijalno opasnih mjesta odvija na lokaciji na kojoj se dogodio veći broj prometnih nesreća. Stoga je prije samog izlaska na teren potrebno odraditi niz predradnji koji se odnose na prikupljanje detaljnih podataka o lokaciji prometne nesreće ali i o samoj prometnoj nesreći. Podaci o lokaciji prometne nesreće se prije svega odnose na određivanje točnog mjesta (stacionaža) na kojem se obavlja pregled te podaci o eventualno registriranim prometnim nesrećama u proteklom trogodišnjem razdoblju, kao i o prometnom opterećenju. Nakon geografskog pozicioniranja konkretne lokacije podaci se unose u unaprijed definirani obrazac kako bi tijekom pregleda članovi projektnog tima imali sve relevantne informacije.

Navedeni obrazac mora sadržavati slijedeća poglavlja :

- osnovni podaci o pregledanoj lokaciji,
- opis pregledane lokacije,
- geometrijske karakteristike, prometna signalizacija i oprema pregledane lokacije,
- fotografski prikaz pregledane lokacije,
- podaci o prometnim nesrećama,
- analiza rezultata pregleda potencijalno opasnog mjesta i
- prijedlog mjera za povećanje sigurnosti prometa.

Prvi dio obrasca za pregled identificiranog potencijalno opasnog mjesta odnosi se na osnovne tehničke podatke o pregledanoj lokaciji, a oni su podrazumijevali:

- naziv županije,
- tehničku jedinicu koja vrši održavanje na analiziranoj lokaciji,
- GPS koordinate,
- stacionažu,
- datum pregleda lokacije i
- vrijeme pregleda lokacije.

Drugo poglavlje obrasca za pregled identificiranog potencijalno opasnog mjesta, obuhvaća opis i prikaz geografskog položaja lokacije koja se pregledava odnosno njezin kartografski prikaz potencijalno opasnog mjesta u analiziranom prostoru izrađenog u digitalnoj mrežnoj karti Google Maps te na kojoj stacionaži promatrane prometnice se ta lokacija nalazi. Sljedeći dio obrasca za pregled identificiranog potencijalno opasnog mjesta odnosi se na prometnu mrežu koja se analizira odnosno

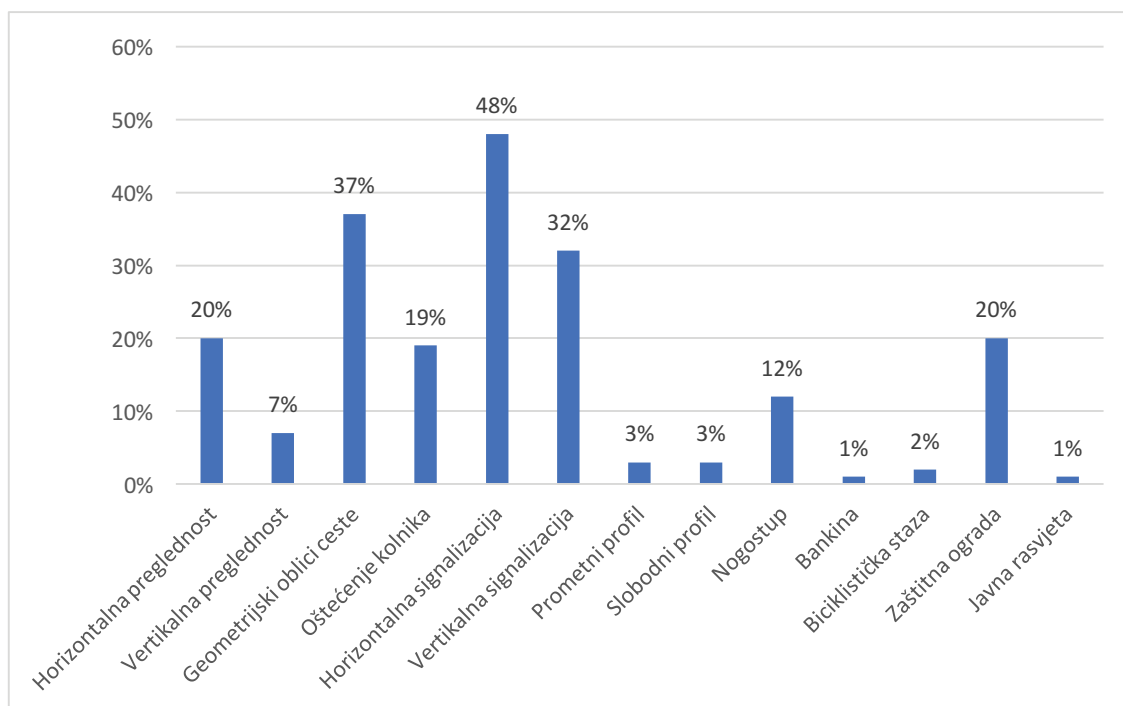
na njezine geometrijske karakteristike, prometnu signalizaciju kao i opremu promatrane lokacije, a u kojem se navodilo da li potencijalno opasno mjesto obuhvaća ravni cestovni potez, zavoj, čvorište, tunel i sl. Također sadrži broj prometnih traka od kojih je kolnik izveden kao i njegov smjer pružanja.

Prilikom pregleda jedan od osnovnih zahtjeva je i pregledati lokaciju iz perspektive vozača. Stoga se u unutar vozila, odnosno na vjetrobransko staklo istog, postavlja kamera pomoću koje se vrši snimanje konkretne lokacije iz svih smjerova. Dobiveni video zapis naknadno se detaljno analizira kako bi se uočile eventualni prometno – tehnički nedostaci na promatranoj lokaciji. Osim snimanja, prilikom pregleda konkretne lokacije vrši se i fotografiranje iste pa se u obrazac pregleda unosi nekoliko karakterističnih fotografija dokumentiranih prilikom pregleda lokacije. Sastavni dio obrasca trebaju biti i podaci o registriranim prometnim nesrećama na analiziranoj lokaciji kako bi se utvrdilo da li postoje određene zakonitosti u registriranim nesrećama. U završnom dijelu obrasca, evidentiraju se uočeni eventualni nedostaci koji su naknadno, zajedno s ostalim dobivenim podacima, dubinski analizirani kako bi se utvrdila uzročno posljedična veza između karakteristika cestovne prometne mreže koja se analizira i nastalih prometnih nesreća. Nakon prikupljenih svi podataka i informacija te nakon provedene analize, donose se definirane mjere koje se preporučaju za otklanjanje eventualnih nedostataka koji su mogli dovesti do nastanka prometnih nesreća te preporuka za povećanje sigurnosti cestovnog prometa na promatranoj lokaciji.

#### **4. Utjecaj pregleda lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama na sigurnost cestovnog prometa**

Osnovni razlog provođenja pregleda lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama je prevencija nastanka novih prometnih nesreća na način da se na pregledanim lokacijama otklone eventualni nedostaci na cesti i popratnoj infrastrukturi koji su mogli utjecati na nastanak prometne nesreće ili na povećanje njenih posljedica. Ovakav način upravljanja prometnom sigurnošću je već odavno prepoznat u skandinavskim zemljama pa tako npr. u Švedskoj ili Norveškoj nakon svake prometne nesreće s poginulom osobom na teren izlazi ekspertni tim koji provjerava da li postoje određeni nedostaci na cestovnoj infrastrukturi koji su mogli utjecati na nastanak prometne nesreće. Nakon donošenja Direktive 2008/96/EC koja je i propisala određene radnje koje je potrebno provoditi u cilju prevencije nastanka najtežih prometnih nesreća i druge europske zemlje su počele primjenjivati ovakvu praksu. Republika Srbija je također u svoju metodologiju identifikacije opasnih mjesta implementirala obvezu pregleda lokacija prometnih nesreća s jednom poginulom osobom. U Republici Hrvatskoj se zasada još uvijek ne nalaže obvezan pregled lokacija s poginulom osobom već se nakon uvođenja Direktive 2008/96/EC jedino obvezalo upravitelje da dostavljaju izvještaj o evidentiranoj prometnoj nesreći s poginulom osobom koji nužno ne mora uključivati pregled od strane stručne osobe.

U svrhu definiranja utjecaja ceste kao čimbenika na sigurnost prometa, 2018. godine proveden je projekt *Analitički postupci utvrđivanja utjecaja čimbenika ceste, čovjeka, vozilo na događanje prometnih nesreća* na Fakultetu prometnih znanosti u sklopu kojeg su pregledane i lokacije prometnih nesreća s poginulim osobama. Projekt je bio financiran iz sredstava Nacionalnog programa sigurnosti cestovnog prometa a analiza je provedena na 205 lokacija gdje su se dogodile prometne nesreća sa poginulim osobama u Republici Hrvatskoj. Od ukupno pregledanih lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama na 158 lokacija uočen je barem jedan nedostatak ceste koji su navedeni na Grafikonu 2. Od 205 prometnih nesreća sa poginulim osobama najviše njih 123 dogodilo se na državnim cestama, 53 na županijskim cestama, 7 na lokalnim cestama i 22 na gradskim ili nerazvrstanim cestama. Ovaj podatak dokazuje kako su u Republici Hrvatskoj najopasnije državne ceste. Najčešći nedostatak koji je uočen odnosio se na horizontalnu signalizaciju a posebno zabrinjavajući podatak je da je na skoro 37% lokacija utvrđen nedostatak geometrijskog oblika ceste što podrazumijeva nepropisnu širinu prometnih traka dozvoljenoj brzini, nedovoljna duljina prijelaznice/međupravca, neadekvatan nagib ceste i sl. Nakon geometrijskih oblika cesta, slijedeća vrsta uočenih nedostataka je vertikalna signalizacija s 32%. Nakon vertikalne signalizacije slijedi horizontalna preglednost i zaštitna ograda kao uočen nedostatak na promatranim lokacijama, svaka s ukupno 20%. U većem postotku kao nedostatak na promatranim lokacijama uočena su oštećenja kolnika s 19% zatim slijedi nogostup s 12%. U manjim postocima uočeni nedostaci su vertikalna preglednost, prometni profil, slobodni profil, bankina, biciklističke staze i javna rasvjeta.

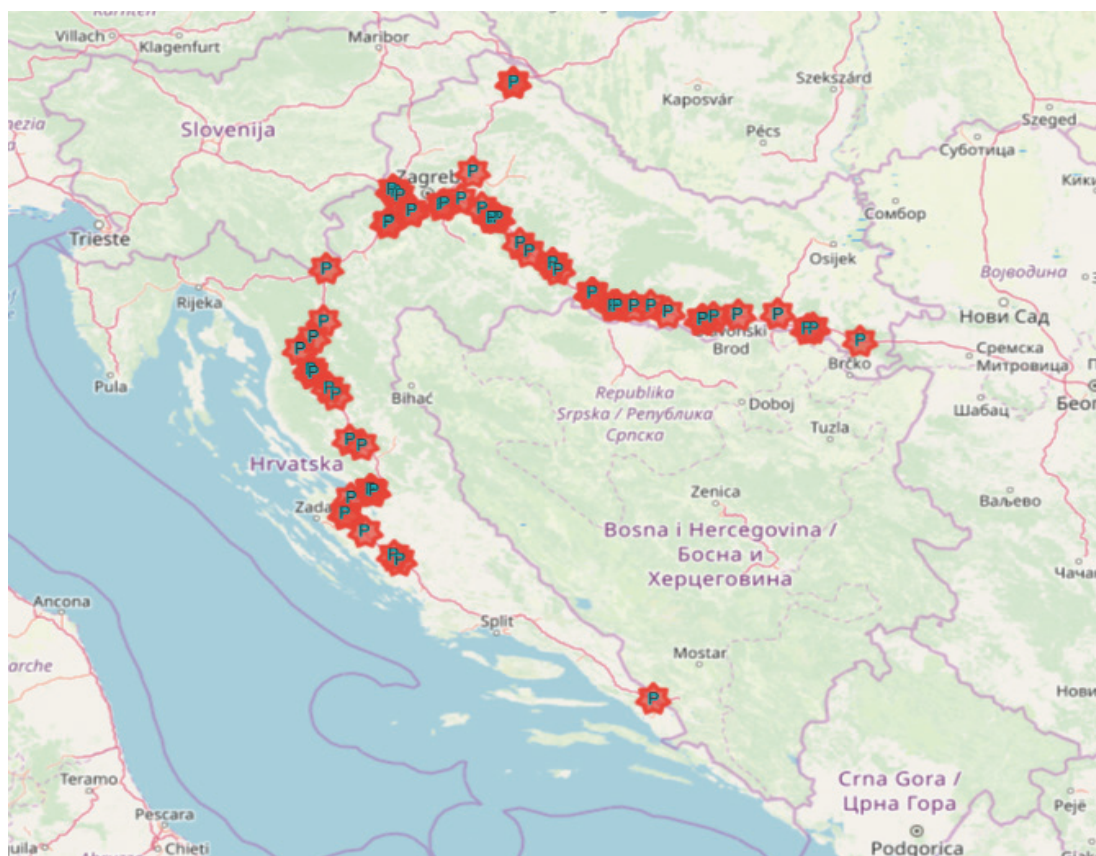


Grafikon 2. Uočeni nedostaci na cesti i popratnoj opremi na lokacijama prometnih nesreća s poginulim osobama [3]



Potrebno je naglasiti da prilikom pregleda nije uzimat u obzir Zapisnik o očevidu prometne nesreće pa se navedeni nedostaci ne mogu s potpunom sigurnošću utvrditi kao stvarni uzroci nesreće budući da je za to potrebno provesti kompletno prometno – tehničko vještačenje.

Jedan od pokazatelja i argumenata za nužnost obavljanja pregleda lokacija nakon prometnih nesreća s poginulom osobom je i činjenica da se na takvim lokacijama opet ponavljaju prometne nesreće. Pa tako je analiza podataka o prometnim nesrećama, provedena za potrebe ovog rada, pokazala da na autocestama kojima upravlja tvrtka Hrvatske autoceste, na dvije trećine lokacija na kojima se dogodila prometna nesreća s poginulom osobom u 2017.g, u istom kilometarskom odsječku, 2018. godine se opet dogodila određena vrsta prometne nesreće. Iako posljedice prometnih nesreća nisu uvijek teške, znakovito je da se u preko 70% takvih slučajeva ponavljaju iste vrste prometnih nesreća (npr. slijetanje vozila s ceste)



Slika 2. Prikaz prometnih nesreća s poginulim osobama na mreži autocesta kojima upravlja tvrtka HAC d.o.o. u razdoblju od početka 2016. do kraja 2018. godine

Provedena analiza pokazala je da se i na državnim cestama pokazuje sličan trend pa se tako na lokacijama prometnih nesreća s poginulom osobom, određena vrsta prometne nesreće događa opet slijedeće godine u oko 60% slučajeva u radijusu 300 m. Za razliku od autocesta, na državnim cestama se češće ponavljaju teške posljedice prometnih nesreća.

## 5. Zaključak

Cilj prikazanog rada bio je prikazati važnost pregleda lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama u funkciji povećanja sigurnosti cestovnog prometa. Pozitivna iskustva međunarodnih zemalja pokazala su da pregled lokacija prometnih nesreća od strane ekspertnog tima, iako djeluje reaktivno, pozitivno utječe na sigurnost cestovnog prometa jer upravitelju ceste jasno pokazuje na eventualne nedostatke u prometnoj mreži. To je bio i jedan od razloga da je Europska unija za zemlje članice propisala potrebu za posebnim praćenjem upravo lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama.

U okviru projekta *Analitički postupci utvrđivanja utjecaja čimbenika cesta, čovjeka, vozila na događanje prometnih nesreća* koji je bio financiran iz sredstava Nacionalnog programa sigurnosti cestovnog prometa utvrđeno je da na 77% lokacija na kojima se dogodila prometna nesreća s poginulom osobom postoji određena vrsta nedostataka na cesti ili na okolnoj infrastrukturi. Posebno zabrinjava podatak da na oko 37% pregledanih lokacija je utvrđen nedostatak geometrijskog oblika ceste koji može biti direktan uzročnik nastanka prometnih nesreća. Također, kad se uzme u obzir podatak da se na dvije trećine lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama opet ponavljaju određene vrste prometnih nesreća, jasno je da se ovakvim lokacijama mora posvetiti posebna pozornost kako bi se povećalo stanje sigurnosti cestovnog prometa. Upravo iz tog razloga je tvrtka Hrvatske autoceste pokrenula pilot projekt pregleda lokacija prometnih nesreća s poginulom osobom od strane ovlaštenog revizora kako bi na takvim mjestima povećali zaštitu korisnika te spriječili mogućnost nastanka novih prometnih nesreća.

## 6. Literatura

1. Zakon o cestama, Narodne Novine 84/11, Republika Hrvatska, 2011.
2. Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2018., Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2018.
3. Analitički postupci utvrđivanja utjecaja čimbenika cesta, čovjek, vozilo na događanje prometnih nesreća; Centar za promet i logistiku, Zagreb; 2019
4. Šarić, Ž.: Model identifikacije opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2014
5. Direktiva 2008/96 EC Europskog parlamenta i Vijeća, o sigurnosti cestovne infrastrukture, Službeni list EU, L 319/61, od 19.11.2008.
6. Šarić, Ž., Zovak, G.: Metodologija za identifikaciju opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži, Hrvatske ceste d.o.o., 2016.

# **Poboljšanje vještina sigurnosti vožnje uz driver simulator**

## **Improving driving safety skills with driver simulator**

Osman Lindov, dipl.inž.saobr. redovni profesor<sup>1</sup>  
[olindov@gmail.com](mailto:olindov@gmail.com)

Adnan Omerhodžić, MA, dipl.inž.saobr. viši asistent<sup>1</sup>  
[adnan.omerhodzic@gmail.com](mailto:adnan.omerhodzic@gmail.com)

<sup>1</sup> Univerzitet u Sarajevu, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Zmaja od Bosne br. 8, 71000 Sarajevo, BiH

### **SAŽETAK**

U radu je dat pregled i analiza vještina vozača motornih vozila neophodnih za sigurnu vožnju. Analizirane su vještine koje trebaju posjedovati vozači motornih vozila da bi sigurno učestvovali u prometu. Dat je pregled vještina predviđenih kroz obuku vozača, a definisanih kroz odgovarajuće zakone i pravilnike. Izvršena je analiza prednosti i nedostataka postojećih sistema obuke vozača sa aspekta stečenih vještina i sposobnosti sigurnog učestvovanja u prometu. U radu je izvršena analiza mogućnosti i doprinosa korištenja simulatora vožnje u postizanju odgovarajućih vještina vozača za sigurno učestvovanje u prometu. Simulatori vožnje predstavljaju nove elemente obuke u mnogim zemljama EU, sa kojima se postižu dobri rezultati u poboljšanju vještina vožnje. Rad prikazuje vrste driver simulatora koji se koriste u EU, sa mogućnostima i efektima njihovog korištenja, te zakonski okvir kao podršku za njihovo korištenje u poboljšanju sigurne vožnje. Također, u radu je dat prikaz simulatora vožnje koji se nalazi u okviru Centra za sigurnost prometa, Fakulteta za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu, koji posjeduje više od 60 različitih simulacijskih i edukacijskih scenarija vožnje, koji se mogu koristiti u svrhu edukacije i sticanja vještina za polaznike obuke, vozače početnike i vozače sa iskustvom. Driver simulatori služe vozačima da poboljšaju svoje vještine vožnje kroz simulacije različitih situacija na cesti (snijeg, led, kiša, magla, i dr.).

*Gljučne riječi: vještine, sigurnost, edukacija, vozači, tehnologije*

### **ABSTRACT**

This paper provides an overview and analyzes of the skills of motor vehicle drivers necessary for safe driving. Subject of analyzes are skills that motor vehicle drivers need to safely participate in traffic. An overview of the skills provided through driver training and defined through appropriate laws and regulations is given. The advantages and disadvantages of existing driver training systems were analyzed in terms of acquired skills and ability to safely participate in traffic. The paper analyzes the possibilities and contributions of using a driving simulator to achieve appropriate driver skills for safe traffic. Driving simulators are a new element of training in many EU countries, with good results in improving driving skills. The paper presents the types of driver simulators used in countries, with the possibilities and effects of using them, and the legal framework to support their use in improving safe driving. Also, the paper presents a simulator of driving, which is located within the Center for Traffic Safety, Faculty of Traffic and Communications, University of Sarajevo, which has more than 60 different simulation and educational driving scenarios, which can be used for the educational purposes and skills acquisition, for trainees, beginner drivers and experienced drivers. Driver simulators help drivers to improve their driving skills through simulations of different road situations (snow, ice, rain, fog, etc.).

*Key words: skills, safety, education, drivers, technologies*

### **UVOD**

Cestovni promet jedno je od bitnih obilježja savremene civilizacije koje plaćamo visokom cijenom nepotrebnog ljudskog stradanja. Cestovni promet predstavlja dio sveobuhvatnog prometnog sistema koji je značajan faktor društvenih zbivanja, jer je nerazdvojiv pratilac razvoja savremenog društva i danas predstavlja najzastupljeniji vid masovnog i individualnog transporta zahvaljujući prednostima koje ima u odnosu na ostale vidove prometa. Promet ne predstavlja problem sam za sebe, već se taj problem javlja u pojavama, odnosima i aktivnostima ljudskog društva. Porast broja motornih vozila i relativno mali obim porasta savremene cestovne mreže, i nedostatka prostora posebno u urbanim dijelovima kao i činjenica da u prometnim nezgodama danas u svijetu smrtno strada daleko više ljudi nego iz bilo kojeg drugog razloga (požari, poplave, zemljotresi itd.) istakli su u prvi plan problem sigurnosti prometa. Uprkos napretku tehnologije prometa, psihofizičko stanje svih učesnika u prometu odlučuje kako će se u stanovitom trenutku odgovorna osoba ponašati da bi predvidjela mogućnost nezgode i da bi je adekvatnom mjerom spriječila. Čovjek kao faktor sigurnosti u prometu prisutan je direktno, kao učesnik u prometu i indirektno, kao graditelj cesta i onaj koji ih održava, kao konstruktor vozila i onaj koji ih održava, kao onaj koji donosi zakone o sigurnosti prometa i brine se o njihovoj primjeni. [1]

Prometne nezgode su prepoznate širom svijeta kao globalni, zdravstveni, društveni i ekonomski problem. Ujedinjene nacije, Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), Globalno partnerstvo za bezbjednost prometa, Svjetska banka i druge važne institucije pripremile su niz dokumenata (rezolucija, direktiva, planova, strategija i preporuka) čiji je cilj smanjivanje stradanja na putevima širom svijeta, a posebno u zemljama u razvoju. [2]

Prema preporuka UN-a, Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) uz pomoć Svjetske banke, potrebno je da zemlje članice UN-a urade sljedeće:

- uspostave instituciju u okviru izvršne funkcije zemlje koja će sistemski upravljati sigurnošću prometom,
- analizirati ozljeđivanje nastalo u prometnim nezgodama i uspostaviti institucije za prevenciju povređivanja,
- usvojiti nacionalne strategije i akcijske planove,
- planirati finansijska sredstva i ljudske potencijale za sprovođenje aktivnosti,
- sprovoditi kampanje i aktivnosti prevencije prometnih nezgoda i analizirati uspješnost aktivnosti,
- uspostaviti institucije za međunarodnu saradnju na polju sigurnosti prometa.

U skladu sa međunarodnom praksom i iskustvima, u svrhu poboljšanja sigurnosti prometa zahtijeva jačanje kapaciteta i sprovođenje interventnih i drugih aktivnosti u okviru pet stubova sigurnosti prometa. [3] Aspekti i sektori koje je potrebno uvrstiti u navedene stubove sigurnosti cestovnog prometa utvrđenih Decenijom akcije za sigurnost cestovnog prometa su: [4] [5]

**Stub 1: Upravljanje sigurnošću prometa:** Upravljanje sigurnošću prometa (institucionalno jačanje); Prometni propisi i zakonodavstvo; Sistem podataka o prometnim nezgodama i njihovim posljedicama; Strategije i akcioni planovi; Finansiranje; Indikatori djelovanja i praćenje.

**Stub 2: Sigurnije ceste i mobilnost:** Planiranje i projektovanje sigurnijih cesta; Preventivne aktivnosti na postojećim cestama (provjere sigurnosti); Aktivnosti na smanjenju broja opasnih mjesta i slično.

**Stub 3: Sigurnija vozila:** Standardi vozila; Tehnički pregledi vozila; Certifikacija i homologacija vozila.

**Stub 4: Sigurniji učesnici u prometu:** Prometno obrazovanje i vaspitanje djece; Osposobljavanje kandidata za vozače i polaganje vozačkih ispita; Kampanje javnog



informisanja; Djelovanje na višestruke povratnike u činjenju prometnih prekršaja; Aktivnosti prometne policije.

**Stub 5: Djelovanje/Zbrinjavanje nakon prometne nezgode :** Služba medicinske hitne pomoći na mjestu prometne nezgode; Unapređenje obezbjeđivanja mjesta prometne nezgode; Poboljšanje sistema uviđaja prometne nezgode; Zajednička obuka spasilaca, policije, vatrogasaca i službe hitne medicinske pomoći; Liječenje i rehabilitacija lica koja su povrijeđena u prometnoj nezgodi.

## 1. VJEŠTINE VOZAČA U OKVIRU OBUKE ZA UPRAVLJANJE MOTORNIM VOZILIMA

Osposobljavanje za vozača motornih vozila prema legislativi obavlja se na osnovu programa datim u okviru odgovarajućih Pravilnika i obuhvata: a. Poznavanje propisa o sigurnosti prometa na cestama, sa osnovama poznavanja motornih vozila, b. Program prve pomoći osobama povrijeđenim u prometnoj nezgodi i c. Upravljanje motornim vozilom. [6]

Program osposobljavanja iz poznavanja propisa o sigurnosti prometa sadrži sljedeće:

- **Propisi u cestovnom prometu:** izrazi, kategorije vozila, uvjeti za upravljanje vozilom, stjecanje prava na upravljanje, obaveze i odgovornosti učesnika u prometu;

- **Ponašanje učesnika u prometu:** prometna kultura, solidaran i human međusobni odnos učesnika u prometu, stavovi i navike, opreznost i pažnja u prometu, uočavanje prometne situacije, procjena opasnosti prometne situacije i proces donošenja pravilne odluke, pravovremeno reagiranje, vrijeme reagiranja, komunikacija između učesnika u prometu, defanzivna vožnja, rizično ponašanje, ponašanje kod prisustva alkohola, opojnih droga ili lijekova u organizmu, utjecaj psihofizičkog stanja i umora, ponašanje učesnika u prometu kao osnovni uzrok prometnih nezgoda, opasnosti vožnje noću;

- **Cesta kao faktor sigurnosti:** karakteristike različitih vrsta cesta, kolovoz i stanje kolovoza, prijanjanja, sile koje djeluju na vozilo, razmak i procjena razmaka između vozila u vožnji, zaustavna cesta vozila, put kočenja i put reagiranja, elementi koji utječu na dužinu puta reagiranja i puta kočenja, radovi na cesti;

- **Znakovi u prometu:** prometni znakovi, vrste, naziv, značenje, prometna svjetla i svjetlosne oznake, oznake na kolovozu i drugim površinama, znaci koje daju ovlaštena lica, zvučni i svjetlosni znaci, postupanje prema znakovima u prometu;

- **Uočavanje prometnih uvjeta i situacije:** uvjeti vidljivosti, vremenske prilike, opažanje i uočavanje prometne situacije, percepcija, predviđanje, osmatranje iz vozila, uočavanje promjene prometnih uvjeta;

- **Ostali učesnici u cestovnom prometu:** posebni rizici vezani uz nedostatak iskustva ostalih učesnika u prometu, pješaci, obaveze vozača prema pješacima, najugroženiji učesnici u prometu, djeca, osnovne psihofizičke karakteristike djeteta-učesnika u prometu koje zahtijevaju posebnu pažnju vozača, lica sa invaliditetom, biciklisti, vozači mopeda, novi vozači;

- **Prometna pravila:** radnje vozilom u prometu, uključivanje u promet i procjena trenutka uključivanja u funkciji brzine i razmaka, kretanje vozila, brzina i procjena brzine kretanja vozila, skretanje, propuštanje vozila i prednost prolaza, promet na raskrsnicima, upravljanje prometom na raskrsnicima, mimoilaženje, pretjecanje i obilaženje, zaustavljanje i parkiranje, promet na prijelazu ceste preko željezničke pruge, promet na auto cesti, broj cesti i cesti namijenjenoj isključivo za promet motornih vozila, promet u tunelu, vozila pod pratnjom i vozila s pravom prvenstva prolaza;

- **Vozilo u funkciji sigurnosti prometa:** dokumenti, osnove funkcioniranja uređaja na vozilu, oprema vozila, zauzimanje pravilnog položaja vozača u vozilu, vidljivost iz vozila, vozačka ogledala, instrument tabla u vozilu, svjetlosno-signalni uređaji i upotreba, sigurnosni pojas i naslon za glavu, uređaj za upravljanje, uređaj za zaustavljanje, vješanje, pneumatici, sigurnosni uređaji, vuča vozila, prijevoz tereta, prijevoz lica, značaj korištenja specijalnih

sjedalica za prijevoženje djeteta u automobilu, značenje oznaka na sjedalicama, registracija i tehnički pregled, postupak u slučaju kvara na vozilu, opasnosti koje mogu prouzrokovati nepričvršćeni predmeti u vozilu pri naglom zaustavljanju, mjere kod napuštanja vozila, ekonomska i ekološki prihvatljiva vožnja;

**-Vožnja u naselju (gradu):** cesta s jednosmjernim prometom, vožnja cestom s više prometnih traka, prestrojavanje, izbor prometne trake, kružni tok prometa, javni gradski prijevoz putnika, vožnja u koloni, zaustavljanje i parkiranje;

**-Vožnja van naselja (grada):** uključivanje i isključivanje iz prometa, razmak između vozila, vožnja u koloni, pretjecanje i obilaženje, zaustavljanje, okretanje, vožnja unazad, vožnja u krivinama, vožnja na uzdužnom nagibu;

**-Dužnosti u slučaju prometne nezgode:** obaveze, postupak, sigurnosne mjere;

**-Vožnja u posebnim uvjetima:** smanjena vidljivost, noć, vremenski uvjeti, kiša, magla, zimski uvjeti, ograničenja prometa.

Osposobljavanje kandidata za vozača vozila se sprovodi na javnoj cesti u stvarnim prometnim uvjetima i obuhvata: Pregled vozila prije upotrebe; Prilagođavanje sjedišta; Uključivanje u promet i isključivanje iz prometa; Polazak vozilom na uzbrdici i nizbrdici; Polukružno okretanje vozila; Parkiranje vozila i napuštanje parkirališta; Vožnja i ponašanje u prometu; Vožnja u raskrsnici; Postupanje prema znakovima u prometu; Uključivanje: na autocestu ili brzu cestu ili cestu rezerviranu za promet motornih vozila i isključivanje s tih cesta; Prilagođavanje brzine vožnje; Pretjecanje i obilaženje: Vožnja u gradu-naselju i van grada-naselja; Vožnja u posebnim uvjetima; Vožnja prometnicama sa posebnim karakteristikama; Odnos prema drugim učesnicima u prometu.

Imajući u vidu dati opis obuke prema sadašnjim programima obuke može se konstatovati da je obim obuke za upravljanje motornim vozilom obiman i obuhvata dosta elementa koji su neophodni za sigurno učestvovanje u prometu. Međutim za specifični dio obuke ne može se obaviti i pripremiti osoba da sigurno učestvuje u prometu ako se nema adekvatnih poligona, centara sigurne vožnje i driver simulatora. Naime, pojedine situacije koje su navedene u trenutnim planovima obuke, nemoguće je izvesti u realnom prometu, pa je stoga potrebno imati posebne centre i simulacijske programe koje će moći obučiti i adekvatno ocijeniti vozača, odnosno poboljšati njegove vještine za pravilno odlučivanje i reagovanje u specifičnim situacijama koje nosi dinamički promet.

## **2. POBOLJŠANJE VJEŠTINA SIGURNE VOŽNJE TRENINGOM NA SIMULATORU VOŽNJE**

Simulatori vožnje predstavljaju nove elemente obuke u mnogim zemljama EU, sa kojima se postižu dobri rezultati u poboljšanju vještina vožnje. Driver simulatori služe vozačima da poboljšaju svoje vještine vožnje kroz simulacije različitih situacija na cesti (snijeg, led, kiša, magla, i dr.). Gotovo u većini zemalja EU kroz programe obuke, do obuke kroz legislativu odrednice obaveza je obuka na Driver Simulatoru. Danas postoje različite izvedbe driver simulatora (simulatori za cestovna, željeznička, zrakoplovna sredstva i dr.). Na slici 1. prikazane su različite izvedbe današnjih driver simulatora.



Slika 1. Primjeri Driver Simulatora

Driver simulatori mogu se koristiti i koriste se u tri osnovna elementa obuke:

- kod početnih sati obuke,
- kod obuke na specifičnim situacijama u prometu,
- kod obuke povratnika u prekršaje.

Kod početnika, odnosno u obuci početnika, tj. prije sjedanja u motorno vozilo odgovarajući broj sati obuke početnici trebaju sprovesti na driver simulatoru, da bi se na takav način „oslobodili strahova“ vožnje i realnog prometa.

U toku same obuke na završetku „realne obuke“ driver simulator treba iskoristiti da bi se osobe obučile oko specifičnih situacija u prometu koje je nemoguće izvesti u realnim tokovima prometa (opasnosti preticanja, opasnosti iskliznuća, opasnosti guste magle, opasnosti poledice, opasnosti velikog snijega, opasnosti iznenadnih prepreka na cesti sl.).

Većina EU zemalja i okruženja imaju kaznene bodove za prekršaje u prometu, na osnovu kojih se prekršioc sa relativno većim brojem prekršaja šalju na specifičnu obuku. Driver simulator ima posebne razvijene module obuke za ove osobe i neophodno je izvršiti obaveznu obuku kroz ove specifičnosti i ocijeniti ih, odnosno upoznati ih sa specifičnim opasnostima koji su isti proizveli prilikom pravljenja odgovarajućih prekršaja.

Pored navedenog, obuka i do obuka na driver simulatoru je po jedinstvenim principima za sve osobe, odnosno program i ocjena je jedinstvena i izbjegnuta je subjektivna ocjena koja je prisutna prilikom „klasične“ obuke vozača motornih vozila.

Isto tako na vrlo jednostavan način mogu se ponavljati situacije sve dok vještine ne budu na razini dobrog i adekvatnog načina reagovanja koji se simuliraju shodno realnoj situaciji.

Driver simulatori kao i ostali simulatori koji se koriste u obuci nisu „igrajuće konzole“ pa ih i ne treba shvatati tako, jer obuka na driver simulatoru i kroz programe koji se danas razvijaju u dobroj mjeri i gotovo u cjelosti mogu odgovoriti na sve složenije i realistične situacije u prometu, kako dizajnom tako i grafikom.

Na sve gore navedene mogućnosti korištenja driver simulatora u obuci se mogu dodavati i ostala mjerna tehnika i uređaji koji će dodatno poboljšati vještine vozača, odnosno povećati

njegove perceptivne mogućnosti za pravovremeno uočavanje opasnosti koje dolaze iz cestovne okoline.

### 3. SIMULATOR VOŽNJE CENTRA ZA SIGURNOST PROMETA, FAKULTETA ZA SAOBRAĆAJ I KOMUNIKACIJE UNIVERZITETA U SARAJEVU

Analizirajući ponudu tržišta u pogledu driver simulatora moguće je uočiti ogromne dijametralne razlike između mnogobrojnih proizvođača driver simulatora. Razlike koje se nude na tržištu se ogledaju kako u funkcionalnim mogućnostima, tako i u troškovima nabavke. Moguće je nabaviti driver simulatore koji omogućuju apsolutnu interakciju u pogledu realističnosti vožnje, pri čemu simulator omogućuje demonstraciju i uticaj svih vanjskih sila koje djeluju na vozilo i vozača tokom vožnje. Ovo se prije svega odnosi na sile koje se javljaju u procesima kočenja, ubrzavanja, kretanja po horizontalnim i vertikalnim krivinama, demonstracija udarnih rupa itd. Ovakvi tipovi driver simulatora su najefektivniji za edukaciju i za provedbu različitih istraživanja ponašanja vozača tokom kretanja u realnim okolnostima i svakako da njihova primjena može biti u potpunosti odobrena sa strane nadležnih institucija, kao zvanični dio obuke unutar sticanja vozačke licence.

Sljedeći ekstrem driver simulatora koji se mogu nabaviti na tržištu jesu simulatori koji su više sredstvo za videoigrice, nego uređaj na osnovu kojeg je moguće simulirati i analizirati realne situacije u okruženju sa kojima se vozači susreću tokom kretanja. Ovakvi tipovi simulatora nisu interaktivni, nemaju mogućnost demonstracije uticaja eksternih sila na vozilo i vozača tokom vožnje, nemaju mogućnost adekvatne analize rezultata nakon vožnje i vrlo često su kontradiktorni sa realnim kretanjem vozila. Na osnovu svega navedenog, preporuka je da niskobudžetni simulatori se ne uzimaju u obzir za realne simulacije i obuke u skolpu procesa dobijanja vozačke licence.

Na osnovu navedena dva ekstrema koja se pojavljuju na tržištu, potrebno je naglasiti da između njih postoji niz drugih ponuda driver simulatora, koji u ovisnosti od funkcionalnosti i cijeni se približuju jednom od navedenih ekstrema. Driver simulator kojeg koristi Centar za sigurnost prometa Fakulteta za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu je simulator proizvođača „Carnetsoft Driving Simulators, koji spada u red simulatora koji imaju dosta dobre funkcionalnosti, dosta dobre izlazne rezultate ali nešto slabije performanse u pogledu analize djelovanja vanjskih sila na vozilo i vozača prilikom vožnje.



Slika 2. Fizičke komponente Carnetsoft Driving simulatora

Carnet Driving Simulator se znatno razlikuje od klasičnih simulatora za video igrice, jer većinom simulatori za video igre imaju mogućnost 60° pomaka pogleda, dok kod ovog simulatora vozaču je omogućen pogled naprijed i nazad, pogled lijevo, pogled desno, pogled u retrovizore, pogled preko ramena na lijevu i desnu stranu što ukupno daje mogućnost pogleda 360°.



Iako simulator nema dovoljnu interakciju sa vanjskim silama koje djeluju na vozilo, potrebno je napomenuti, da se ovdje ne radi o apsolutnoj neinterakciji, veće je interakcija sa realnošću dobijena kroz dvije komponente simulatora, a to su:

1. Interaktivni displej, koji omogućava kroz vizuelne efekte realistično prikazivanje i uticaj sila na vozača prilikom ubrzanja, usporenja i kretanja kroz zakrivljenost i
2. Interaktivni upravljački mehanizam, koji omogućava prijenos vibracija koje se javljaju prilikom različitih uslova vožnje u toku odgovarajuće lekcije.

Također ono što je karakteristično za ovaj simulator jesu njegova tri ključna modula, koja zapravo predstavljaju njegove tri funkcionalnosti za edukaciju i za istraživanje, moduli su objašnjeni u nastavku. [7]



Slika 3. Driver simulator na Fakultetu za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu [8]

**Modul 1: Driver Training Software** – Ovaj modul je zapravo osnovni modul unutar kojeg se nalaze tri skupine lekcija. Svaka lekcija predstavlja skup zadataka koji su rukovođeni sa audio instruktorom vožnje, i koje kandidat treba izvršiti kako bi se izvršila ocjena i procjena njegovih mogućnosti. Lekcije koje se trebaju proći unutar ovog Driving simulatora su prikazane u narednoj tabeli (u tabeli su prikazane samo grupe lekcija, pojedinačne lekcije je moguće pronaći na web stranici Carnetsoft Driving Simulatora, a ukupno ih ima 50).

Tabela 1. Prikaz osnovnih grupa lekcija unutar Carnetsoft Driving simulatora

| Tipovi modula unutar Carnetsoft Driving simulatora |                            |                                  |
|----------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Modul kontrole vozila                              | Modul snalaženja u prometu | Modul specifičnih okolnosti      |
| Pokretanje i gašenje motora                        | Prvenstvo prolaza          | Vožnja pri smanjenoj vidljivosti |
| Upravljanje vozilom                                | Ponašanje na raskrsnicama  | Vožnja u kišnim uvjetima         |
| Promjena stepena prijenosa                         | Kružni tok prometa         | Vožnja pri snijegu               |
| Promjena prometne trake                            | Vožnja u javnom prometu    | Vožnja u noćnim uvjetima         |
| Parkiranje vozila                                  | Vožnja na autoputu         |                                  |

**Modul 2: Research Simulator Software** – Ovaj istraživački modul omogućava kreiranje različitih scenarija u ovisnosti od tematike istraživanja. S obzirom da su tehnički, tehnološki i zakonski parametri prometnog sistema između pojedinih zemalja različiti, ovaj modul omogućava prilagođavanje uslova simuliranja prema prometnom sistemu koji je dominantan za odgovarajuće geografsko područje. Zahvaljujući ovom modulu omogućava se približavanje okruženja kandidatu na obuci. Koristeći ovaj modul omogućeno je sljedeće:

- Dizajniranje prometnica, kao nove virtualne okoline,
- Analiza podataka dobijenih u toku izvršavanja pojedinih lekcija,
- Modul za kreiranje vlastitih scenarija (npr. pojava iznenadne opasnosti na cesti),
- Izvođenje eksperimenata iz psihologije,

- Analiza vožnje pod uticajem opojnih sredstava itd.

**Modul 3: Clinical Modules** - Ovaj modul je vezan za iskusne vozače koji su doživjeli prometne nezgode nakon kojih su ostale traumatske posljedice i vozače kojima je neophodno ispitati reakcione sposobnosti prije izlaska na teren. Klinički moduli se sastoje od 12 tipova simulacija u 5 različitih virtualnih okruženja. Postoje dvije simulacijske vožnje usmjerene na „liječenje“ straha od vožnje. Osim toga, postoje dva jednostavna testa za simulaciju vožnje, te dvije simulacije usmjerene na procjenu sposobnosti vožnje koja se odnose na test vremena reagovanja na kočenje i test vremena reakcije na upravljanje. Nadalje, postoji 6 složenijih vozačkih ispita usmjerenih na procjenu sposobnosti vozača. Ovi testovi uključuju brojne neočekivane situacije i vožnju u zahtjevnijim okolnostima, na primjer test za ispitivanje pospanosti je usmjeren na ljude s poremećajima spavanja itd.

Interaktivnost i funkcionalnost Carnetsoft Driving simulatora se ogleda i u tome što je kompaktilan sa uređajima drugih kompanija koji se koriste za analizu parametara sigurnosti prometa. Jedan od takvih uređaja jeste i uređaj TrackIR koji se koristi za identifikaciju položaja glave vozača prilikom poduzimanja specifičnih radnji u prometu kao što su skretanje na raskrsnicama, promjena prometne trake, mimoilaženje i preticanje. Isto tako simulator podržava uređaj za praćenje fokusa pogleda vozača, uređaj za mjerenje kočione sile na papučici kočnice i dr.

Krajnji rezultat spomenutog softvera jesu izlazni rezultati na osnovu kojih se može napraviti SWOT analiza svakog kandidata. Prateći ocjene po pojedinim lekcijama, potom po pojedinim kriterijima koji su postavljeni za svaku od lekcija može se izvršiti detaljna analiza slabosti i snaga svakog kandidata, kako bi se na osnovu toga moglo dalje djelovati radi eliminacije ili ublažavanja onih elemenata vožnje koji mogu imati negativne uticaje na sigurnost u prometu.

Carnetsoft driving simulator

Student Progress Report

Simulator

name student

address

town

telephone

| Name lesson   | Date   | Time           | Duration (min)        | Distance (km) | Fuel (l/100 km) |
|---------------|--------|----------------|-----------------------|---------------|-----------------|
| P-Traffic1    | 4-2-20 | 15: 5          | 12                    | 8.55          | 6.55            |
| Grade:        |        |                | 4.00                  |               |                 |
| Advice:       |        |                | Failed for P-Traffic1 |               |                 |
| Tasks         | Grade  | Main errors    |                       |               |                 |
| General       | 10.00  | speed too high |                       |               |                 |
|               |        |                |                       |               |                 |
| Lane position | 10.00  |                |                       |               |                 |
| Speed control | 4.00   |                |                       |               |                 |
| Steering      | 10.00  |                |                       |               |                 |
|               |        |                |                       |               |                 |
| Signs         | 10.00  |                |                       |               |                 |

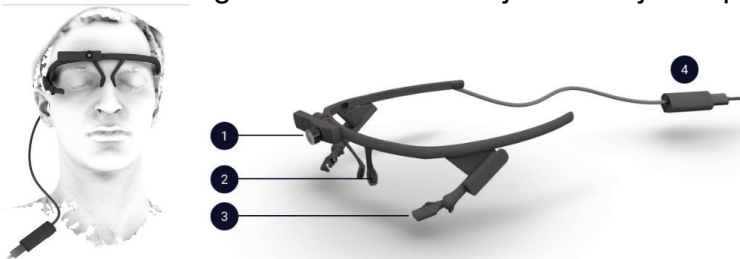
Slika 4. Dio izvještaja koji daje Carnetsoft Driving Simulator

Na prethodnoj slici je dat prikaz dijela izvještaja o analizi vožnje za određenog kandidata. Jedan ovakav izvještaj se sastoji od osnovnih podataka o kandidatu, podataka o vremensko prostornim parametrima tretirane lekcije, potrošnji goriva za izvršenje definisanih zadataka, i ocjenama po pojedinim kriterijima koji su definisani za svaku lekciju. Analizirajući dio prikazanog izvještaja možemo vidjeti da se radi o kandidatu koji ne vodi dovoljno računa o brzini kretanja vozila prema definisanim prometnim propisima, pa nam to služi kao ključni ulazni podatak na osnovu kojeg ćemo davati dalje instrukcije za posmatranog kandidata.

U ovom tekstu navedene su samo osnovne specifikacije i informacije o Carnetsoft Driving Simulatoru, ali njegove realne mogućnosti su znatno veće.

#### 4. TESTIRANJE I ANALIZA VJEŠTINE VOZAČA PREMA POBUDI IZ OKOLINE CESTE

Testiranje i analiza vještina vozača prema pobudi iz okoline ceste izvršeni su pomoću uređaja i komponente Pupil Core platforme. Testirani su vozači koji imaju dugogodišnje vozačko iskustvo, a testiranje je obavljeno u realnim uslovima prometa, te dodatno u virtualnim uslovima pomoću simulatora vožnje. Testiranje i analiza pogleda vozača obavljena je na ulicama sa jednosmjernim prometom, pri čemu je desna prometna traka bila vozna, dok su na lijevoj prometnoj traci bila parkirana vozila. Dodatno su selektovani samo snimci vožnje u uslovima okoline kada u vidnom polju vozača nije bilo pokretnih prepreka. Na osnovu rezultata izvršenog testiranja, gdje su evidentirana određena neznatna odstupanja, došlo se do određeni generalizovanih zaključaka koji su opisani u nastavku.



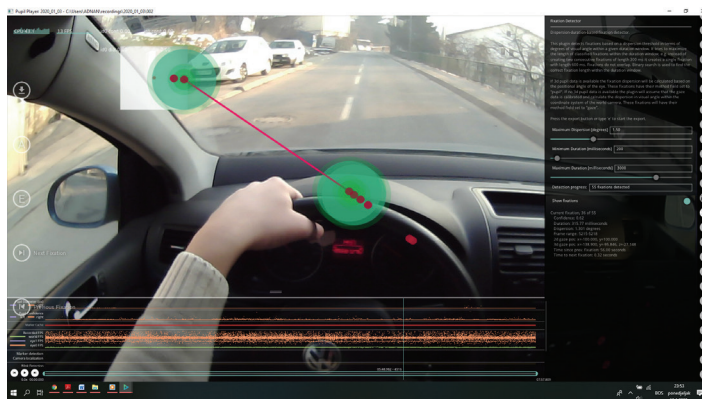
1. Kamera za snimanje vidnog polja
2. Prilagodljivi noseći elementi za glavu/nos
3. Kamera za snimanje pokreta očiju
4. USB konektor za povezivanje sa softverom i računarom

Slika 5. Pupil Core hardverske komponente [9]

Početak testiranja je ulazak vozilom u opisanu jednosmjernu ulicu, pri čemu na samom ulazu u ulicu vozač usmjerava pogled na voznu prometnu traku bez fiksacije, a zatim prebacuje pogled lijevo na parkirana vozila, gdje dolazi do fiksacije najčešće prvog, drugog ili trećeg parkiranog vozila. Nakon toga, vozač prebacuje pogled na prostor vozne trake ispred sebe, gdje se u toku vožnje pogled vozača usmjerava djelomično i na desnu stranu pored kolovoza, odnosno na lijevu stranu prema parkiranim vozilima. Međutim, najveće zadržavanje i usmjerenost pogleda, preko 75 % vremena je na voznu traku, gdje dolazi do značajnijih fiksacija prostora na površini vozne prometne trake.

Nakon provedenih testiranja izvršena je analiza pogleda vozača u navedenim specifičnim uslovima u korelaciji sa rizikom i pobudom iz prometne okoline. Usmjerenost pogleda vozača na voznu prometnu traku ispred sebe na samom početku jednosmjerne ulice može biti povezano sa efektom pristrasnosti središnje fiksacije. Nakon toga prebacivanje pogleda na parkirana vozila sa lijeve strane može biti u korelaciji sa rizicima i opasnostima u vidu pojave drugih vozila koje vozač uobičajeno očekuje da se pojave u suprotnoj prometnoj traci. Međutim, nakon zadržavanja pogleda na parkiranim vozilima i formiranja fiksacija na istim, na osnovu prikupljenih informacija (prolaskom pored drugog ili trećeg vozila), vozač shvata da su u lijevoj prometnoj traci parkirana vozila, pri čemu se najvjerovatnije parkirana vozila procesuiraju i shvataju od strane vozača kao elementi bez ikakvog potencijalnog rizika. Nakon toga, prolazak pored većeg broja parkiranih vozila najvjerovatnije kod vozača stvara osjećaj monotonije koji pod uticajem efekta pristrasnosti središnje fiksacije prebacuje pogled na voznu prometnu traku ispred sebe. Prebacivanje pogleda desno i lijevo u toku nastavka vožnje, može biti u korelaciji sa specifičnostima elemenata i interesnih područja koji motiviraju vozača za prebacivanjem pogleda, a koji se u toku vožnje pojavljuju u vidnom polju, kao što su boja i tip parkiranih vozila ili objekti pored ceste, reklamni panoi, prometni znakovi i slično.

Navedena analiza i provedeno testiranje omogućavaju da se naglase potencijalni rizici i iznenadne neočekivane opasnosti u prometu na koje vozači moraju posebno obratiti pažnju. Kao karakterističan primjer mogu biti iznenadni izlasci pješaka na kolovoz iza parkiranih vozila ili drugih objekata u blizini kolovoza. Osnovno obilježje ovih rizika i opasnosti je veoma kratko raspoloživo vrijeme za reagovanje vozača i poduzimanje sigurnosnih radnji za izbjegavanje naleta vozila na pješaka. Zato vozači sa boljim sposobnostima i stečenim vještinama adekvatnog pristupa i fokusiranosti pogleda u toku vožnje, imaju veće mogućnosti za pravovremeno uočavanje rizika (iznenadnih izlazaka pješaka na kolovoz), odnosno veće mogućnosti za izbjegavanje naleta vozila na pješaka. Navedena analiza i opisani karakteristični primjer otvaraju širok spektar potencijalnih mogućnosti korištenja sistema za praćenje pokreta oka u svrhu edukacije i obuke vozača početnika, ali i vozača sa iskustvom u vožnji. Dakle, navedeni sistemi za praćenje pokreta oka se mogu koristiti prilikom obuke vozača, a zatim rezultate analize iskoristiti za sugerisanje i korigovanje pogrešnih reakcija, odnosno za poboljšanje sposobnosti i vještina vozača.



Slika 6. Prikaz korisničkog interfejsa Pupil Core prilikom analize pogleda vozača u realnim uslovima prometa



Slika 7. Prikaz korisničkog interfejsa Pupil Core prilikom analize pogleda vozača u virtualnom okruženju pomoću simulatora vožnje Carnetsoft [10]

## Zaključak

Pregledom i analizom vještina vozača motornih vozila neophodnih za sigurnu vožnju koje trenutno dobijaju vozači kroz obuku je nedovoljna i neadekvatna posebno sa aspekta specifičnih karakteristika prometa.

Analizom mogućnosti i doprinosa korištenjem simulatora vožnje u postizanju odgovarajućih vještina vozača za sigurno učestvovanje u prometu konstatovane su njegove mogućnosti i prednosti kao i neophodnost korištenja u obuci vozača motornih vozila.



Simulatori vožnje koji trenutno mogu da posjeduju i do 60 različitih simulacijskih i edukacijskih scenarija vožnje, mogu se iskoristiti u svrhu edukacije i sticanja vještina za polaznike obuke, vozače početnike i vozače sa iskustvom kao i vozače prekršioce.

Driver simulatori služe vozačima da poboljšaju svoje vještine vožnje kroz simulacije različitih situacija na cesti (snijeg, led, kiša, magla, i dr.).

## Literatura

- [1] O. Lindov, "*Road Traffic Safety*." Faculty of Traffic and Communication, 2007.
- [2] "WHO | Road safety strategy for the United Nations and its personnel: a partnership for safer journeys," *WHO*, 2019.
- [3] Fakultet za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu, "Strategija sigurnosti cestovnog saobraćaja za područje Kantona Sarajevo za period 2016.-2020.," Sarajevo, 2016.
- [4] "Global Plan for the Decade of Action for Road," 2009.
- [5] "Decade of Action for Road Safety 2011—2020 | National Road Safety Strategy." [Online]. Available: <https://www.roadsafety.gov.au/global/decade-of-action>. [Accessed: 09-Feb-2020].
- [6] M. komunikacija i prometa B. i Hercegovine, "Pravilnik o osposobljavanju za vozača motornih vozila," "*Službeni glasnik BiH*", br. 6/06, 75/06, 44/07, 84/09, 48/10, 18/13, 8/17, 89/17, 9/18 i 74/18), 2018. [Online]. Available: <http://www.sluzbenilist.ba/page/akt/ZPmttnPcmTo=>. [Accessed: 09-Feb-2020].
- [7] C. B.V, "Data sampling and data storage for research simulators."
- [8] "TRAFSAF project." [Online]. Available: <https://www.fsk.unsa.ba/projekti/trafsaf-project.html>. [Accessed: 09-Feb-2020].
- [9] "Pupil Labs | We build state of the art eye tracking technology. Use our tools to make the hidden patterns of perception visible and actionable." [Online]. Available: <https://pupil-labs.com/>. [Accessed: 09-Feb-2020].
- [10] "Carnetsoft car driving simulator for training, assessment and research." [Online]. Available: <https://cs-driving-simulator.com/>. [Accessed: 14-Jan-2020].

# **POVEĆANJE SIGURNOSTI PJEŠAČKOG I BICIKLISTIČKOG PROMETA KORIŠTENJEM WEBGIS PROGRAMSKOG SUSTAVA**

*(engl. INCREASING PEDESTRIAN AND BICYCLE TRAFFIC SAFETY BY USING  
WEBGIS SOFTWARE)*

## **Autori:**

Miloš Đanković, dipl. ing. prom., Promet i prostor d.o.o.

Marino Ivasić, dipl. ing. prom., Grad Karlovac

Ivan Močnik, mag. ing. traff., Promet i prostor d.o.o.

Fran Peručić, mag. ing. geod. et geoinf., Promet i prostor d.o.o.

## **SAŽETAK**

Grad Karlovac upravlja s 115 km pješačkih, 35 km biciklističkih, te 17 km pješačko-biciklističkih staza na svome administrativnom području. Proces upravljanja prometnim površinama između ostaloga podrazumijeva radnje evidentiranja, planiranja, projektiranja i gradnje te redovnog i izvanrednog održavanja prometnih površina. Kako bi se poboljšala funkcionalnost i povećala sigurnost gospodarenja prometnim površinama, bilo je potrebno provesti analizu postojećeg stanja pješačkih i biciklističkih staza, a zatim nadograditi jedinstvenu bazu prometne infrastrukture Grada.

Grad Karlovac prepoznao je prednosti koje pruža upotreba GIS alata u upravljanju prometnom infrastrukturom i sredinom 2013. godine donio je odluku o uvođenju središnjeg GIS-a za upravljanje prometnom infrastrukturom. Geografski informacijski sustav (GIS) je sustav za upravljanje prostornim podacima i osobinama pridruženih njima.

U gradskom je GIS-u već ranije bio uspostavljen Sustav održavanja komunalne infrastrukture, koji je nadograđen cjelokupnom prometnom infrastrukturom gradskog područja. Moduli „pješačko-biciklističke površine“ kao i „pješačko-biciklistički pravci“ suvremena su programska rješenja bazirana na GIS tehnologiji za vođenje baze podataka biciklističke infrastrukture na administrativnom području Grada Karlovca.

Uvođenjem tih modula olakšao se cjelokupan proces upravljanja prometnim površinama biciklističke infrastrukture administrativnog područja Grada što je doprinijelo povećanju sigurnosti sudionika prometa.

**Ključne riječi:** biciklistička infrastruktura, GIS, prometna rješenja

## **ABSTRACT**

The city of Karlovac operates with 115 km of pedestrian trails, 35 km of cycling trails and 17 km of pedestrian and bicycle paths in their administrative area.

The process of managing traffic surfaces, among other things implies actions of recording, planning, design, construction as well as the ordinary and extraordinary maintenance of road surfaces. In order to enhance functionality and improve safety management of traffic areas, it was necessary to conduct an analysis of the current state of walking and biking trails, and then upgrade the unique transport infrastructure base of the city.

The city of Karlovac has recognized the benefits in using GIS tools in the management of transport infrastructure and in mid-2013 decided on the introduction of a central GIS platform for the management of transport infrastructure. Geographic Information System (GIS) is a system for managing spatial data and associated attributes. The maintenance system of utility infrastructure was already established in city's GIS, which was upgraded to the entire transport infrastructure of urban areas.

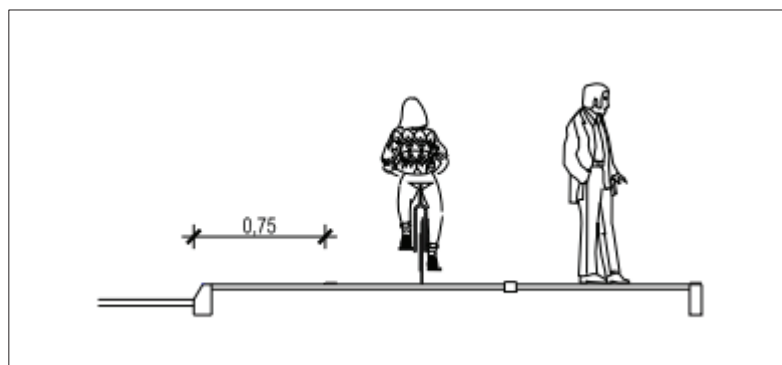
Modules 'pedestrian and bicycle area' as well as 'pedestrian and cycling routes' are contemporary software solutions based on GIS technology for managing databases of cycling infrastructure of the city administrative area. Introduction of those modules facilitate the entire process of managing cycling traffic infrastructure of the city administrative area, which contributed to increasing safety of traffic participants.

**Keywords:** cycling infrastructure, GIS, traffic solutions

## 1. Uvod

Na temelju članka 17. stavka 7. Zakona o cestama (»Narodne novine« br. 84/2011, 22/2013, 54/2013, 148/2013 i 92/2014), ministar pomorstva, prometa i infrastrukture u suglasnosti s ministrom nadležnim za graditeljstvo i prostorno uređenje donosi Pravilnik o biciklističkoj infrastrukturi kojim se propisuju osnovna načela planiranja te elementi za projektiranje, izgradnju i održavanje biciklističke infrastrukture.

Jedan od osnovnih pojmova u biciklističkoj infrastrukturi je „biciklističko-pješačka staza“ koja je definirana kao: „prometna površina namijenjena za kretanje biciklista i pješaka, izgrađena odvojeno od kolnika i označena odgovarajućom prometnom signalizacijom“ (slika 1).



*Slika 1. Prikaz pješačko-biciklističke staze*

*Izvor: Pravilnik o biciklističkoj infrastrukturi (NN 28/16)*

Pri planiranju i projektiranju biciklističke infrastrukture potrebno je primjenjivati načela:

- sigurnosti,
- ekonomičnosti,
- cjelovitosti,
- izravnosti,
- atraktivnosti.

**Sigurnost** biciklističke infrastrukture potrebno je osigurati planiranjem, projektiranjem i građenjem na način da usvojena rješenja udovoljavaju sigurnosnim zahtjevima prema dostignućima i pravilima struke. **Ekonomičnost** biciklističke infrastrukture pri projektiranju i izgradnji podrazumijeva odabir rješenja koja su



opravdana i ekonomski prihvatljiva. **Cjelovitost** biciklističke mreže osigurava se međusobnim povezivanjem biciklističkih prometnih površina u biciklističku mrežu i njihovom integracijom u cestovnu mrežu. **Izravnost** putovanja osigurava se na način da biciklističke prometnice, uključujući i cestovnu mrežu kojom se smiju koristiti biciklisti, omogućuju biciklistima izbor optimalne rute kretanja od polazišta do cilja. **Atraktivnost** biciklističkih prometnica postiže se planiranjem izvan profila ceste kada je to izvedivo i ekonomski opravdano na način da je trasa biciklističke prometnice usmjerena na atraktivne objekte u prostoru i vođena na način da osigura vizuru preglednosti između biciklista i atraktivnih objekata u prostoru.

Za unaprjeđenje biciklističke infrastrukture potrebno je prije svega kvalitetna analiza postojećeg stanja, tj. prednosti i nedostatka, kako bi se na temelju toga mogla odrediti kvalitetna strategija razvoja koja uz kvalitetu i obuhvaćanje cjelovite infrastrukture sa ciljem promocije uporabe bicikla. Biciklistička infrastruktura je neophodna za udobnu i sigurnu vožnju, naročito u velikim urbanim sredinama u kojima veliki problem stvaraju prezagušene i brze prometnice. Svakim danom broj motornih vozila se povećava, a samim time i zahtjevi za širim i većim brojem prometnicama koje bi mogle prihvatiti toliki broj vozila je u stalnom porastu. Biciklistički promet je u nepovoljnom položaju u odnosu na motorni i pješački promet, zbog dosadašnjeg načina planiranja i izgradnje biciklističke infrastrukture. (S. Komadina, 2018.)

Kako bi se poboljšala funkcionalnost i povećala sigurnost gospodarenja prometnim površinama Grada Karlovca, bilo je potrebno provesti analizu postojećeg stanja pješačkih i biciklističkih staza, a zatim nadograditi jedinstvenu bazu prometne infrastrukture Grada. Dosadašnja se praksa uglavnom oslanjala na papirnatu dokumentaciju, usmenu ili telefonsku komunikaciju te na približno lociranje objekata na kartama. Zbog toga je bilo otežano pratiti faze provedbe prometnog rješenja kao i ažuriranje baze podataka ovisno o rješenju. Optimalno okruženje za generiranje takvih rješenja je geoinformacijski sustav (GIS).

Uvođenjem modula „pješačko-biciklistički pravci“, kao i „pješačke ili biciklističke površine“ olakšao se cjelokupan proces upravljanja prometnim površinama administrativnog područja Grada.

## 2. Središnji GIS Grada Karlovca

Grad Karlovac je prepoznao prednosti koje pruža upotreba GIS alata u upravljanju prometnom infrastrukturom i sredinom 2013. godine donio je odluku o uvođenju središnjeg GIS-a za upravljanje prometnom infrastrukturom. Na primjeru prometnog GIS-a Grada Karlovca mogu se predstaviti ciljevi koji su očekivani od sustava:

- upotreba vlastite infrastrukture;
- prikaz prostornih i ne prostornih podataka;
- olakšavanje i ubrzavanje rada djelatnika gradske uprave;
- omogućavanje pristupa podacima svim dionicima prometnog sustava;
- ubrzavanje komunikacije između raznih odjela gradske uprave i ostalih dionika prometnog sustava;
- širenje sustava na ostala područja upravljanja (zelene površine, urbana oprema, prostorno planiranje, upravljanje komunalnim obveznicima ...).

Kako bi se postigla dostupnost ažurnih informacija o svim sastavnicama prometnog sustava, Grad Karlovac odlučio se na upotrebu naprednije verzije GIS alata pod nazivom webGIS. Glavno obilježje sustava očituje se u tome što korisnici zajednički uređuju središnju bazu tako da je svaka promjena vidljiva svim korisnicima čim je napravljena, a pristup bazi podataka omogućen je s bilo kojeg uređaja koji ima pristup internetu (računalo, tablet, pametni telefon) putem web preglednika.

Za područje Grada Karlovca razvijeno je više specijaliziranih GIS aplikacija koje koriste zajedničke podatke: *e-ceste* za upravljanje prometnom infrastrukturom, *e-zelenilo* za upravljanje zelenim površinama, *e-vatrogastvo* za upravljanje djelatnostima vatrogasne službe itd. Unutar sustava *e-ceste* razvijeno je više modula od kojih se mogu istaknuti: modul ceste, modul parkirališta, modul pješačko-biciklističke površine, modul pješačko-biciklistički pravci, modul vertikalna signalizacija, modul mostovi, modul autobusna stajališta i modul horizontalna signalizacija.

Kasnije su dodani moduli za pregled georeferenciranih panoramskih videosnimaka, unos i pregled odvodnih kanala uz cestu, linearno referenciranje te integraciju baza podataka s drugim informatičkim sustavima (semafori, videonadzor,

brojači prometa, GPS praćenje vozila) čime se GIS pozicionirao kao središnji sustav pregleda baza podataka s komponentom prostornog prikaza

## **2.1. Modul pješačko-biciklistički pravci**

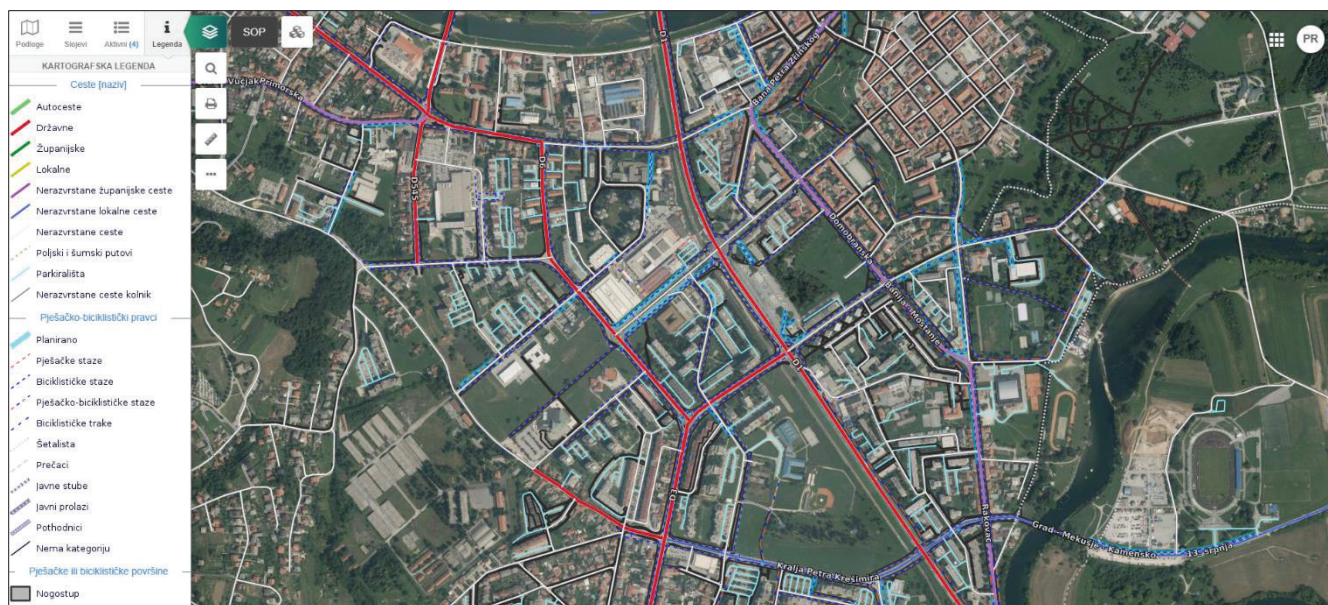
Modul pješačko-biciklistički pravci suvremeno je programsko rješenje bazirano na GIS tehnologiji koje objedinjuje dva inicijalna modula: pješačke staze i biciklističke staze. Unutar tog modula nalaze se kategorije: biciklističke staze, pješačke staze, pješačko-biciklističke staze, biciklističke trake, šetališta, prečaci, javne stube, javni prolazi i pothodnici.

Uspostavom ovog programskog rješenja jedinica lokalne samouprave ima mogućnosti:

- jednostavnije organizacije održavanja površina biciklističkih i pješačkih staza (čišćenje, obnova završnog sloja, horizontalna signalizacija, zimska služba i dr.)
- planiranja novih biciklističkih i pješačkih staza (ucrtavanje planiranih staza u sustav)
- dostupnosti podataka o širini, duljini i površini te izvedbi završnog sloja biciklističkih i pješačkih staza na području grada/općine
- ucrtavanja i planiranja rampi za olakšano prelaženje visinskih prepreka (pr. nogostupi)
- dodavanja dokumentacije (skice, rješenja, fotografije) za sve biciklističke i pješačke staze
- pretraga i analiza biciklističkih i pješačkih staza po ulicama, gradskim četvrtima, naseljima i sl.

### 3. Upravljanje, evidentiranje i analiza prometnih rješenja

Na glavnom sučelju GIS-a prikazani su svi pješačko-biciklistički pravci i površine, koji se nalaze unutar istoimenih slojeva. Slojeve je moguće kombinirati, te prikazati pješačko-biciklističke pravce uz ceste kako je prikazano u primjeru na slici 2.

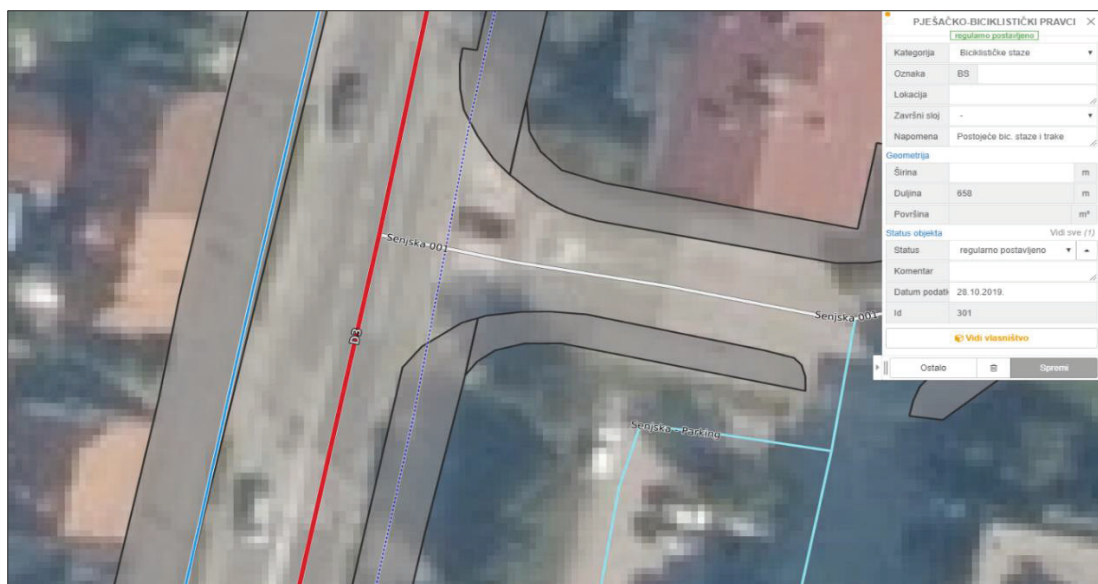


*Slika 2. Prikaz pješačko-biciklističkih pravaca i površina u GIS-u*

*Izvor: pipGIS® Grada Karlovca*

Klikom na pojedini objekt otvara se atributna tablica (slika 3) u kojoj su navedene specifikacije objekta (tip, duljina, kojoj cesti pripada,...). Korisnik proizvoljno bira attribute koji će se prikazati u sustavu ovisno o potrebama rada. Moguće je provjeriti status objekta, je li u planu za postavljanje ili je već proveden, te evidenciju katastra ( na kojoj se katastarskoj čestici nalazi).





Slika 3. Prikaz atributa izdvojenog pješačko-biciklističkog pravca

Izvor: pipGIS® Grada Karlovca

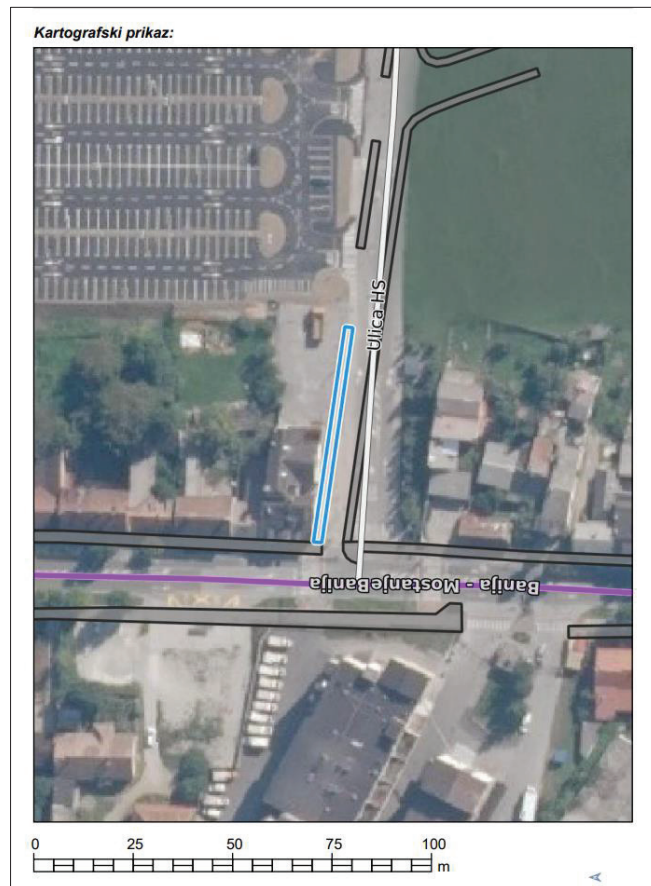
Na slici 4 prikazana je atributna tablica pješačko-biciklističkih površina s izdvojenim atributima o pojedinom objektu. Podatke je moguće pretraživati prema kategorijama (napredno pretraživanje) čime se filtriraju oni koji nisu od trenutnog interesa. Tablicu je moguće preuzeti u formatima .XLSX, .DFX ili .SHP, čime je optimizirana daljnja analiza i izrada izvještaja.



Slika 4. Prikaz atributne tablice pješačko-biciklističkih površina s izdvojenim atributima o pojedinom objektu (u primjeru: Stepenice)

Izvor: pipGIS® Grada Karlovca

Također, moguće je preuzeti atributnu tablicu pojedino selektiranog objekta kao i kartografski prikaz selektiranog objekta u PDF-u kao što je prikazano u primjeru na slici 5.



*Slika 5. Preuzimanje selektiranog objekta u obliku kartografskog prikaza*

*Izvor: pipGIS® Grada Karlovca*

## 4. Zaključak

Živimo u doba digitalizacije i sve naprednije tehnologije i programskih rješenja. Baze podataka se povećavaju i pojedincu je sve teže uspješno rukovoditi sa sve većom količinom podataka.

Sustav održavanja prometne infrastrukture unutar GIS-a Grada Karlovca pokazao se kao moćan alat koji optimizira radne procese upravljanja, evidentiranja, izgradnje ali i mnogih drugih. Omogućuje jednostavno pretraživanje, vizualizaciju i analizu podataka, kategorijski i sistematično. To znatno doprinosi organizaciji rada, dostupnosti podacima te planiranju novih poslova.

Optimizacijom poslovnih procesa upravljanja prometnih površina proporcionalno se povećava sigurnost sudionika prometa, a upravo ona predstavlja krajnju točku prema kojoj su usmjerene aktivnosti planiranja, upravljanja i održavanja prometne infrastrukture.

Komunikacija među dionicima održavanja prometne infrastrukture kao i vanjskih subjekata je poboljšana jer je uspostavljen središnji sustav koji sadrži sve relevantne podatke. U kombinaciji s postojećim funkcionalnostima sustava, modul za prometna rješenja postat će nezamjenjiva komponenta u radnom procesu odjela za održavanje prometne infrastrukture u Gradu Karlovcu.

## Literatura

- [1] Đanković M., Ivasić M., Močnik I., Peručić F., 2019. Upravljanje procesom izrade, praćenja i evidentiranja prometnih rješenja korištenjem WebGIS programskog sustava
- [2] Pravilnik o biciklističkoj infrastrukturi (NN 28/16)
- [3] Komadina S., 2018. Prijedlog razvitka biciklističke infrastrukture na području grada Zagreba
- [4] Katalog PiPGIS modula (pristup 10.1.2020.)



# PREGLED IZDANIH UPOZORENJA NA OPASNE VREMENSKE POJAVE U HRVATSKOJ S CILJEM POBOLJŠANJA SIGURNOSTI U PROMETU

## Review of issued weather warnings in Croatia to improve road safety

Dunja Plačko-Vršnak, Petra Mikuš Jurković, Dragoslav Dragojlović

Državni hidrometeorološki zavod

Grič 3, Zagreb, Hrvatska

[dplacko@cirus.dhz.hr](mailto:dplacko@cirus.dhz.hr)

**Sažetak:** U Hrvatskoj, neovisno o godišnjem dobu, postoje dionice cesta na kojima dolazi do otežanog odvijanja ili čak prekida prometa, ovisno o meteorološkim uvjetima. Osim praćenja svakodnevnih prognoza, uvažavanje upozorenja na opasne vremenske pojave jedan su od preduvjeta za sigurno odvijanje prometa. Meteorološki parametri koji mogu ugroziti odvijanje prometa, a na koje se odnose upozorenja su vjetar, količina i vrsta oborina, visina snijega, poledica i magla. U zimskom dijelu godine, za posebne korisnike (Državna i privatna društva za upravljanje, građenje i održavanje cesta) svakodnevno se prognozira stanje vremena koje može utjecati na odvijanje prometa. Osim toga, na raspolaganju su i upozorenja na opasne vremenske pojave objavljene za javnost, u sustavu Meteoalarm. Analizom izdanih upozorenja u razdoblju od 2009 do 2018. u Hrvatskoj u sustavu Meteoalarm pokazalo se da su najčešća upozorenja za vjetra. Najviše ih se odnosi na olujnu i orkansku buru na sjevernom Jadranu koja uzrokuje djelomičan ili potpuni prekid prometa na pojedinim dionicama. U zimskom dijelu godine valja izdvojiti i upozorenja na snijeg, odnosno poledicu u koja su uključena i upozorenja za ledenu kišu.

*Ključne riječi: upozorenja na opasne vremenske pojave, meteorološki parametri, sigurnost u prometu*

**Abstract:** In Croatia, regardless of the season, there are road sections where traffic is impeded or even interrupted depending on weather conditions. In addition to monitoring daily forecast, taking into account weather warnings is one of the prerequisites for safe traffic flow. Meteorological parameters which may endanger traffic and to which weather warnings refer to are wind, precipitation (amount and type), ice and fog. In the winter time, for special customers like state and private road companies, weather forecasts are issued on daily basis. In those forecasts more attention is paid to above mentioned weather parameters. In addition, weather warnings issued in Meteoalarm system are also available. An analysis of the issued warnings from 2009 to 2018 in Croatia in the Meteoalarm system revealed that the most common are wind warnings. Most of them were warnings for wind speed on the

North Adriatic where bora wind (NE wind) is often gale force and causes difficulties or interruption of road traffic between inland and seaside. In the winter time snow warnings should be emphasised, which include warnings for ice and black ice.

*Key words: weather warnings, meteorological parameters, road safety*

## 1. Uvod

Vremenske prilike te informacije vezane uz vrijeme dio su naše svakodnevnice. Stoga ne čudi što meteorološki uvjeti na nekim dionicama cesta u Hrvatskoj, neovisno o godišnjem dobu, uvelike određuju odvijanje cestovnog prometa te direktno utječu na sigurnost u prometu. Pravodobna raspoloživost informacijama vezanim uz aktualno stanje vremena te razvoj vremenskih prilika omogućava umanjivanje šteta koje nastaju uslijed ekstremnih meteoroloških prilika te povećanje sigurnosti u prometu. [1]

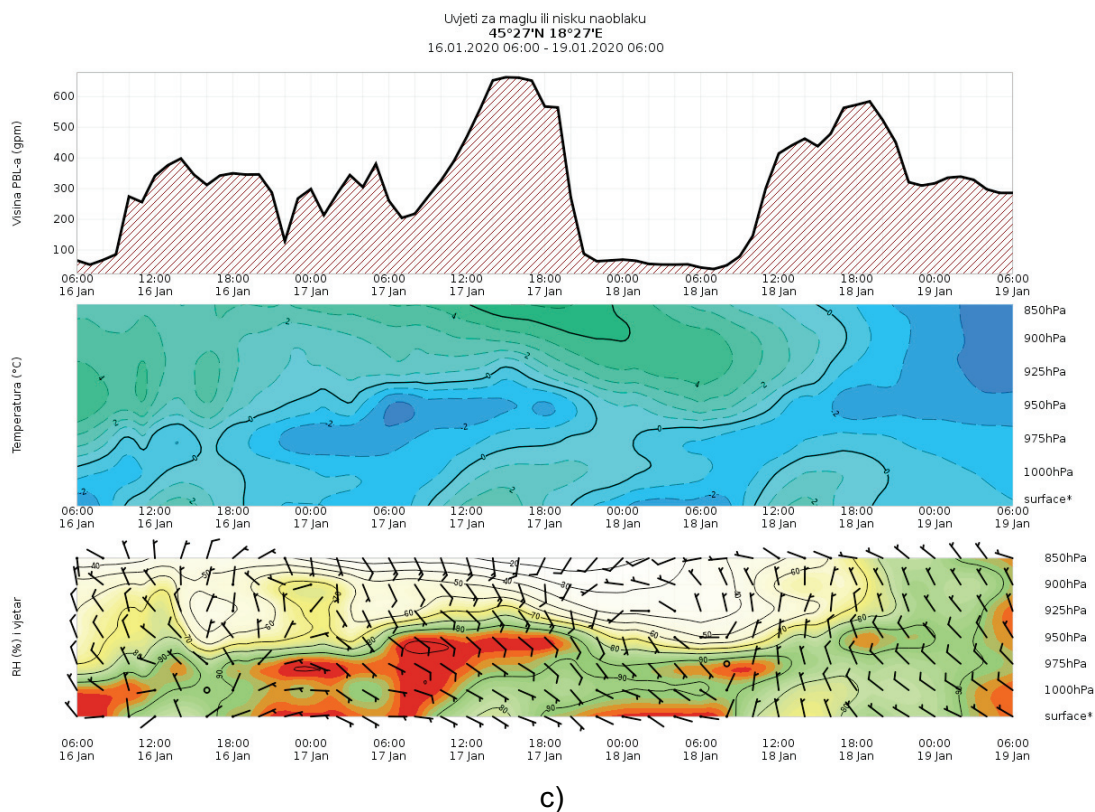
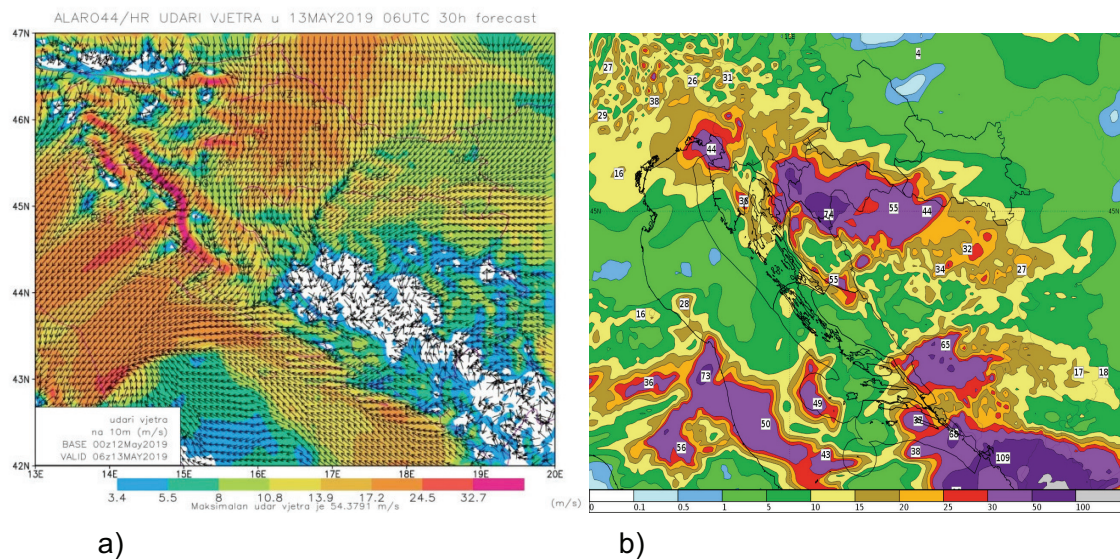
Služba za vremenske analize i prognoze, koja je dio Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ), zadužena je za izdavanje vremenskih prognoza te upozorenja na opasne vremenske pojave, kako za javnost, tako i za posebne korisnike [2]. Jedan oblik prognoza za posebne korisnike su i prognoze za korisnike cestovnog prometa (Državna i privatna društva za upravljanje, građenje i održavanje cesta), a dugogodišnja suradnja između DHMZa i službi za održavanje cesta pokazatelj je korisnosti prosljeđenih informacija.

Inače, DHMZ je dio svjetske mreže nacionalnih meteoroloških i hidroloških službi pod okriljem Svjetske meteorološke organizacije.

## 2. Utjecaj vremena na odvijanje prometa i prognoza meteoroloških parametara

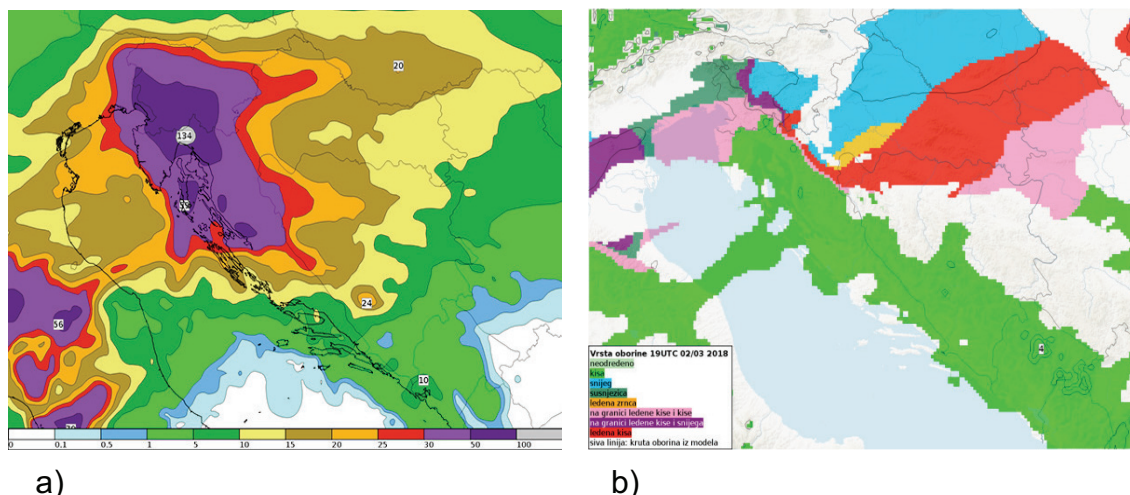
Meteorološki parametri koji mogu ugroziti odvijanje prometa, a na koje se odnose prognoze vremena za posebne korisnike te upozorenja na opasne vremenske pojave su vjetar, količina i vrsta oborina, visina snijega, poledica i magla. Tako se primjerice u situacijama kada se prognozira jak, na udare olujan vjetar u nekom dijelu Hrvatske od strane odgovornih i nadležnih službi uvodi ograničenje brzine kretanja na određenim dionicama cesta ili se promet za neke (ili sve) kategorije vozila prekida. Isto tako prognozira li se velika količina oborina, na primjer snijega, unaprijed se izdaje upozorenje u kojem se savjetuje način ponašanja u prometu u cilju njegovog neprekinutog i sigurnog odvijanja ili se nude alternativni pravci za određene destinacije.

Vremenske prognoze za korisnike cestovnog prometa (Hrvatske ceste, HAC, EGIS, Zagrebačke ceste, Županijske ceste) izrađuju se u razdoblju od 1.studenog do 15.travnja., i to u DHMZu u Zagrebu te u Pomorskom meteorološkom centru u Splitu i Rijeci. Pri izradi prognoza, koje se obično rade za 12 do 72 sata unaprijed, koriste se izračuni modela ALADIN-HR (lokalni model) (slika 1), ali i izračuni modela Europskog centra za srednjoročnu prognozu vremena ECMWF (slika 2) te modeli njemačke meteorološke službe DWD.



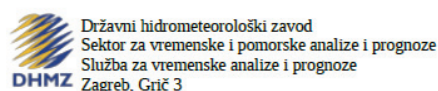
Slika 1 - Primjeri prognostičkog materijala – model ALADIN-HR – (a) udari vjetra (smjer i brzina (m/s)), (b) akumulirana 24 satna oborina (mm), vertikalni vremenski presjek (c).





Slika 2 – Primjeri prognostičkog materijala – model ECMWF – akumulirana 24 satna količina oborine (mm) (a), vrsta oborine (b).

Prognoze za korisnike cestovnog prometa [3] izrađuju se u tekstualnom i tabličnom obliku, a za prognoziranu pojavu daje se i vjerojatnost pojavljivanja (slika 3). Prema potrebama izrađuju se i srednjoročne prognoze vremena - uglavnom polutjedne i tjedne, a za neke korisnike i prognoze za dulje vremensko razdoblje (tzv. mjesečne prognoze, odnosno prognoze za 4 tjedna unaprijed).



#### HRVATSKE CESTE TEHNIČKE ISPOSTAVE

##### Vremenska prognoza za središnju Hrvatsku za danas, 22. siječnja 2019. od 8 do 20 sati

Oblačno, povremeno snijeg, glavinom potkraj dana. Stvorit će se novi snježni pokrivač, većinom tanji, no ponegdje i deblji od 5 cm, a osobito od Kutine do Novske te od Karlovca do Bosiljeva moguće 10 i više cm. Mjestimice umjeren sjeveroistočni vjeh. Poledica gotovo stalno, osobito ujutro i navečer.

Tablica s prognozom meteoroloških pojava

| Vjerojatnost za pojavu |        |
|------------------------|--------|
| OBORINE                | C      |
| SNJEG                  | D      |
| SNJEŽNI POKRIVAČ       | C      |
| NOVI SNJEG > 5 CM      | B      |
| Poledica               |        |
| VJEROJATNOST / VRSTA   | C 3,5  |
| Temperatura            |        |
| NAJNIŽA (OD/DO)        | -2 / 0 |
| NAJVIŠA (OD/DO)        | 0 / 2  |

| Vjerojatnost za pojavu                 | Poledica, vrsta                                                                              |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| NE / Nema pojave                       | 1 Pothlađena kiša ili rosulja koja se smrzava u dodiru s tlom.                               |
| A / Mala vjerojatnost za pojavu        | 2 „Topla kiša“ ili rosulja koja se smrzava u dodiru s tlom čija je temperatura niža od 0° C. |
| B / Umjerena vjerojatnost za pojavu    | 3 Zaleđivanje mokrog tla zbog pada temperature ispod 0°C.                                    |
| C / Velika vjerojatnost za pojavu      | 4 Poledica nastala ponovnim smrzavanjem ugaženog ili otopljenog snijega.                     |
| D / Vrlo velika vjerojatnost za pojavu | 5 Poledica nastala pri padanju snijega ili susnežice.                                        |

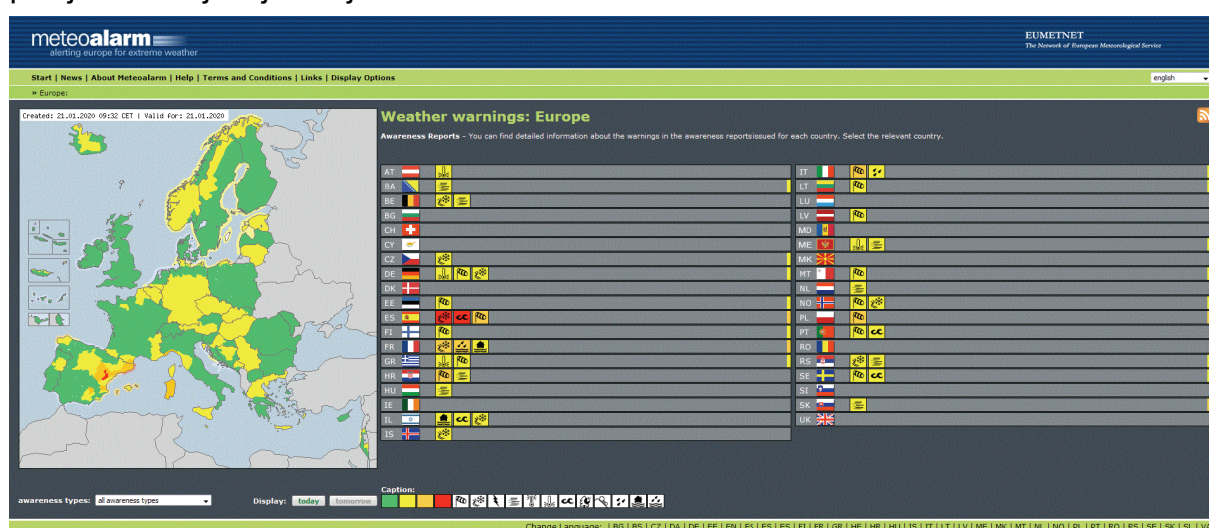
Slika 3 – Primjer prognoze za Hrvatske ceste - tehničke ispostave.



### 3. Upozorenja na opasne vremenske pojave

#### 3.1. Općenito o upozorenjima u sustavu Meteoalarm

Služba za vremenske analize i prognoze DHMZ-a u Zagrebu svakodnevno izdaje upozorenja na opasne vremenske pojave koja su vidljiva na mrežnoj stranici DHMZ-a ([www.meteo.hr](http://www.meteo.hr)), kao i na mrežnoj stranici Meteoalarm-a ([www.meteoalarm.eu](http://www.meteoalarm.eu)) [4]. Glavni cilj Meteoalarm platforme jest pružanje informacija o potencijalno opasnim vremenskim pojavama na jednom mjestu koristeći vrlo jednostavan i svima lako razumljiv vizualan prikaz (slika 4) koji je često potkrijepljen kratkim tekstualnim opisom pojave (intenzitet i trajanje), ali i opisom mogućih posljedica i utjecaja na ljude i imovinu.

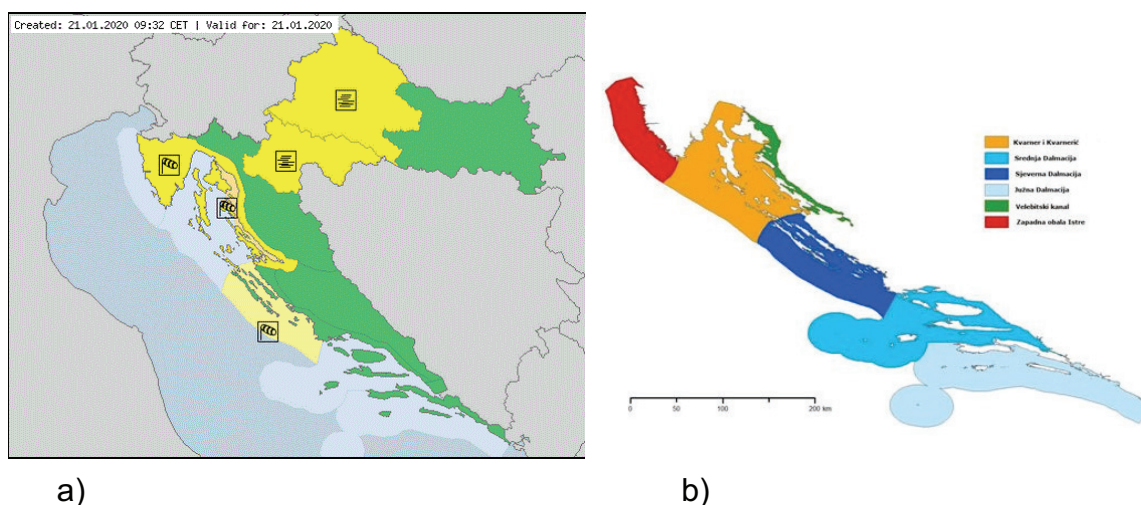


Slika 4 – Primjer Meteoalarm mrežne stranice s upozorenjima za sve države članice.

Postoje četiri razine upozorenja, a boje na karti označavaju intenzitet opasne vremenske pojave: zelena – opasno vrijeme se ne očekuje, žuta – vrijeme je potencijalno opasno, narančasta – vrijeme je opasno i može prouzročiti štetu i ljudske gubitke te crvena – vrijeme je vrlo opasno i može prouzročiti štetu na velikom području i ljudske gubitke.

Upozorenja vidljiva na Meteoalarm mrežnoj stranici izrađuju nadlažne nacionalne meteorološke službe svih država članica. Meteoalarm platforma nastala je kao rezultat EUMETNET-a (organizacije europskih nacionalnih meteoroloških službi) unutar EMMA (od engl. European Multi service Meteorological Awareness) projekta. Hrvatska je članica EUMETNET-a od 2007. godine, a od srpnja 2009. službena upozorenja za područje Hrvatske mogu se vidjeti i na Meteoalarm mrežnoj stranici. Upozorenja se izrađuju za 8 kopnenih područja (slika 5a) unutar Hrvatske koja se razlikuju po određenim klimatološkim obilježjima [5]. Upozorava se na 7 različitih potencijalno opasnih vremenskih pojava: obilnu kišu, jak vjetar, grmljavinsko nevrijeme, snijeg/poledicu, maglu te izuzetno nisku ili visoku temperaturu. Osim za kopnene regije od lipnja 2016. godine izrađuju se i upozorenje za 6 obalnih regija (slika 5b). Navedena upozorenja trenutno se izdaju samo za jak vjetar, a izrađuje ih

Pomorski meteorološki centar sa sjedištem u Splitu i uredom u Rijeci. Sva upozorenja se izrađuju za tri dana unaprijed, no na službenoj Meteoalarm stranici za područje Hrvatske vidljiva su ona za tekući i idući dan [6].



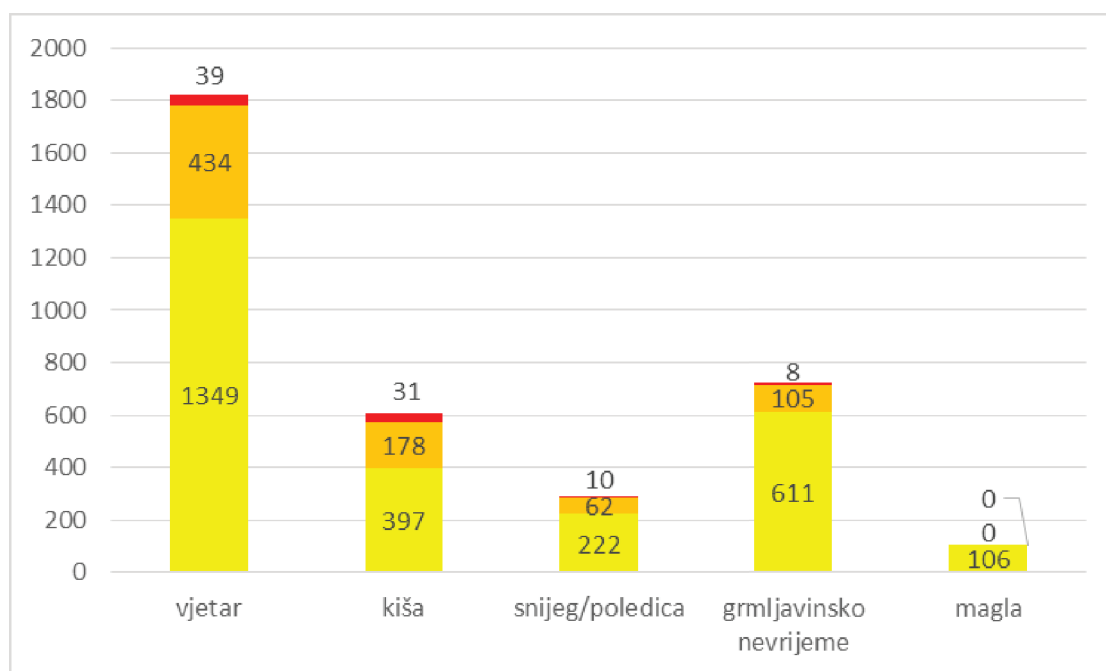
Slika 5 – Područja unutar Hrvatske za koja se izdaju upozorenja vidljiva na Meteoalarm mrežnoj stranici a) kopnena i b) obalna.

### 3.2. Analiza izdanih upozorenja u sustavu Meteoalarm

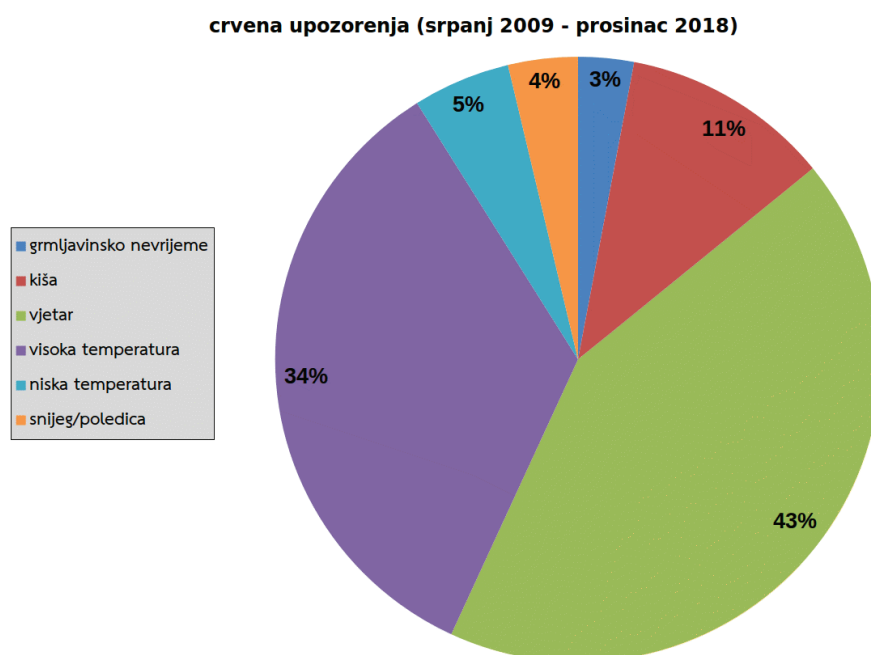
Mnoge od opasnih vremenskih pojava na koje se upozorava putem Meteoalarm-a uveliku utječu na odvijanje prometa te sigurnost sudionika u prometu. U Hrvatskoj veliki utjecaj na promet ima vjetar [7], osobito na dionicama cesta uz obalu gdje puše olujna, pa i orkanska bura (ponajprije podvelebitsko područje) [8]. Također značajan utjecaj u zimskim mjesecima ima i obilan snijeg te poledica, posebice u gorskoj Hrvatskoj. Poteškoće u odvijanju prometa mogu nastupiti i zbog grmljavinskog nevremena koje za posljedicu ima poplavljivanje dijelova prometnica, tuču ili pak olujan vjetar koji ruši stabla na prometnice, a sigurnost u prometu može biti znatno narušena kod smanjenje vidljivosti uslijed guste magle.

Unutar sustava Meteoalarm najviše upozorenja, bilo kojeg stupnja, u razdoblju od srpnja 2009. do prosinca 2018. izdano je za jak vjetar (slika 6), osobito od 2016. kad su se počela izdavati upozorenja i za 6 obalnih područja. Upozorenja za vjetar češća su u hladnom dijelu godine, od listopada do travnja. Najčešće se odnose na buru, mahovit, snažan vjetar karakterističan za Hrvatsku, a posljedica je orografije zbog koje je vrlo često najsnažniji u podvelebitskom području [9].

Gledajući pak broj upozorenja najvišeg crvenog stupnja, također se tih dana najčešće upozoravalo na olujan i orkanski vjetar (slika 7), no od ukupno 115 dana s crvenim upozorenjem za vjetar u 82 dana radilo se isključivo o obalnom upozorenju. Najviše crvenih upozorenja za vjetar izdano je u riječkoj regiji, što je razumljivo jer je bura najčešća i najsnažnija upravo u podvelebitskom području (slika 8a i 8b).

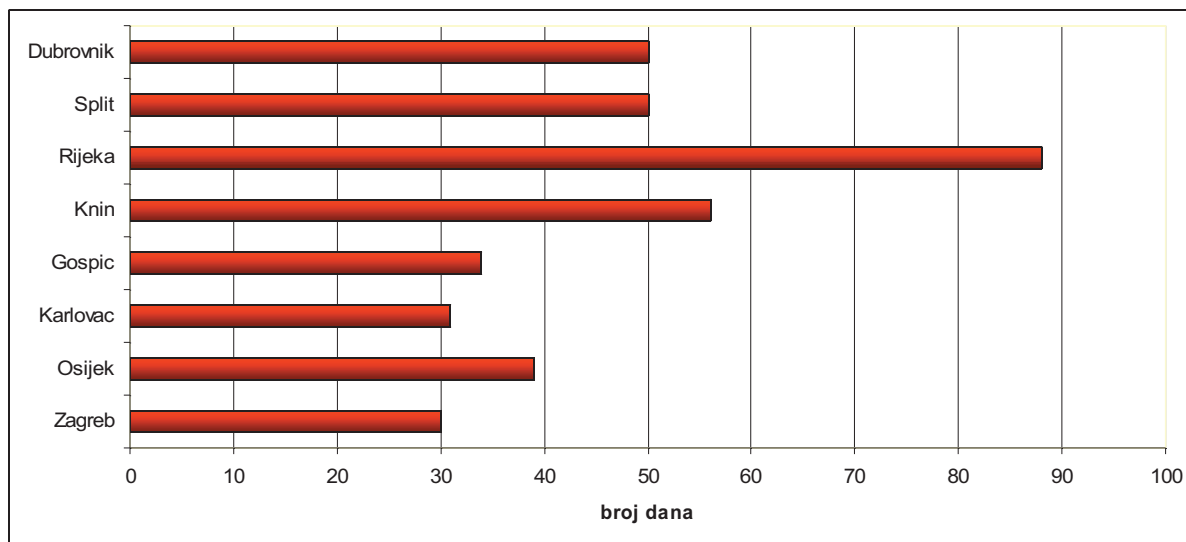


Slika 6 – Broj dana s različitim stupnjem upozorenja (žuto, narančasto, crveno) za opasne vremenske pojave koje potencijalno mogu utjecati na odvijanje prometa i sigurnost sudionika u prometu izdanih putem Meteoalarm platforme u razdoblju od 2009. do 2018. godine.

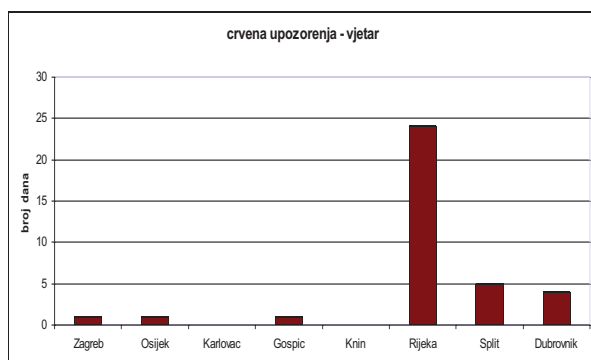


Slika 7 – Udio dana s crvenim upozorenjem u razdoblju od 2009. do 2018. godine za sva područja (kopnena i obalna) za različite vremenske pojave za koje se izdaju upozorenja putem Meteoalarm platforme.

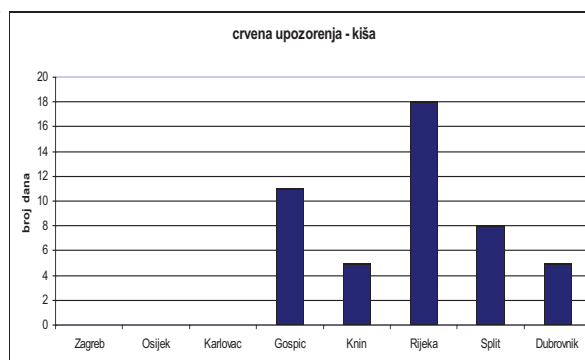
Riječko područje ima i ukupno najveći broj dana s crvenim stupnjem upozorenja (slika 8a), a osim vjetra često se upozorava i na obilnu kišu (slika 8c). Značajan broj dana s crvenim stupnjem upozorenja za obilnu kišu ima i gospičko područje (slika 8c), koje naravno zbog svojih klimatoloških obilježja ima i najveći broj dana s crvenim upozorenjem za snijeg/poledicu. No, crvenih upozorenja za snijeg/poledicu je ukupno gledajući vrlo malo, samo 4% (slika 7).



a)



b)



c)

Slika 8 – a) Broj dana s crvenim upozorenjem u razdoblju od 2009. do 2018. godine po područjima za koja se izdaju upozorenja putem Meteoalarm platforme, b) broj dana s crvenim upozorenjem za vjetar i c) broj dana s crvenim upozorenjem za kišu.

U toplom dijelu godine, od travnja do listopada, raste pak broj upozorenja na grmljavinsko nevrijeme za koje je broj crvenih upozorenja u analiziranom razdoblju najmanji. Odnosno, samo u 3% dana s najvišim stupnjem upozoravalo se na grmljavinsko nevrijeme (slika 7), a od 2015. godine niti jedan dan nije izdano upozorenje najvišeg stupnja. Ipak, gledajući ukupno, značajan broj upozorenja odnosi se na grmljavinsko nevrijeme - u analiziranom periodu čak u 611 dana na snazi je bilo žuto upozorenje, a u 105 narančasto (slika 6). Takav rezultat je razumljiv jer se najčešće radi o intenzivnim lokaliziranim pojavama, dok je jedan od uvjeta za izdavanje crvenog upozorenja zahvaćenost i štete na velikom području.



Za maglu se pak izdaje samo žuti stupanj upozorenja koji označava potencijalno opasno vrijeme. Kriterij za izdavanje upozorenja je znatno smanjena vidljivost, odnosno vidljivost manja od 200 metara na većem dijelu regije, a u analiziranom periodu u 106 dana na snazi je bilo upozorenje za maglu (slika 6).

#### 4. Zaključak

Meteorološki parametri koji mogu ugroziti odvijanje prometa, a na koje se odnose vremenske prognoze te upozorenja na opasne vremenske pojave su vjetar, količina i vrsta oborina, visina snijega, poledica i magla.

Analizom upozorenja na opasne vremenske pojave koja su izdana u razdoblju od srpnja 2009. do prosinca 2018. u sustavu Metealarm pokazano je da je najviše bilo upozorenja (neovisno o stupnju upozorenja) za jak vjetar. Najčešće se ona odnose na buru – mahovit, jak vjetar (brzina vjetra na udare veća od 100 km/h) koji puše duž Jadranske obale i uzrokuje ograničenja u prometu ili potpuno zatvaranje određenih dionica prometnica koje povezuju unutrašnjost Hrvatske s obalom (A1, A6). Zatim slijede upozorenja za kišu, odnosno grmljavinsko nevrijeme, snijeg/poledicu te maglu.

Najviše crvenih upozorenja (upozorenje najvišeg stupnja) za vjetar izdano je u riječkoj regiji, a osim vjetra često se upozorava i na obilnu kišu. Relativno veliki broj dana s crvenim upozorenjem za obilnu kišu tijekom promatranog razdoblja ima i gospićko područje. Razumljivo je da gorski krajevi u analizi imaju i najveći broj dana s crvenim upozorenjem za snijeg, odnosno poledicu.

Dugogodišnja suradnja DHMZa i korisnika cestovnog prometa (Državnih i privatnih društava za upravljanje, građenje i održavanje cesta) pokazatelj je nužnosti postojanja specifičnih i korisniku prilagođenih vremenskih prognoza u cilju povećanja sigurnosti i prohodnosti cestovnih pravaca diljem zemlje. Uz praćenje izdanih upozorenja na opasne vremenske pojave te prilagođavanjem aktivnosti na cestama tim upozorenjima, moguće je, ako ne izbjeći, onda barem ublažiti posljedice koje mogu imati ekstremne vremenske prilike na sigurno odvijanje prometa.

Stoga bi u budućnosti bilo dobro unaprijediti razmjenu podataka (informacije o vremenu na dijelovima cesta – mjerenja, motrenja), odnosno suradnju između DHMZa i korisnika cestovnog prometa u cilju poboljšanja sigurnosti u prometu.

#### 5. Literatura

[1]: Branka Ivančan-Picek, Sustav rane najave opasnih meteoroloških pojava i uloga Meteorološke i hidrološke službe, Zbornik radova Hrvatska platforma za smanjenje rizika od katastrofa, Zagreb, 2010., str 5-8

[2]: Vlasta Tutiš, Mogućnosti i ograničenja prognoze opasnih vremenskih pojava, Zbornik radova Hrvatska platforma za smanjenje rizika od katastrofa, Zagreb, 2010., str 9-11

- [3]: Dragojlović, D., Upavljanje meteorološkim podacima u funkciji informiranja sudionika u prometu, Znanstveni magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012
- [4]: Upozorenja na opasne vremenske pojave u Europi - MeteoAlarm, [www.meteoalarm.eu](http://www.meteoalarm.eu)
- [5]: Ksenija Zaninović., Marijana Gajić-Čapka, Melita Perčec Tadić, et al, Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961-1990., 1971-2000., Zagreb, Državni hidrometeorološki zavod, 2008
- [6]: Renko, T., Mikuš Jurković, P., Kalin, L., Hojsak, T., Mokorić, M., Kozarić, T. (2020), Sustav upozorenja na opasne vremenske pojave u Službi za vremenske analize i prognoze, Sektora za vremenske i pomorske analize i prognoze Državnog hidrometeorološkog zavoda, u postupku objavljivanja
- [7]: Alica Bajić, Stjepan Ivatek-Šahdan, Zvonko Žibrat, ANEMOALARM – iskustva operativne primjene prognoze smjera i brzine vjetra, Zbornik radova Održavanje cesta 2008, Treće hrvatsko savjetovanje o održavanju cesta, Šibenik, 2008, str. 109.-114.
- [8]: Alica Bajić, Bura i cestovni promet, Zbornik radova Četvrto savjetovanje o održavanju cesta, Hrvatski cestar, 2009, str. 299-304
- [9]: Stiperski, I., Ivančan-Picek, B., Grubišić, V., Bajić, A. (2012), Complex bora flow in the lee of Southern Velebit, Q. J. Royal Meteorol. Soc., 138, 1490 – 1506.

# Cestovni vremenski informacijski sustavi (CVIS) – nove razvojne mogućnosti

## Road Weather Information Systems (RWIS) – new development opportunities

**dr. Alenka Šajn Slak**, univ. dipl. biol., [alenka.sajn@cgs-labs.com](mailto:alenka.sajn@cgs-labs.com),

CGS Labs d.o.o., Brnčičeva 13, 1000 Ljubljana, Slovenija

**Denis Kotnik**, mag. inž. rač. in inf., CGS Labs d.o.o.

**Samo Čarman**, mag. inž. str., CGS Labs d.o.o.

### Sažetak

Informacijski sustav za vremenske uvjete na cestama (CVIS) koristi se dugi niz godina kao podrška obavljanju zimskog održavanja cesta. U radu su predstavljena iskustva iz Slovenije. Zimsko održavanje cesta danas se suočava s dva izazova. S jedne strane, klimatske promjene koje uzrokuju jače vremenske događaje na koje se službe za održavanje moraju unaprijed pripremiti, s druge strane nove tehnologije poput automatiziranih procesa, novih IoT senzora i mobilnih senzora, novih ICT mogućnosti, velikih podataka, umjetne inteligencije ... koji mijenjaju način rada ovih službi i mogu pomoći zimskoj službi. Biti će predstavljen i koncept održive zimske službe na cestama.

### Abstract

Road weather information system (RWIS) have been used to support road winter maintenance services in Slovenia for many years. Experiences are introduced in the paper. Road winter maintenance is nowadays facing two challenges. On the one hand, climate change, which brings about stronger weather events to which maintenance services must be prepared in advance, on the other hand, new technologies such as automated processes, new IoT sensors and mobile sensors, new ICT options, large data, artificial intelligence... that change the mode of operation of these services and can help the winter service. A concept of sustainable road winter service will be introduced as well.

**Ključne riječi:** cestovni vremenski informacijski sustav (CVIS), cestovno- vremenske postaje, Sustav za potporu odlučivanju (MDSS), održiva zimska služba

---

## 1 Uvod

Zbog klimatskih promjena, čiji su utjecaji sve vidljiviji, zime su postale nesigurne, nepredvidive i često izvanredne, što one koji upravljaju cestama vodi ili prisiljava na stalnu prilagodbu i mijenjanje svojih praksi. Zadnjeg desetljeća zime su često bile posebno oštre; korisnici cesta u mnogim regijama svijeta bili su izloženi izvanrednim vremenskim pojavama, koje su ponekad trajale dosta dugo. Zatvaranje cesta postalo je uobičajenije, broj vremenski uvjetovanih nesreća je ponegdje narastao, čak je i sol postala rijetka i cijenjena roba. U takvim prilikama organizacija zimske službe složen je zadatak. U suprotnosti s tim ponegdje su se prilike promijenile tako da zimi prevladavaju blaži vremenski uzorci; uobičajeno zamrznuta tla u sjevernim predjelima se tope, područja stalne zaleđenosti se smanjuju, redaju se ciklusi zamrzavanja i topljenja, temperature se kreću oko nule, a upravljanje prilikama na ledenim cestama je otežano. Za ublažavanje promijenjenih vremenskih pojava i njihovih posljedica na sigurnost cesta zato je potrebno osiguravati pouzdane vremenske informacije i prognoze, unaprijediti prakse povezane sa zimskim održavanjem cesta kao i povezano zakonodavstvo, t.j. propise.

Zanimljivo je da se ti novi izazovi podudaraju s razvojem novih tehnologija na području senzora i IT-a, što nam omogućava razvoj novih, ili unaprijeđenih rješenja, koji pomažu kod donošenja odluka i izvođenju zimske službe.

## 2 Stanje tehnologije na području prognoze meteorološkog stanja kolnika

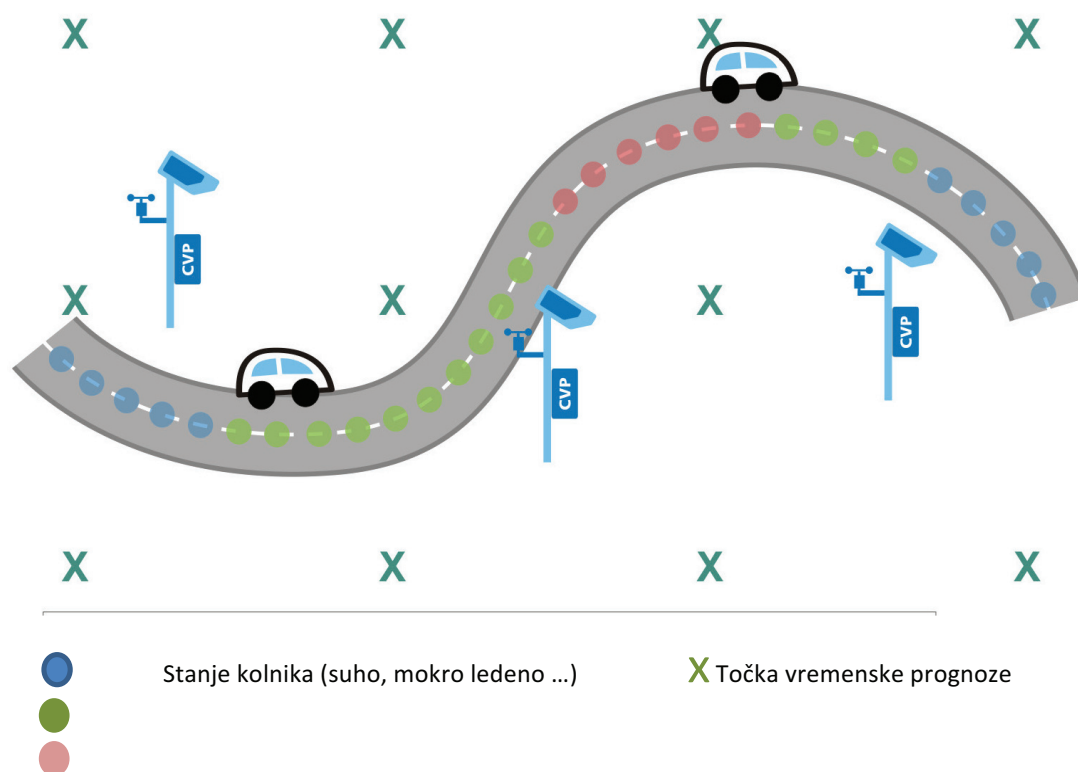
Zimske službe posvuda po svijetu kod svog odlučivanja koriste tzv. cestovno- vremenske informacijske sustave (CVIS) koji daju uvid u trenutne i buduće vremenske prilike na cestama. Učinci korištenja takvih sustava su povećana sigurnost na cestama i smanjenje troškova zimskog održavanja jer omogućavaju manju upotrebu materijala za posipanje, manje zagađenje okoliša i bolju organiziranost zimske službe.

Cestovno- vremenske postaje prate trenutno stanje kolnika mjerenjem meteoroloških parametara. Najvažniji mjerac je cestovni senzor ugrađen u tijelo ceste koji mjeri temperaturu asfalta (na površini i na različitim dubinama), debljinu vodenog filma i koncentraciju soli, daje temperaturu smrzavanja i stanje kolnika. U uporabi su beskontaktni mjeraci koji djeluju pomoću IR svjetlosti i mjere temperaturu ceste i prijanjanje. Postaje su obično opremljene i mjeracima za mjerenje temperature i relativne vlage zraka, padavina, sunčevog zračenja i vjetrova. Moderni CVIS sustavi prikazuju mjerenja iz postaja, prikaze vremenske prognoze pa i specijalnu prognozu temperature i stanje kolnika (suho, mokro, zasniježeno, zamrznuto...) do 12 sati unaprijed, a te vrijednosti izračunava fizikalni energijsko- akumulacijski ili statistički model. Te prognoze nude informacije za službu održavanja cesta, a dragocjene su kod donošenja odluka, prije svega odluke o preventivnom posipanju neposredno pred događajem (zbog čega se koristi manje soli nego za kurativne mjere) te se omogućavaju značajne uštede i manji negativni utjecaj na okoliš.

Opisane prognoze obično se daju za točke cestovno- vremenskih postaja, a strukovni izazov je, kako uspostaviti specijalnu meteorološku prognozu temperature i stanja kolnika po cijeloj mreži cesta linearno, t.j. i u područjima između cestovno- vremenskih postaja. U tu svrhu se mi programeri služimo različitim ekstrapolacijskim i interpolacijskim metodama i termalnim kartiranjem. Linearne prognoze su potrebne zbog bitnih razlika u temperaturi asfalta uslijed različite geološke podloge, osunčanosti, utjecaja gradova ili npr. šuma, temperaturu različitu



od ceste imaju i infrastrukturni objekti kao što su mostovi, podvozi i nadvožnjaci, koji po zimi često predstavljaju kritičnu točku na nekom dijelu ceste. Strukovni izazov je i validacija takvih linearnih prognoza.

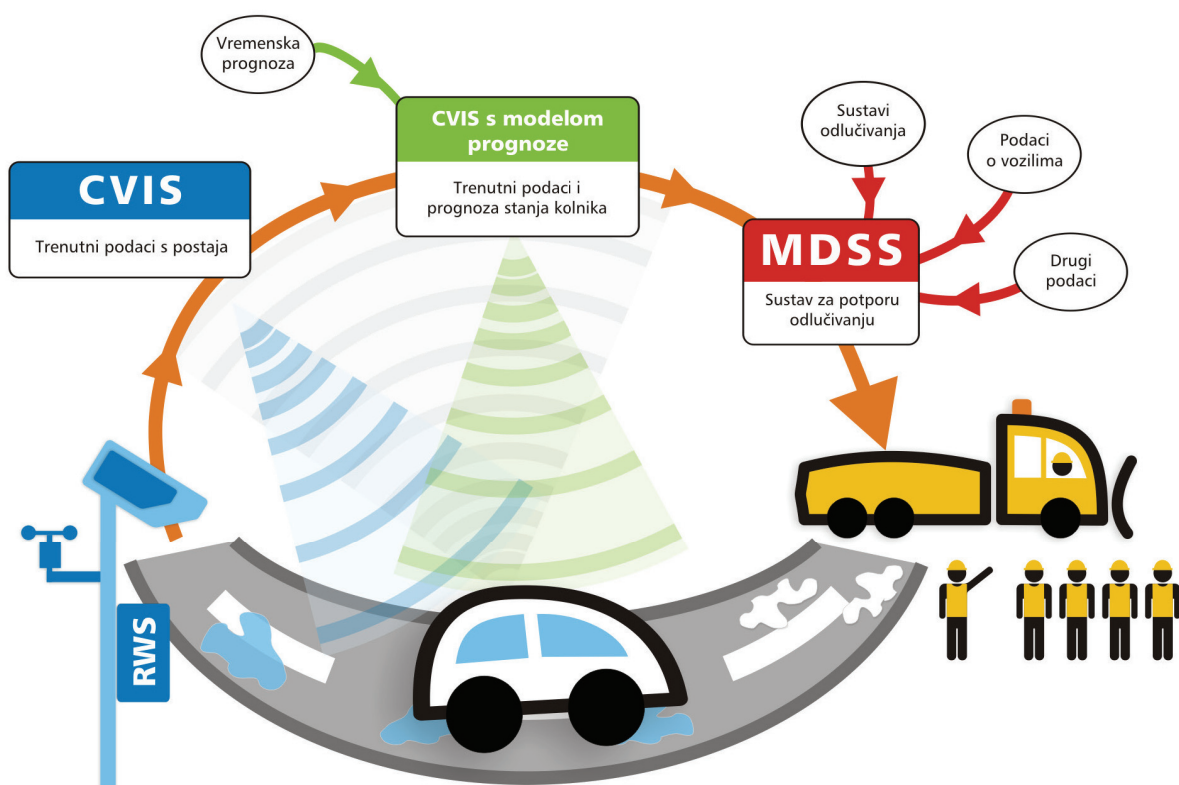


**Slika 1:** Linearna prognoza temperature i stanja kolnika (izvor: CGS Labs d.o.o.)

Osim sustava CVIS, zahtjevniji korisnici koriste i modul za pomoć kod odlučivanja MDSS (engl. maintenance decision support system) koji održavateljima predlaže mjere (kad, gdje, s čim soliti), vrednuje ih i tako im pomaže kod važnih odluka u svezi zimskog održavanja ceste.

Studije ukazuju na to da već postojeći cestovno- vremenski informacijski sustavi omogućavaju 30% uštedu u materijalima posipanja i 20% uštedu radnih sati, a neki čak govore o 50% uštedama (DeVries, 2018).

U Sjedinjenim Američkim Državama raspolažu s najnaprednijim vremenskim sustavima, a u Europi prednjače skandinavske zemlje.



**Slika 2:** Temelji sustava CVIS/MDSS (izvor: CGS Labs d.o.o.)

### 3 CVIS i MDSS u Sloveniji

Vremenski sustav za ceste u Sloveniji implementiran je na autocestama (DARS), državnim cestama (DRSI) i na nekim općinskim cestama. Sustav je jedan od najnaprednijih u Europi.

Ukupno je na slovenskim cestama postavljeno oko 90 cestovno- vremenskih postaja. Osim mjerenja s tih postaja, u sustav je uključena i kratkoročna vremenska prognoza visoke razlučivosti INCA te modeli prognoze ALADIN, a obje priprema nacionalna meteorološka služba ARSO. Prognozu temperature i stanje kolnika izračunava model METRo (Crevier in Delage, 2001), kojeg smo na temelju višegodišnjih testiranja nadogradili. U osnovi je to model koji se temelji na bilančnoj jednadžbi energijskih tokova:

$$R = (1 - \alpha)S + \epsilon I - \epsilon \sigma T_s^4 - H - L_a E \pm L_f P + A ,$$

gdje je  $R$  energijski tok kojeg kolnik dobije iznad površine,  $\alpha$  je albedo,  $S$  je kut upada sunčevih zraka,  $\epsilon$  je emisivnost,  $I$  je kut upada infracrvenog zračenja,  $\sigma$  je Stefan-Boltzmannova konstanta,  $T$  je temperatura kolnika,  $H$  je tok osjetne topline,  $L_a$  je isparavajuća toplota vode,  $E$  je tok hlapljenja,  $L_f$  je toplota taljenja vode,  $P$  je intenzitet padalina, a  $A$  antropogeni toplotni tok.

U sustavu DARS CVIS implementirali smo i linearnu prognozu temperature i stanja kolnika (Kršmanc s sod., 2016) s rezolucijom 30 m koju smo prošle zime optimizirali.

Linearna prognoza visoke razlučivosti predstavljala je temelj za izradu modula za upravljanje mjerama i vrednovanje njihove učinkovitosti. Modul automatski predlaže mjere izvođenja zimske službe (pluženje/posipanje, količinu i vrstu materijala posipanja, početak i kraj mjere, lokaciju, angažiranje vozila i vozača...) i predviđa njihov utjecaj povezano s izračunatom prognozom temperature i stanja kolnika. Korisnici mogu mjere mijenjati i povezivati, a i sami mogu predlagati svoje mjere.

Sve mjere i intervencije se arhiviraju pa je moguća njihova naknadna analiza. Korisnicima je na raspolaganju i jednostavno sučelje za komunikaciju s ekipama za održavanje.

Kad se mjera završi, modul izračunava analizu učinkovitosti (Jensen et al., 2013) na svim cestovno- vremenskim postajama koje se nalaze na području provedene mjere. Pri tome uzima u obzir: najvišu brzinu vjetra, najveću debljinu leda/snijega/vodenog filma na kolniku i najnižu temperaturu kolnika. Namjena izračuna je vrednovanje izvođenja mjera posipanja i pluženja na pojedinim dijelovima autoceste.

## 4 Nove razvojne mogućnosti

Strukovni izazov s kojim se susreću svi koji razvijaju CVIS/MDSS sustave diljem svijeta je kako nakon izvedenog soljenja predvidjeti koncentraciju preostalog dijela soli do 12 sati unaprijed i tu informaciju uzeti u obzir kod ponovne prognoze stanja kolnika i kod prijedloga novih mjera. Očito je naime, da su zbog odsutnosti te informacije sljedeće prognoze stanja kolnika manje precizne, službe održavanja izvode posipanje kad to više nije potrebno ili sole višom koncentracijom soli nego što je to potrebno.

Uvođenje disruptivnih tehnologija kao što su mjerenje mobilnim senzorima, IoT, umjetna inteligencija, velike baze podataka itd. u budućnosti će znatno poboljšati učinkovitost sustava CVIS i MDSS.

Na tržištu se već nude mobilni senzori za dinamično mjerenje temperature i stanja kolnika, a vodeći proizvođači su Lufft, Teconer i MetSense. Njihovo djelovanje možemo si predočiti kao termalno kartiranje u realnom vremenu. Svi koji razvijamo CVIS/MDSS sustave razvijamo rješenja za istovremeni unos tih dinamičnih podataka u postojeće vremenske sustave i za trenutno izračunavanje novih prognoza na temelju sadašnjih mobilnih mjerenja (dinamično linearno prognoziranje stanja kolnika). Mobilni mjerači postavljaju se na vozila, najčešće su to nadzorna vozila zimske službe. Potrebno je osigurati dovoljno vremena za obilasku, studije pokazuju da je vrijeme obilaska od 2 sata (ponovno mjerenje na istom mjestu svaka dva sata) dovoljno za očitavanje promjene temperature i stanja kolnika, što već omogućava dovoljno brzo i učinkovito djelovanje zimske službe (Haavasoja i Karki, 2018). Cijena takvih mobilnih mjerača je vrlo visoka tako da oprema dovoljno vozila takvim senzorima često predstavlja izazov. Mobilni senzori će ubuduće služiti i za verifikaciju povezanih prognoza temperature i stanja kolnika i značit će znatan napredak kod procjene pouzdanosti prognoze.

Na tržištu se već pojavljuju prvi mjerači koje stanje kolnika detektiraju na većoj površini, npr. 2Droad, stacionarna meteorološka kamera proizvođača MetSense AB, na površini 6X6 metara (Bogren J. s. sod. 2018). Daljnji razvoj mora ići u smjeru sniženja cijena takvih mjerača jer se mjerenja trebaju izvoditi na čim više mjestima.

Inače se oni koji razvijaju proizvode u svijetu bave i automatizacijom analize slika i polažu velike nade u tzv. „Image based winter road condition monitoring“ (Pan s sod., 2018; Namkoong, 2018).

Uključivanje IoT senzora i mjerenja također će značajno utjecati na razvoj CVIS/MDSS sustava. U svijetu je izveden velik broj demonstracijskih projekata, tako da su u vremenske sustave uključili podatke iz vozila, npr. podatke o radu brisača, podatke o brzini vozila, upotrebi ABS-a, paljenju maglenki, mjerenja temperature vanjskog zraka... i potvrdili da ti podaci ili mjerenja mogu biti vrlo korisni za sustave CVIS/MDSS (Coudert, 2018). Teškoće kod upotrebe tih podataka su povezane s dostupom osobnim podacima.

Velik broj mjerenja i velik broj podataka u vremenskim sustavima omogućava i upotrebu umjetne inteligencije i strojnog učenja i nove mogućnosti na području optimizacije odlučivanja u zimskoj službi.

## **5 Razvoj CVIS/MDSS za održivu zimsku službu**

Jak svjetski trend je i briga za okoliš i s tim povezana održiva zimska služba (Giloppé in Chambers, 2018).

Zbog pritiska korisnika cesta, a i zbog tužbi da kolnici nisu bili odgovarajuće održavani, dolazi do pretjerane ili nepotrebne upotrebe materijala za posipavanje što nije održiva praksa i ima ekološke i financijske posljedice.

Soljenje je za sigurnu vožnju u zimskim snježnim uvjetima neophodno, a s odvođenjem vode sol prodire u zemlju, preko odvodnih jaraka može utjecati na kvalitetu tla, vode, a i na životinjski i biljni svijet. Zato je soljenje potrebno pažljivo planirati.

Osiguranje održivosti kod zimske službe podrazumijeva stvaranje ravnoteže između ekoloških, ekonomskih i društvenih potreba (DeVries, 2018).

Promet, a posebno zastoji, također jako onečišćuju zrak. Prema podacima Agencije RS za okoliš, emisije stakleničkih plinova iz prometa u Sloveniji do godine 2014. povećali su se za 166% u usporedbi s 1986. godinom. I u EU su emisije tih plinova u periodu 2008.- 2013. ponovno porasle, u periodu 1990.- 2014. su narasle za 13% (u Sloveniji u tom razdoblju za nekih 97%). Glavni izvor stakleničkih plinova je uglavnom cestovni promet, koji sudjeluje čak s 99% u svim emisijama. Utjecaj kojeg imaju emisije iz prometa u ukupnim emisijama stakleničkih plinova (32,5% 2014. g.) i nedovoljno učinkovite mjere za njihovo smanjenje otežavaju Sloveniji izvršavanje preuzetih obveza (ARSO, 2018). Boljom vremenskom informacijom se učinkovitost zimskog održavanja povećava, poboljšava se protočnost cesta, a zastoja je manje.

Održiva zimska služba i kriteriji za istu, najbolje su razvijeni u SAD. Postoje brojni postupci evaluacije održivog djelovanja zimske službe s brojnim naputcima za najbolje prakse. Na sveučilištu Washington State University najbolje su prakse za osiguranje održivog djelovanja zimske službe podijelili u 7 skupina, među kojima su:

- pasivne mjere za nadzor snijega (npr. zaštite od vjetrova i neuporaba soli),
- operativne strategije (npr. preventivno posipanje),
- poboljšanje vremenskih prognoza (i posljedično mudrije soljenje),
- postavljanje automatskih sustava za posipanje,



- napredne tehnologije za pluženje,
- novi materijali na cestama,
- sustavi za potporu kod donošenja odluka o održavanju MDSS (Shi X., 2018).

Sve te mjere naime nadomještaju ili smanjuju upotrebu soli kod zimskog održavanja cesta, što znači da smanjuju opterećenje okoliša solju.

Korištenje vremenske informacije naime omogućava zimskoj službi znatno bolje održivo djelovanje (DeVries, 2018).



**Slika 3:** Zimska služba DARS u akciji zimi 2018. (foto: Jernej Trnkoczy, CGS Labs d.o.o.)

## 6 Zaključak – Zimsko održavanje cesta u budućnosti

Razvoj sustava CVIS/MDSS teći će u smjeru sve veće optimizacije uporabe soli i povećanja učinkovitosti sustava. U zimsku službu će se na taj način najprije uvesti digitalizacija, koja će rezultirati procesnim promjenama, automatizacijom (npr. automatsko doziranje soli u vozilima s obzirom na prognozu stanja kolnika i s obzirom na mikrolokaciju te prognoze), automatizacijom odlučivanja, a u budućnosti i obavljanju zimske službe autonomnim vozilima. Vremenski sustavi povezat će se s BIM modelima za održavanje infrastrukture. Ceste će biti otpornije na klimatske promjene, postupci koje će izvoditi zimska služba bit će, s druge strane, održiviji.

Vizija je i da će vremenska informacija, tj. informacija o stanju kolnika biti ubrzo dostupna i vozaču u automobilu, t.j. da će stanje kolnika biti parametar koji će utjecati na odabir puta i brzinu vožnje autonomnih vozila. U budućnosti će vozila međusobno komunicirati što će doprinijeti većoj sigurnosti na cestama.

## 7 Izvori i literatura

- ARSO, Okoljski kazalci, Promet. <http://kos.arso.gov.si/sl/teme/transport> (pridobljeno 3.9.2018).
- Bogren, J., Gustavsson, T. & Hagberg, P. 2018. Innovative detection of road surface conditions in two dimensions by 2dRoad. *Zbornik. 19th International Road Weather Conference. Smolenice, Slovaška, SIRWEC.*
- Coudert, O. & Bouilloud, L. 2018. Short Term Alarm System for Road Weather. *Zbornik. XVth International Winter Road Congress. Gdansk, Poljska, PIARC.*
- Crevier, L.P. & Delage, Y. 2001. METRo: A New Model for Road-Condition Forecasting in Canada. *Journal of Applied Meteorology*, 40:2026-2037.
- DeVries, R. M., Brodige, P. & Adams, R. 2018. Implementing and Using Weather Data in a City or County Environment. *Zbornik. XVth International Winter Road Congress. Gdansk, Poljska, PIARC.*
- Giloppé, D. & Chambers, A. 2018. Introductory report of Technical Committee B.2 winter service. *XVth International Winter Road Congress. Gdansk, Poljska, PIARC.*
- Pan, G., Fu, L., Yu, R. & Kwon, T.J. 2018. Image based automated winter road condition monitoring – a deep learning approach. *Zbornik. 19th International Road Weather Conference. Smolenice, Slovaška, SIRWEC.*
- Haavasoja, T. & Kärki, O. 2018. Using Buses for Road Weather Data Collection. *Zbornik. XVth International Winter Road Congress. Gdansk, Poljska, PIARC.*
- Jensen, D., Koeberlein, B., Bala, E. & Bridge, P. Oktober 2013. Tokio, Japonska. Ensuring and Quantifying ITS Return on Investment through the Development of Winter Maintenance Performance Measures. 20th ITS World Congress.
- Kršmanc, R., Korošec, M., Šajn Slak, A. & Čarman, S. 2016. Sistem za podporo pri odločanju pri zimskem vzdrževanju avtocest. *13. slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, DRC - Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, d.o.o.*
- Namkoong, S.J., Min, J. Choi, K. & Jeong, J. 2018. Automatic Weather Detection Using CCTV Video Images for Discrimination of Driving Condition on Korean Expressway. *Zbornik. XVth International Winter Road Congress. Gdansk, Poljska, PIARC.*
- Shi, X. 2018. Seven best practices in sustainable winter highway maintenance operations. [http://cem.uaf.edu/media/101214/7BestPractices\\_XianmingShi.pdf](http://cem.uaf.edu/media/101214/7BestPractices_XianmingShi.pdf) (pridobljeno 3.9.2018).

# **Sigurnost korisnika električnih romobila u prometu (Safety of Electric Scooters' Users in Traffic)**

**Autori:**

**doc. dr. sc. MARKO ŠOŠTARIĆ**

E-mail: [marko.sostaric@fpz.hr](mailto:marko.sostaric@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

**doc. dr. sc. MARKO ŠEVROVIĆ**

E-mail: [marko.sevrovic@fpz.hr](mailto:marko.sevrovic@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

**DIJANA BEGANOVIĆ, mag. ing. traff.**

E-mail: [dijana.beganovic@fpz.hr](mailto:dijana.beganovic@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

**JURAJ VERTLBERG, mag. ing. traff.**

E-mail: [jvertlberg@fpz.hr](mailto:jvertlberg@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

**MARKO ŠVAJDA, mag. ing. traff.**

E-mail: [marko.svajda@fpz.hr](mailto:marko.svajda@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

## Sažetak

Električni romobili u vrlo su kratkom vremenskom periodu, s obzirom na svoju relativno veliku dostupnost i prihvatljivu cijenu, postali neizostavno prijevozno sredstvo u gradskim sredinama. Bitno je napomenuti kako ponuda električnih romobila raste te je samim time dostupan velik raspon vozila koja mogu ostvariti manje odnosno veće brzine. Unatoč brojnim sličnostima s biciklima, prema mnogima su romobili daleko manje sigurna prijevozna sredstva, a europski zakoni glede istih razlikuju se od države do države. Neuređenost zakonodavnih mjera omogućava korisnicima kretanje nogostupom (kojim se ujedno kreću i pješaci koji su u tom slučaju relativno ugroženi), ali i kolnikom na kojem sigurnost vozača električnih romobila rapidno pada.

Svrha rada je prikazati sigurnost korisnika električnih romobila. Sigurnost je prikazana na temelju rezultata provedenog terenskog istraživanja. Terensko istraživanje obuhvaća ispitivanje korisnika metodom anketnih upitnika (intervju). Uz navedeno, istražen je i utjecaj zakonske regulative te potencijalno donošenje nove glede električnih romobila. Shodno tome, dat je kritički osvrt te su analizirani mogući scenariji za nadolazeće razdoblje.

Ključne riječi: *električni romobili, zakonska regulativa, sigurnost prometa*

## Abstract

Electric scooters have, in a quite short period of time, become an indispensable means of transportation in urban areas given their relatively high availability and affordable price. It is worth mentioning that the supply of electric scooters is in increase, and thus a large range of such vehicles are available that can achieve lower or higher speeds. Despite many similarities to bicycles, according to many, they are far less secure means of transportation, while relevant European laws differ from country to country. Disordered legislative measures allow electric scooters' users to drive on sidewalks which is why pedestrians then become relatively endangered ), as well as roads, where their safety tends to fall.

The purpose of this paper is to demonstrate the safety of electric scooters' users. It is presented based on the field research results. The field research includes the surveying users by means of questionnaires (interview). In addition, the impact of



current legislative regarding electric scooters and the possible adoption of a new one are examined. A critical review is given, and possible scenarios for the upcoming period are analyzed.

Key words: *electric scooter, legislative, traffic safety*

## 1. Uvod

Zbog jednostavnosti korištenja i financijske isplativosti električni romobili često se koriste za svakodnevna putovanja. Njihovo korištenje u svijetu sve je rasprostranjenije. Uz sve češće korištenje, nerijetko dolazi i do sve češćih kolizija s ostalim sudionicima u prometu što rezultira ozljedama, ali i povećanju broja poginulih (u kojima sudjeluju korisnici električnih romobila).

Trend porasta korištenja romobila značajno počinje 2010. godine otkad se sve više potiču održivi oblici putovanja (električni bicikli i romobili, pješaćenje) kao dio prometne politike [1] [2]. Posljednja istraživanja za električne romobile rađena su 2019. godine. Osim što utječu na poboljšanje korištenja održivih oblika putovanja, ukoliko nisu regulirani zakonskim propisima postoji mogućnost od povećanja broja prometnih nesreća u kojima sudjeluju [3].

Njemačka je 2019. godine zabranila kretanje pločnikom električnim romobilima. Ograničena je minimalna starosna dob za vozače na minimalno 14 godina, a ograničenje brzine na maksimalno 20 km/h. U Parizu je 2019. godine poginuo biciklist u naletu motociklista. U Parizu je to u 2019. godini bila treća prometna nesreća u kojoj je poginuo vozač električnog romobila. Francuska je nakon toga uvela ograničenje brzine na 20 km/h za vozače električnih romobila te novčane kazne od 20 € za prekršitelje [4] [5] [6].

## 2. Metodologija

Vozači električnih romobila često koriste biciklističke staze i kolnik namijenjen kretanju motornih vozila. Uzimajući u obzir da se prosječna brzina vožnje kreće od 20 do 30 km/h (s tim da pojedini modeli mogu razviti i veće brzine, i do 70 km/h), električni romobili značajno su brži od pješaka, a u prosjeku i od biciklista. Shodno tome, korisnici električnih romobila predstavljaju potencijalnu opasnost prvenstveno za sebe, a posljedično i za ostale sudionike u prometu.

### 2.1. Postojeća pravna dokumentacija

Velik dio potencijalne opasnosti električnih romobila za korisnike istih kao i za ostale sudionike u prometu koji su u koliziji s njima proizlazi iz neriješene pravne dokumentacije. Zakonska regulativa kojom se uređuju uvjeti odvijanja prometa prije svega se odnosi na *Zakon o sigurnosti prometa na cestama*.

Električni romobili zasad nisu detaljno regulirani zakonskim propisima, a u *Zakonu* se navode u svega jednom članku; članak 124., drugi stavak: „*Na kolniku je zabranjeno igranje, vožnja dječjim biciklom, romobilom i koturaljkama, kao i sanjkanje, skijanje i sl.*“ [7] Iz navedenog proizlazi činjenica da se kretanje (električnih) romobila izjednačava s kretanjem pješaka. Drugim riječima, električnim romobilima nije dozvoljeno kretanje kolnikom već je dozvoljeno kretanje isključivo površinama kojima se smiju kretati pješaci, a to uključuje prije svega nogostupe za pješake (članak 124., treći stavak: „*Pješak se mora kretati nogostupom ili drugom površinom određenom za kretanje pješaka, odnosno površinom pokraj kolnika prikladnom za kretanje pješaka*“).

Uz navedeno, valja naglasiti kako zakonskom regulativom nije utvrđena ni pasivna sigurnost korisnika električnih romobila. Pasivna sigurnost u ovom se slučaju prvenstveno odnosi na zaštitnu opremu koja uključuje zaštitnu kacigu, štitnike i sl.. *Zakonom o sigurnosti prometa na cestama* (članak 114., prvi stavak) određena je obveza korištenja zaštitne kacige za vozače motocikla, mopeda, lakog četverocikla bez zaštitne kabine, četverocikla bez zaštitne kabine kao i za vozače bicikla mlađe od 16 godina. U navedenom članku se, doduše, ne navode vozači (električnih) romobila, pa se takav na iste ne može primijeniti.

S obzirom na to da električni romobili u *Zakonu* ne spadaju u zasebnu kategoriju vozila te da su njihovi korisnici izjednačeni s pješacima, postoji mogućnost od nastanka

prometnih nesreća zbog niza mogućnosti koje pravno pripadaju korisnicima električnih romobila. Tako korisnici električnih romobila smiju biti bilo koje dobne skupine (pa tako i trogodišnje dijete), smiju voziti pod utjecajem alkohola ili lijekova (s obzirom na to da su izjednačeni s pješacima koji se mogu kretati pod utjecajem alkohola odnosno lijekova sve dok ne remete javni red i mir), a smiju i koristiti mobitel za vrijeme vožnje uz neobavezno korištenje svjetala u noćnim uvjetima odnosno u uvjetima slabije vidljivosti. Također, sve navedeno dozvoljeno je uz obvezu kretanja po nogostupu za pješake gdje brzina kretanja električnih romobila nije ograničena.

Uz navedeno, bitno je napomenuti kako u ostatku Europe i svijeta situacija nije bitno drugačija uz, dakako, izuzetke. U njemačkoj je, primjerice, odlučeno da vozač mora imati minimalno 14 godina kako bi mogao koristiti električni romobil. Brzina kretanja ograničena je na 20 km/h, a vožnja je dozvoljena isključivo po cesti ili biciklističkoj stazi. Također, propisano je da električni romobili trebaju imati ispravna svjetla i trube. U Francuskoj je uz sve navedeno zabranjeno imati slušalice na ušima, a valja istaknuti i to da je jedino u Belgiji obvezno korištenje zaštitne opreme, odnosno kacige.

## **2.2. Sigurnost korisnika**

S obzirom na to da su se električni romobili pojavili relativno iznenada te da se njihov broj povećao u vrlo kratkom roku, do podataka o prometnim nesrećama u kojima su sudjelovali nije lako doći. S druge strane, američki su istraživači napravili studiju o ozljedama korisnika električnih romobila. Sama analiza provedena je na sveučilištu *University of California* u Los Angelesu. Analiza je bila usredotočena na podatke dva odjela za hitne slučajeve u razdoblju od 1. rujna 2017. godine do 31. kolovoza 2018. godine. Došlo se do podataka kako je u tom periodu 249 osoba (koje su sudjelovale u nesrećama s električnim romobilima) zahtijevalo medicinsku pomoć, od čega je jedna trećina morala biti hitno prevezena u bolnicu [8].

Prema provedenoj analizi najčešće vrste prometnih nesreća odnosile su se na padove (kao posljedica gubitka ravnoteže odnosno kontrole nad romobilom), nalete na krute objekte te na nalete na pješake, bicikliste odnosno na druge vozače električnih romobila (Tablica 1).

Tablica 1. Karakteristike prometnih nesreća u kojima su sudjelovali električni romobili [8]

| Sudionici                                     | Vrsta nesreće                                     | Broj ozljeda (%) |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------|
| Sudionik-vozač električnog romobila           | Pad s romobila                                    | 183 (80,2%)      |
|                                               | Nalet na objekt                                   | 25 (11,0%)       |
|                                               | Sudar s vozilom ili drugim objektom koje se kreće | 20 (8,8%)        |
|                                               |                                                   |                  |
| Sudionik koji nije vozač električnog romobila | Sudar s romobilom                                 | 11 (52,4%)       |
|                                               | Spotaknuće preko romobila                         | 5 (23,8%)        |
|                                               | Ostalo                                            | 5 (23,8%)        |

Što se tiče samih ozljeda uzrokovanih prometnim nesrećama, najzastupljeniji su frakture svih dijelova tijela te lakše odnosno teže ozljede glave. Također, gotovo trećina ozljeda odnosi se na uganuća, posjekotine te modrice (

Tablica 2).

Tablica 2. Vrste ozljeda prema nesrećama u kojima su sudjelovali korisnici električnih romobila [8]

| Vrsta ozljede                 | Sudionik-vozač električnog romobila - 228 (%) | Sudionik koji nije vozač električnog romobila - 21 (%) | Ukupno - 249 (%) |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------|
| Fraktura                      | 71 (31,1%)                                    | 8 (38,1%)                                              | 79 (31,7%)       |
| Ozljeda glave                 | 92 (40,4%)                                    | 8 (38,0%)                                              | 100 (40,2%)      |
| Uganuća, posjekotine, modrice | 63 (27,5%)                                    | 6 (28,6 %)                                             | 69 (27,7%)       |
| Ostalo                        | 2 (1,0%)                                      |                                                        | 1 (0,4%)         |



Unatoč nedostatku podataka o prometnim nesrećama u Republici Hrvatskoj u kojima su sudjelovali korisnici električnih romobila te o ozljedama proizašlih iz prometnih nesreća, može se zaključiti kako se većina prethodno opisanog može primijeniti i na Republiku Hrvatsku.

### **2.3. Analiza sigurnosti korisnika e-romobila u RH**

Shodno prethodno navedenom, s ciljem dobivanja uvida u udio električnih romobila u prometu kao i posjedovanje opreme njihovih korisnika (prije svega zaštitne kacige), provedeno je brojanje električnih romobila na razini grada Zagreba.

Brojanje je proveo *Zavod za prometno planiranje, Fakulteta prometnih znanosti* uz pomoć studenata fakulteta. Brojanje je obavljeno na način da su se odabrale strateški važne lokacije na kojima su na presjecima studenti bilježili električne romobile kao i opremu koju korisnici istih nose. Na taj način obuhvaćen je uži centar grada Zagreba. Brojanje je obavljeno 29. studenog 2019. godine u periodu od 6:00 do 21:00, a rezultati su opisani u sljedećem poglavlju.

## **3. Rezultati**

Kao što je već navedeno u prethodnom poglavlju, brojanje električnih romobila na presjecima u gradu Zagrebu obavljeno u izvanvršnom periodu godine za električne romobile. Samo po sebi je jasno kako su za vožnju električnog romobila idealni mjeseci u godini oni ljeti, odnosno kod povoljnih vremenskih uvjeta i viših temperatura. S obzirom na to da je predmetno brojanje obavljeno krajem studenog, vremenski uvjeti tog dana nisu bili idealni, štoviše, temperatura zraka bila je izrazito niska. U skladu s prethodno navedenim, treba naglasiti činjenicu da je broj korisnika električnih romobila znatno veći u periodu godine u kojem su vremenski uvjeti povoljniji. U nastavku je dana tablica u kojoj su prikazani podaci brojanja prometa po satima. Jednako tako, dani su i podaci onih korisnika koji su tijekom vožnje koristili zaštitnu kacigu (Tablica 3).

Iz tablice je vidljivo da se relativno velik broj ljudi u Zagrebu koristi električnim romobilom kao prijevoznim sredstvom, a ako se u obzir uzme vrijeme brojanja, lako je zaključiti kako je tijekom ljeta broj električnih romobila na gradskim ulicama znatno veći. Negativan trend pokazao se u korištenju zaštitne opreme odnosno zaštitne kacige, pa je tako tijekom predmetnog brojanja zabilježeno ukupno svega 10 korisnika (2,3%) koji su koristili zaštitnu kacigu.

Tablica 3. Rezultati brojanja električnih romobila na presjecima u gradu Zagrebu

| Lokacija<br>brojanja  | 06:00<br>-       | 07:00<br>-       | 08:00<br>-       | 09:00<br>-       | 10:00<br>-       | 11:00<br>- | 12:00<br>- | 13:00<br>-       | 14:00<br>- | 15:00<br>- | 16:00<br>-       | 17:00<br>-       | 18:00<br>- | 19:00<br>-       | 20:00<br>- | UKUPNO |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------|------------|------------------|------------|------------|------------------|------------------|------------|------------------|------------|--------|
| Most<br>slobode       | 5/1 <sup>k</sup> | 15               | 3                | 4                | 2                | 1          | 7          | 5                | 8          | 3          | 6                | 5                | 7          | 2                | 3          | 76     |
| Masarykova            | 2                | 3                | 4                | 4                | 3                | 5          | 8          | 2                | 3          | 3          | 4                | 2                | 3          | 4                | 2          | 52     |
| Vukovarska            | 1                | 10               | 9/1 <sup>k</sup> | 8                | 2                | 1          | 1          | 2                | 2          | 1          | 2                | 1                | 1          | 2                | 0          | 43     |
| Zrinjevac             | 1                | 2/1 <sup>k</sup> | 2                | 3/1 <sup>k</sup> | 4                | 4          | 4          | 2                | 3          | 4          | 4                | 3                | 0          | 3                | 1          | 40     |
| Cibona                | 1                | 2                | 3                | 3                | 3                | 2          | 2          | 1                | 2          | 6          | 10               | 3                | 1          | 0                | 0          | 39     |
| Autobusni<br>kolodvor | 2                | 2                | 3                | 1                | 3                | 1          | 6          | 4                | 2          | 0          | 4/1 <sup>k</sup> | 2                | 1          | 2/1 <sup>k</sup> | 0          | 33     |
| Glavni<br>kolodvor    | 1                | 3                | 4                | 3                | 4/1 <sup>k</sup> | 2          | 2          | 2/1 <sup>k</sup> | 1          | 1          | 2                | 1                | 3          | 1                | 1          | 31     |
| Most<br>mladosti      | 1                | 5/1 <sup>k</sup> | 6                | 1                | 0                | 2          | 1          | 1                | 2          | 2          | 3                | 2                | 2          | 1                | 1          | 30     |
| Avenija<br>Dubrovnik  | 0                | 4                | 2                | 0                | 2                | 1          | 2          | 2                | 2          | 1          | 2                | 1                | 2          | 2                | 1          | 24     |
| Zagrebačka<br>avenija | 0                | 1                | 5                | 0                | 0                | 1          | 2          | 0                | 3          | 3          | 2                | 1                | 1          | 0                | 0          | 19     |
| Zvijezda              | 0                | 1                | 3                | 2                | 1                | 0          | 0          | 1                | 1          | 2          | 2                | 1                | 1          | 0                | 0          | 15     |
| Zapadni<br>kolodvor   | 2                | 0                | 1                | 0                | 1                | 0          | 2          | 1                | 1          | 2          | 2                | 2                | 0          | 1                | 0          | 15     |
| Dubrava               | 1                | 2                | 1                | 0                | 1                | 0          | 0          | 1                | 0          | 1          | 1                | 1/1 <sup>k</sup> | 1          | 0                | 1          | 11     |
| Jadranski<br>most     | 0                | 0                | 0                | 2                | 1                | 0          | 0          | 0                | 0          | 3          | 2                | 2                | 0          | 0                | 0          | 10     |
| Branimirova           | 0                | 1                | 0                | 0                | 0                | 0          | 1          | 0                | 1          | 1          | 0                | 0                | 0          | 1                | 0          | 5      |
| UKUPNO                | 17               | 51               | 46               | 31               | 27               | 20         | 38         | 24               | 31         | 33         | 46               | 27               | 23         | 19               | 10         | 443    |

<sup>k</sup> broj korisnika koji nosi zaštitnu kacigu

## 4. Diskusija

Električni romobili su, zbog svoje relativno niske cijene, brzine i praktičnosti, u vrlo kratkom vremenu ostavili velik utjecaj na modalnu raspodjelu održivih oblika prometovanja. Njihov se broj na gradskim ulicama, zbog njihovih brojnih benefita gotovo svakodnevno povećava. Unatoč brojnim benefitima, električne romobile karakteriziraju i brojni nedostaci, poglavito u smislu sigurnosti svih sudionika u prometu.

Ako se električni romobili usporede s biciklima može se zaključiti kako su potonji daleko stabilniji na cesti. Razlog tomu jesu znatno veći promjeri kotača i nemogućnost ostvarivanja velikih ubrzanja bez kontrole. Naime, električni romobili u većini slučajeva imaju kotače izrazito malih promjera koji doprinose velikoj nestabilnosti i poteškoćama u manevriranju uz neizostavnu nemogućnost svladavanja i najmanjih fizičkih prepreka na površini kojom se kreću. Štoviše, takve prepreke mogu biti izrazito opasne za same korisnike električnih romobila jer isti mogu lako izgubiti kontrolu nad predmetnim vozilom. Također, s obzirom na vrstu pogona (elektromotor) električni romobili mogu ostvariti velika ubrzanja koja, posebice kod neiskusnih korisnika, mogu dovesti do trenutnog gubitka kontrole nad romobilom. Uz navedeno, bitno je naglasiti da se težište električnog romobila, zajedno s čovjekom na njemu, nalazi relativno visoko, što uz gore navedeno doprinosi nestabilnosti predmetnog vozila.

Uz navedene nedostatke koji mogu imati negativne posljedice za same korisnike električnih romobila, isti su i potencijalna opasnost za ostale sudionike u prometu, prije svega pješake i bicikliste. Zbog nedefiniranih uvjeta odvijanja prometa električnih romobila, kao i neobvezatnosti nošenja zaštitne opreme, postojeća zakonska regulativa ide tome u prilog. Također, bitno je naglasiti činjenicu da pravno nije definirana situacija u kojoj je došlo do kolizije između (korisnika) električnog romobila i pješaka odnosno nije jasno promatraju li se u tom slučaju predmetni sudionici kao dva pješaka. Iz tog razloga bitno je naglasiti nužnost reguliranja ovog oblika prometovanja u svrhu povećanja sigurnosti samih korisnika električnih romobila kao i ostalih sudionika u prometu.

Unatoč brojnim nedostacima, električni romobili idu u prilog razvoju održivog prometa jer predstavljaju popularan, moderan i ekološki prihvatljiv način prometovanja. S obzirom na to da europske razvojne strategije idu u smjeru smanjenja broja osobnih

automobila odnosno prelaska na održive oblike prometovanja, korištenje električnih romobila predstavlja kvalitetan alternativan način prometovanja usklađen s europskim razvojnim strategijama.

## **5. Zaključak**

Trend broja korisnika električnih romobila nesumnjivo će rasti kroz godine s obzirom na ekonomsku i ekološku prihvatljivost istih te uz promicanje održive mobilnosti koja se nameće kroz europske i svjetske regulative. Rast je potvrđen i brojanjem koje je proveo *Zavod za prometno planiranje, Fakulteta prometnih znanosti*, a koje je pokazalo da su električni romobili prisutni na gradskim ulicama čak i u relativno nepogodnim vremenskim uvjetima (niska temperatura, padaline).

Kako bi se povećala sigurnost svih sudionika u prometu, koja je, nedvojbeno u određenoj mjeri narušena pojavom većeg broja predmetnih vozila, nužno je donijeti adekvatnu zakonsku regulativu kojom se može utjecati na odvijanje nemotoriziranog prometa uz naglasak na prometovanje električnih romobila. S druge strane, valja naglasiti kako previše zakonskog normiranja nije dobro i može rezultirati suprotnim učinkom. Sve što bi se trebalo očekivati od zakonske regulative jest da se onemogući ugrožavanje pješaka, biciklista i ostalih sudionika u prometu, uz, dakako, međusobnu toleranciju. To bi konkretno značilo da bi se u pješačkim zonama električni romobili morali kretati brzinom pješaka bez ometanja prometa i pješaka.

Razvoj novih alternativnih prijevoznih oblika zasigurno je pozitivan trend u poticanju održive mobilnosti čime se značajno utječe na smanjenje zagađenja okoliša ali i na povećanje kvalitete života u cijelosti. Iz svega navedenog nameće se nužnost razvoja sinergije i međusobne tolerancije svih oblika nemotoriziranog i motornog prometa s ciljem povećanja kvalitete i sigurnosti.

## LITERATURA

- [1] J. Strathman and K. Dueker, "Transit Service, Parking Charges, and Mode Choice for the Journey to Work: An Analysis of the 1990 NPTS," *J. Public Transp.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–38, 2018.
- [2] X. Ye, R. M. Pendyala, and G. Gottardi, "An exploration of the relationship between mode choice and complexity of trip chaining patterns," *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 41, no. 1, pp. 96–113, 2007.
- [3] P. Astegiano, F. Fermi, and A. Martino, "Investigating the impact of e-bikes on modal share and greenhouse emissions: A system dynamic approach," *Transp. Res. Procedia*, vol. 37, no. September 2018, pp. 163–170, 2019.
- [4] K. McMullan and M. Butler, "Self-regulation when using a mobility scooter: The experiences of older adults with visual impairments," *Br. J. Occup. Ther.*, 2019.
- [5] N. Sikka, C. Vila, M. Stratton, M. Ghassemi, and A. Pourmand, "Sharing the sidewalk: A case of E-scooter related pedestrian injury," *Am. J. Emerg. Med.*, no. xxxx, pp. 1–3, 2019.
- [6] D. Zou *et al.*, "Prediction of injury risks and features among scooter riders through MADYMO reconstruction of a scooter-microvan accident: Identifying the driver and passengers," *J. Forensic Leg. Med.*, vol. 65, no. August 2018, pp. 15–21, 2019.
- [7] Zakon o sigurnosti prometa na cestama, pročišćeni tekst zakona
- [8] Tarak K. Trivedi, MD, MS; Charles Liu, MD; Anna Liza M. Antonio, DrPH; Natasha Wheaton, MD; Vanessa Kreger, MD, MPH; Anna Yap, MD; David Schriger, MD, MPH; Joann G. Elmore, MD, MPH: "Injuries Associated With Standing Electric Scooter Use", *JAMA Netw Open*. 2019



# Ograničenja i primjena novih tehnologija, protokola i arhitektura u nadzoru i regulisanju raskrsnica

## Limitations and applications of new technologies, protocols and architectures for intersection supervision and regulation

Red. prof. dr. Osman Lindov<sup>1</sup>; [olindov@gmail.com](mailto:olindov@gmail.com)

Dr. Emir Deljanin<sup>1</sup>; [e.deljanin.fsk@gmail.com](mailto:e.deljanin.fsk@gmail.com)

Adnan Omerhodžić MA. dip. ing. saob. i kom.<sup>1</sup>; [adnan.omerhodzic@gmail.com](mailto:adnan.omerhodzic@gmail.com)

Asima Deljanin MA. dip. ing. saob. i kom.<sup>2</sup>; [asima\\_deljanin@hotmail.com](mailto:asima_deljanin@hotmail.com)

<sup>1</sup> Univerzitet u Sarajevu, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Zmaja od bosne br.8, 71000 Sarajevo, BiH

<sup>2</sup> Općina Novo Sarajevo, Zmaja od bosne br.55, 71000 Sarajevo, BiH

### SAŽETAK

Rad predstavlja uvod u stvaranje skalabilnog, sigurnog i efikasnog multiagentnog okvira za upravljanje hibridnom mrežom u kojoj se nalaze sve razine autonomnih vozila. Inteligentna tehnologija vozila napreduje vrlo brzo, a nedavni napredak sugerira da će u skoroj budućnosti biti moguća autonomna navigacija vozila. Na modernim raskrsnicama, semafori i znakovi pomažu vozačima da bezbrižno upravljaju svojim vozilima. Međutim, da li će ubuduće, sa računarima "za volanom", uopšte imati smisla posjedovanje mehanizama kontrole raskrsnica koji su osmišljeni s obzirom na današnje vozače? Uz sve prednosti koje "računarski vozači" nude - preciznije upravljanje, bolji senzori i brže vrijeme reakcije - vjerujemo da se putovanje automobilom može učiniti ne samo sigurnijim i lakšim, već i mnogo efikasnijim. U ovom preglednom radu je predstavljeno funkcionisanje autonomnih vozila (razine 3 i 4) u virtualnom konektovanom okruženju te je prikazano efikasno upravljanje raskrsnicom.

*Ključne riječi: autonomna vozila, ITS, regulisanje, raskrsnice, sigurnost*

### ABSTRACT

This paper represents a introduction to create a scalable, safe, and efficient multiagent framework for managing a hybrid network of all levels of autonomous vehicles. Intelligent vehicle technology is progressing very rapidly and recent advances suggest that autonomous vehicle navigation will be possible in the near future. At modern-day intersections, traffic lights and stop signs assist human drivers in conducting their vehicles. However, in the future, with computers "behind the wheel", will it make sense to have intersection control mechanisms that were designed with today's human drivers in mind? With all the advantages computerized drivers offer - more precise control, better sensors, and quicker reaction times - we believe automobile travel can be made not only safer and easier, but much more efficient. This review paper represents the functioning of autonomous vehicles (levels 3 and 4) in a virtual connected environment with a demonstration on how to efficiently manage an intersection.

*Key words: autonomous vehicles, ITS, regulation, intersections, safety*

## Uvod

Regulisanje raskrsnica je u središtu sistema usmjerenih na poboljšanje saobraćajnih uvjeta u gradskom okruženju. Međutim, semafori više nisu dovoljni da apsorbiraju saobraćaj zbog neprestane povećane potražnje za putovanjima. Istodobno, tehnološki razvoj sve više je fokusiran na autonomna i kooperativna vozila. Ova vozila se mogu kretati sa ili bez ljudske intervencije te samostalno razmjenjivati podatke sa svojim okruženjem. Ova perspektiva pruža nove mogućnosti regulisanja saobraćaja, posebno na raskrsnicama. Međutim, iskorištavanje potencijala koje nude nove tehnologije zahtijeva preoblikovanje problema dijeljenja infrastrukture između sukobljenih tokova. Ovaj rad ističe ovu potrebu, prvo tretirajući nove pristupe regulisanja semafora, a zatim predstavljajući obimno istraživanje na temu kooperativnog uređenja raskrsnice. Iako gradska raskrsnica predstavlja kretanje pješaka, biciklista ili čak tramvaja, ovaj rad će se usredotočiti na kretanja cestovnih motornih vozila (automobila, kamiona, autobusa). U budućnosti ovaj rad će predstavljati uvod za multi-modalni pristup regulaciji raskrsnici.

## 1. Temeljni sistemi za razvoj novih tehnologija

Posljednjih godina ideja o djelomičnim ili potpuno kontroliranim vozilima postala je stvarnost, koja nudi nove perspektive za regulisanje saobraćaja. Značajni pomaci u sistemima za pozicioniranje i bežični komunikacijski sistem doveli su do primjetnog razvoja mnogih sistema pomoći vozaču, potpuno testirani prototipovi vozila su čak razvijeni, testirani i trenutno korišteni. Sisteme za pozicioniranje moguće je podijeliti u dvije kategorije. Apsolutno pozicioniranje tipa koje omogućuje da se objekt nalazi u odnosu na globalni referentni okvir okoline i relativno pozicioniranje tipa ovisno o položaju jednog ili više drugih objekata.

### 1.1. Satelitski navigacioni sistemi

Satelitski sistem za pozicioniranje nazvan GNSS (Global Navigation Satellite System- Globalni Navigacijski Satelitski Sistemi) [1] uglavnom se sastoji od nekoliko satelitskih konstelacija koja ovise o nekoliko zemalja. Sjedinjene Američke Države pokrenule su projekt 1970-ih primjenom GPS (Global Positioning System- Globalni sistema za pozicioniranje) [2], koji se trenutno sastoji od 24 operativna satelita. Rusija je razvila vlastiti program nazvan GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) [3], koji se također sastoji od 24 operativna satelita. Europa, Kina i Indija također razvijaju svoje sisteme pod nazivom Galileo [4], COMPASS i IRNSS (Indijski regionalni navigacijski satelitski sistem). Svi sateliti GNSS formiraju pokrivenost oko planete koja omogućava dobivanje položaja objekta na njegovoj površini (ili na nebu) s bilo kojeg mjesta. Jedna od glavnih prednosti ovog sistema je njegova dostupnost široj javnosti. Glavni nedostatak GNSS sistema je njegova netačnost. Izračunata pogreška može biti samo nekoliko metara, do nekoliko desetaka metara, posebno u urbanim područjima zbog efekta refleksije na objektima. Međutim, pogreška izvan proračuna često nije prihvatljiva za pozicioniranje pokretnih cjelina zbog rizika od sudara, posebno kod regulisanja raskrsnica. Kinematika u stvarnom vremenu nazvana RTK (Real Time Kinematic) [5,6] omogućava referentnoj stanici da šalje korekcije temeljene na faznim mjerenjima valova satelitskog signala. Princip DGPS (Diferencijalni GPS) [7] temelji se na instaliranju mreže nepokretnih stanica koje služe kao reference za otkrivanje razlika između izmjerenog položaja satelita i njegovog stvarnog poznatog položaja. Tako poznate pogreške mogu se prenijeti radi ispravljanja izračuna položaja prijemnika. Programi EGNOS (Europski servis za prekrivanje geostacionarne navigacije) [8] i WAAS (Sistem proširenja širokog

područja) [9] primjeri su korištenja načela DGPS. Općenito, satelitski navigacijski sistemi također koriste podatke mapiranja za pročišćavanje položaja u odnosu na postojeće rute [10].

### *1.2. Sistemi definisanja položaja vozila*

U sisteme relativnog pozicioniranja koji se mogu ugraditi na vozila ili na cestu ubrajaju se radar, LIDAR, video senzor, RFID (Radiofrekvencijsku identifikaciju) sistem ili žiroskop i akcelerometar. Radarski ili LIDAR (Light Detection And Ranging) sistemi koriste se za otkrivanje objekata i čak analizu njihovog oblika skeniranjem [11]. Odometrija omogućuje vozilu informacije o prijeđenoj udaljenosti zahvaljujući mjerenju ostvarenih okretaja točkova. RFID tehnologija sastoji se od čitača i naljepnica koje se mogu koristiti u prijevozu [12]. Moguće je postaviti oznake na infrastrukturu (markere položaja) kako bi vozilo opremljeno čitačem moglo prepoznati njihov relativni položaj tako što ih detektuje. To je slučaj, na primjer, u sistemu ERTMS (Europski sistem upravljanja željezničkim saobraćajem) koji koriste vozovi [13]. Video senzor je posljednjih godina izazvao sve veći interes povećanjem kvalitete i brzine snimanja slika. Može se postaviti na fiksnu tačku za otkrivanje i praćenje pokretnih objekata (posebno putem stereovizije) [39], kao i za pomoć u regulisanje saobraćaja na raskrsnicama [14], ili biti postavljen izravno na vozilo u pokretu radi otkrivanja i prepoznavanja prepreka [15,16]. Žiroskop se koristi za mjerenje rotacija objekta, dok akcelerometar može otkriti kretanja u svim smjerovima. Svi se ti senzori mogu koristiti zajedno za definiranje položaja vozila [17].

## **2. Bežični komunikacijski sistemi**

Danas postoje mnogi protokoli za bežičnu komunikaciju kao što su GPRS (General Packet Radio Service), GSM (Globalni sistem za mobilne komunikacije), Wi-Fi, WiMax (Svjetska interoperabilnost za mikrovalni pristup), 3G, 4G, Zigbee, Bluetooth, G5 (IEEE 802.11p) itd. RFID tehnologija prethodno uvedena u sisteme za pozicioniranje je također komunikacijski sistem kratkog dometa. Sva ova sredstva komunikacije koriste se u različitim poljima za širenje sve veće količine informacija sa sve većom brzinom. Aplikacije već postoje u području saobraćaja, posebno za kontrolu poštivanja reda vožnje u autobusnim, tramvajskim, zrakoplovnim, željezničkim i drugim mrežama. Posljednjih godina uloženi su posebni napor u razvoju komunikacija kratkog i srednjeg dometa posvećenih isključivo ITS-u (Inteligentni Transportni Sistemi). Te komunikacije, koje mogu biti jednosmjerne ili dvosmjerne, grupirane su pod nazivom DSRC (Namjenske kratkoročne komunikacije) [18,19,20,21]. Komunikacije DSRC-a uglavnom se koriste za povećanje sigurnosti na cestama i korisnicima pružaju informativne poruke o stanju na cestama i situaciji ostalih učesnika u saobraćaju [22,23]. Posljednje područje primjene, koje otvara nove perspektive, ima za cilj upravljanje saobraćajem smanjujući saobraćajne gužve i rizike od nesreća, uz smanjenje vremena putovanja, potrošnje i posljedičnog zagađenja. Elektronička naplata cestarine opremljena je ovom tehnologijom [24,25].

Standardizacija DSRC komunikacija od presudne je važnosti kako bi se omogućili razni akteri koji žele poboljšati usluge povezane s saobraćajem [26]. Standardi su predloženi u Sjedinjenim Državama, Europi i Japanu, temeljeni na IEEE 802.11 standardu. U Sjedinjenim Državama posljednju definiciju objavila je 2006. godine FCC (Federalna komisija za komunikacije) [27]. Dodijeljeni frekvencijski pojas je 5,9 GHz za propusnost od 75MHz. U Europi je standarde definisao CEN (Europski odbor za normizaciju) za frekvencijski pojas 5,9 GHz, sa širinom opsega od 20 MHz. U Japanu je frekvencijski pojas 5.8 GHz izabralo

ARIB (Udruženje radio industrija i poduzeća) s širinom pojasa od 80MHz. Koristeći DSRC tehnologiju, istraživanje se fokusiralo na razvoj VANET (Vehicle Ad Hoc Network) mreža [29]. VANET mreža je oblik MANET-a (Mobile Ad-Hoc Network) [30,31,32] koji je specijaliziran za saobraćaj. Te mreže omogućuju upravljanje prijenosom podataka unutar skupine čvorova (mobilnih ili fiksnih entiteta). U slučaju VANET-a, mobilni subjekti su vozila, dok su nepokretni subjekti komunikacijska oprema postavljena na razini infrastrukture (uz ceste, na raskrsnicama). Stoga se svaki čvor smatra bežičnim usmjerivačem koji može komunicirati s drugim čvorovima koji se nalaze na kratkim i srednjim udaljenostima. Mogu se razlikovati dva načina komunikacije koja se mogu koristiti samostalno ili zajedno, a to su način vozilo-vozilo (V2V) i način vozilo - infrastruktura (V2I). Stoga VANET mreža predlaže malo drugačiji sistem od MANET mreže jer su vozila koja se kreću ograničena u svom kretanju u odnosu na infrastrukturu. MANET protokoli ne mogu se izravno primijeniti na VANET mreže. Razvojem VANET mreža rješavaju se brojna ograničenja koja su rjeđa u tradicionalnim bežičnim mrežama i ovise o vrsti aplikacije. Prije rješavanja problema koji se odnose na prijenos poruke s jednog kraja mreže na drugi, potrebno je uzeti u obzir degradaciju signala, koja nastaje zbog brzine vozila (130 km / h na autocesti ), ali i zbog infrastrukture koja može uključivati ​​zgrade u urbanim područjima [33]. Tada na mrežnoj razini mobilnost povezanih subjekata može dovesti do vrlo brzih promjena u postojanju veza među njima. Osim toga, promjenjiva gustoća čvorova (posebno u slučaju formiranja malih skupina vozila na autocesti) može onemogućiti postojanje puta za prijenos poruka u mreži. Također mora se uzeti u obzir i postojanje suvišnih podataka. Stoga je ključno definirati čvrstu strategiju isporuke podataka prema potrebama. Konačno vrlo važna tačka je sigurnost [34]. Kao i u bilo kojoj mreži, može doći do krađe identiteta ili slanja namjerno pogrešnih podataka, čiji je cilj obmanjivanje drugih sistema.

### *2.1. Napredni sistemi pomoći vozaču*

Napredni sistemi pomoći vozaču, grupirani pod nazivom ADAS (Advanced Drivers Assistance System), u početku omogućuju poboljšanje sigurnosti vozila aktivnim korištenjem komunikacijskih i / ili tehnologija pozicioniranja [35,36]. Budući cilj je postupno opremiti sva vozila tim sistemima, kako bi se povećala ukupna sigurnost, ali i smanjili problemi zbog zagušenja, posebno u gradovima.

#### *2.1.1. Navigacijska pomoć*

Navigacijski sistem pomoći zasnovan je na GNSS-u koristi se za izračunavanje rute na temelju više parametara kako bi se vozilo vodilo duž njega. Nekoliko algoritamskih pristupa omogućuje izračun rute prema različitim kriterijima, kao što su vrijeme ili dužina putovanja, koristeći kartografske podatke [37,10]. Zahvaljujući metodi informiranja o saobraćaju, GPS prijamnik također može uzeti u obzir volumen saobraćaja procijenjen iz mjerenja između polaska i odredišta vozila. Praćenje u stvarnom vremenu može se koristiti i za centraliziranje praćenja i upravljanja voznim parkom. Regulator brzine Tempomat, poznat kao CC (tempomat), u prve automobile instalirao je 1958. inženjer Ralph Teetor. Sistem održava konstantnu brzinu vozila pomoću kontrole ubrzanja.

Navigacijska pomagala široko se koriste u cijelom svijetu kako za privatne tako i za profesionalne potrebe. Međutim, još se mnogo radi na poboljšanju sistema pružanjem brzih i preciznijih algoritama izračuna, posebno ispravljanja pogrešaka pozicioniranja dodavanjem senzora. Neke studije fokusirane su na upotrebu žiroskopa [40], dok druge koriste video senzor koji može analizirati okoliš [41].

Upravljanje putanjom je bočni tip vođenja koji djeluje izravno na smjer vozila. Kao i kod drugih sistema poput uzdužnog navođenja, sistem mora informacije obrađivati od senzora u stvarnom vremenu kako bi zatim primijenio akciju na vozilu. Međutim, za razliku od uzdužnih navođenja, informacije o položaju vozila nije dovoljno u bočnom kontekstu. Zaista je također važno slijediti orijentaciju u odnosu na okoliš. Načini vođenja mogu se razlikovati ovisno o vrsti promatračkog okruženja. Može se razlikovati nekoliko glavnih slučajeva. U slučaju otvorenog prostora bez prepreka, upotreba GPS senzora zajedno s žiroskopom može biti dovoljna jer je rizik od sudara nula sve dok vozilo ostane nekoliko metara sigurno unutar zaštićenog prostora. U slučaju ceste, vozilo se može osloniti na nekoliko vrsta informacija kako bi održalo dobru putanju. Neki radovi predlažu upotrebu video senzora za prepoznavanje i praćenje puta [46]. Druga su istraživanja zainteresirana za otkrivanje vozila koje treba slijediti kako bi se primijenila ista putanja [47]. Upotreba stereovizije s dualnim video senzorom posebno je zanimljiva zbog njegove sposobnosti otkrivanja dubine vidnog polja [48]. U slučaju kada se nijedno vozilo ne može pratiti, a cesta nema oznaku na cesti, autori predlažu metodu koja spaja podatke s nekoliko senzora.

### **3. Razvoj vozila budućnosti - autonomna vozila**

Prilagodljivi tempomat - ACC (Adaptive Cruise Control) sistem [38,39] može mijenjati brzinu vozila u skladu s vozilom ispred, zahvaljujući korištenju radarskog sistema naprijed na vozilu. Ovo je poboljšanje CC sistema. Nekoliko modela automobila već je opremljeno ACC-om. Najnovije poboljšanje ACC sistema naziva se CACC (Cooperative Adaptive Cruise Control), kooperativni prilagodljivi tempomat (uzdužno i bočno navođenje vozila) [42,43]. Može se temeljiti na dodavanju bežične komunikacije za komunikaciju s vozilima ispred, osim radara, ali i video senzora ili drugih sistema. Cilj je stvoriti adaptivni platoon (vod) vozila u kojima samo prvo vozilo u liniji vozi čovjek, dok druga vozila prilagođavaju brzinu kretanja te održavaju optimalnu udaljenosti od svog prethodnika [44,45].

Uvođenje ADAS-a nudi potencijal potpuno kontroliranog vozila (bez ljudske intervencije) [49]. U posljednjih nekoliko godina, veliko natjecanje pod nazivom "Veliki izazov DARPA", u organizaciji DARPA (Agencija za napredne odbrambene istraživačke projekte), motiviralo je istraživanje na ovom polju [50]. U 2004. i 2005. godini vozila su se testirala u pustinjском krugu, dok su 2007. godine vozila funkcionirala u urbanom okruženju sa „stop“ raskršnicama. Mnoge skupine već nude potpuno testirane prototipove vozila (Mercedes-Benz, Nissan, Toyota, Audi, Volvo, Google, VisLab itd.). Na primjer, automobil nazvan "Google Car" posebno se publicirao [51]. Međutim, uvođenje takvih vozila zahtijeva prilagođavanje zakona. U Sjedinjenim Državama, na primjer, NHTSA (Nacionalna uprava za sigurnost cestovnog saobraćaja) definirala je službenu petrazinsku klasifikaciju upravljanja vozilima:

- Razina 0: Vozač ima potpunu kontrolu nad svojim vozilom,
- Razina 1: Vozilo može upravljati određenim sistemima, kao što su kočenje u nuždi,
- Razina 2: Najmanje dva sistema mogu istovremeno biti aktivna, poput ACC-a i sistema upozoravanja bijelom linijom,
- Razina 3: Vozilo ima potpunu kontrolu koliko god je to moguće i po potrebi vraća vozaču kontrolu,
- Razina 4: Vozilo je sposobno napraviti potpuno putovanje bez ljudske intervencije, uključujući mogućnost nezauzetog vozila.
- Razina samovožnje „5“ najviša je razina automatizacije razine upravljanja vozila, gdje je vozač u potpunosti suvišan, pri čemu vozila nisu opremljena sistemima upravljanja kao što



su volan i papučica gasa. U velikoj je mjeri zastupljeno i korištenje umjetne inteligencije, iznimno su ovisni o stalnoj povezanosti na mrežu, te na vlastite senzore. Prvi modeli na tržištu se očekuju sredinom sljedećeg desetljeća, a tehnologijom prednjači Google sa svojim projektom Waymo.

U Sjedinjenim Američkim Državama od 2011. godine nekoliko država (Nevada, Florida, Kalifornija, Kolorado, Michigan) definiralo je zakon kojim će se odobriti saobraćaj vozila pod nadzorom. Međutim, vozač mora biti prisutan za volanom u svakom trenutku kako bi mogao uspostaviti kontrolu nad vozilom. U Velikoj Britaniji vlada želi provesti razdoblje ispitivanja na javnom putu prije nego što razmotri sanaciju zakona o autocesti i izmjenu zakona radi razmatranja kontroliranih vozila. U Kini su već počela testiranja na autocestama. U Europi, Švedska je započela testiranje u 2017. godini, dok Francuska je to uradila u 2016. godini, ali samo na testnoj infrastrukturi u laboratorijskom okruženju. Nekoliko projekata fokusirano je na marketing potpuno autonomnih putničkih vozila u gradskim središtima, zračnim lukama i parkovima [52]. Općenito, ova vozila su ograničena brzinom od oko 20 km/h i mogu se lako kretati u gradskom okruženju zahvaljujući 360° sistemu promatranja. I dalje ostaje veliki napor u razvoju potpuno kontroliranog vozila, s pravnog i tehničkog stajališta [53]. Ograničenje brzine od 20 km/h još je preniska da bi se nadali da će značajno smanjiti zagušenje.

#### **4. Kooperativno regulisanje izolirane raskrsnice**

Kooperativna regulisanje raskrsnica temelji se na novoj infrastrukturi, ali i na novom načinu regulisanja vozila. Za označavanje skupa infrastrukture/regulatora koristi se opći izraz KRR (Kooperativno regulisanje raskrsnicama). KRR može pokriti mnoge sisteme. To nije napredni sistem semafora [54,55,56,57,58] niti kooperativni sistem za izbjegavanje sudara [59,22,60]. Cilj KRR-a je pružiti rješenje koje je sposobno razmotriti svako vozilo pojedinačno zahvaljujući korištenju gore pozicioniranih sistema i bežičnih komunikacijskih sistema koji omogućuju stvaranje ADAS-a. Kompletan KRR mora biti opisan u skladu sa komunikacijskom arhitekturom, regulacijskim protokolom i regulacijskom politikom koji se moraju prilagoditi određenom broju ograničenja. Svrha komunikacijske arhitekture je definiranje korištene opreme i mogućih interakcija između različitih entiteta (mobilnih ili fiksnih). Protokol se temelji na komunikacijskoj arhitekturi, on postavlja osnovna pravila koja jamče pravilno funkcioniranje propisa, posebno sa sigurnosnog stajališta. Politika regulacije koristi prednosti protokola kako bi poboljšala fluidnost raskrsnica.

##### **4.1. Ograničenja**

U istraživanju KRR-a mora se uzeti u obzir nekoliko ograničenja. Prvo, ključno je razmišljati o problemu kao diskretnom fenomenu (redoslijed prolaska vozila), dok je kretanje vozila kontinuirana pojava. Na principu diskretnog sistema, mora se baviti ograničenjima u stvarnom vremenu, kao i fizičkim ograničenjima. Važno je napomenuti da nijedan rad na EMC-u (Elektromagnetne kompatibilnosti) ne može odjednom riješiti problem. Doista, u literaturi se većina ovih ograničenja isprva često zanemaruje prije nego što se postepeno riješe. Nadalje, upravljanje tim ograničenjima uvijek je kompromis između učinkovitosti i sigurnosti.

#### 4.1.1. Ograničenja u stvarnom vremenu

Takozvana ograničenja u stvarnom vremenu odnose se na uzimanje u obzir rokova svih sistema kako bi se diskretna priroda problema učinila transparentnom i primijenila na trenutni problem, posebice sa sigurnosnog gledišta. Možemo uzeti u obzir četiri primjera sistema s ovim ograničenjima:

- komunikacijski sistemi: poruke nužno zahtijevaju odgodu da bi stigle do primatelja,
- senzori (pozicioniranje, otkrivanje prepreka itd.): Podaci se ne mogu odmah pročitati, pa se vrijednosti odgađaju u odnosu na stvarnost,
- sistemi za proračun: izračunavanje odluke može potrajati neko vrijeme, posebno u slučaju procesa optimizacije gdje se mora uzeti u obzir puno podataka,
- upravljački sistemi: nakon što sistem upravljanja vozila donese odluku (ubrzanje, kočenje itd.), potreban je određen vremenski period reagovanja vozila u stvarnom vremenu.

#### 4.1.2. Fizička ograničenja

Fizička ograničenja odnose se na tačnost sistema. Dva glavna primjera su:

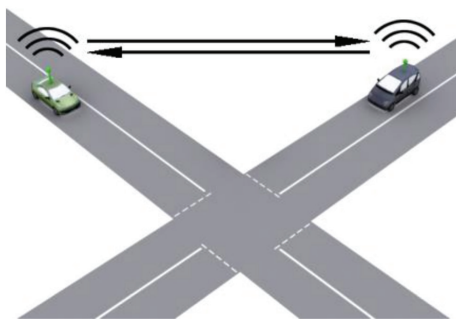
- Senzori (pozicioniranje, otkrivanje prepreka, itd.): Sve greške senzora moraju se uzeti u obzir, na primjer, GPS senzor može imati pogreške od nekoliko metara,
- Upravljački sistemi: regulator vozila mora biti dovoljno precizan da primjenjuje željenu brzinu i / ili putanju. Općenito, dugoročno je važno u razvoju KRR-a uzeti u obzir sve moguće tehničke probleme kao što su kvarovi na sistemu. Pojedine studije također razmatraju klimatske uvjete, posebno u vezi s problemom prianjanja pneumatika na podlogu [61,62].

### 5. Komunikacijska arhitektura

Komunikacijska arhitektura omogućava definiranje hardvera koji se koristi za razmjenu poruka između entiteta. Također je potrebno stvoriti odgovarajuće komunikacijske protokole, posebno sa sigurnosnog stajališta. Mogu se razlikovati dvije glavne klase komunikacijske arhitekture, centralizirane arhitekture i decentralizirane arhitekture koje se razlikuju po korištenju ili nekorištenju servera u raskrsnici koji propušta vozila po redoslijedu opsluživanja. Također je moguće definirati polucentralizirane arhitekture.

#### 5.1. Decentralizirana arhitektura

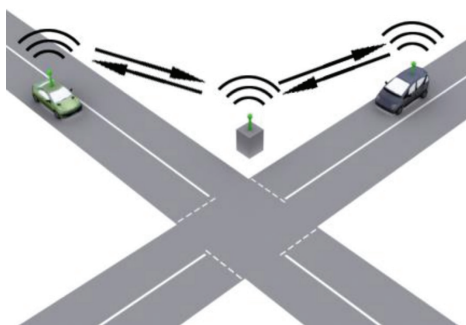
Ideja decentraliziranog protokola dolazi od Naumanna [63]. Autor predlaže regulisanje raskrsnica bez poslužitelja raskrsnica. Drugi autori su istraživali ovu arhitekturu [64,65,66,67]. Vozila koja se približavaju području sukoba moraju dogovoriti pristup između sebe koristeći V2V(Vehicle-To-Vehicle/Vozilo-Vozilu) način komunikacije (slika 1). Stoga svako vozilo mora prikupljati podatke izravno s drugih vozila, istovremeno prenoseći podatke o svojoj situaciji. Glavna prednost ove arhitekture je jednostavnost ugradnje jer su vozila jednom opremljena odgovarajućim sistemima koja mogu dogovarati pristup na bilo kojoj raskrsnici.



Slika 1. Decentralizirana arhitektura

## 5.2. Centralizirana arhitektura

Za razliku od decentralizirane arhitekture, koja omogućuje vozilima međusobnu komunikaciju, centralizirana arhitektura ima regulator raskrsnica za nadzor ulaza / izlaza vozila, ali i za primjenu regulatorne politike (slika 2). Arhitektura se stoga temelji na V2I (Vehicle-To-Infrastructure/Vozilo-Infrstrukturi) komunikaciji.



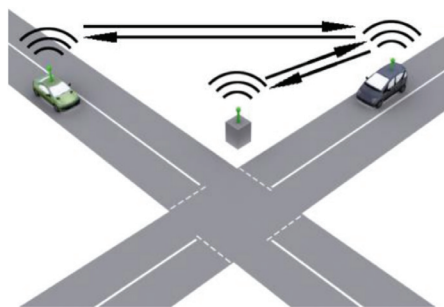
Slika 2. Centralizirana arhitektura

U [68,69] testovima s mini-robotima istaknuti su interes središnjeg poslužitelja kroz koji moraju proći svi zahtjevi. Nudi mogućnost razmatranja da je vozilu prema zadanim postavkama zabranjeno prijeći raskrsnicu. Na primjer, kvar jednog komunikacijskog sistema rezultira time da je raskrsnica potpuno blokirana, dok kašnjenja u komunikaciji jednostavno smanjuju brzinu evakuacije vozila. Kad se rizik od sudara eliminira, tada se u definiciji regulacijskog protokola treba pozabaviti otključavanjem raskrsnica i poboljšanjem kašnjenja.

## 5.3. Polucentralizirana arhitektura

U polucentraliziranoj arhitekturi, vozila su uvijek u mogućnosti međusobno komunicirati (slika 3.). Na primjer, prvo vozilo može vršiti razmjenu informaciju sa serverom za raskrsnice o pravom prvenstva, dok će drugo vozilo kontaktirati prvo vozilo, koje tada djeluje kao posrednik. Istovremena upotreba dva načina komunikacije (V2I, V2V) čini definiciju protokola složenijom regulacijom. Osim toga, prijenos poruke putem nekoliko posrednika predstavlja brojne probleme koji su proučavani u MANET mrežama. Važno je također napomenuti da se polucentralizirana arhitektura mora uglavnom temeljiti na potrebi korisnika. Stoga, kao i kod centralizirane arhitekture, poslužitelj raskrsnica ostaje jedini koji je odgovoran za sigurnost raskrsnica, što znači da on ima popis u svakom trenutku prisutnih vozila i onih koja su ovlaštena. Danas standardizacija ITS jedinica [70] omogućava proučavanje vrste polucentralizirane arhitekture. Međutim, potrebno je definirati regulatorne

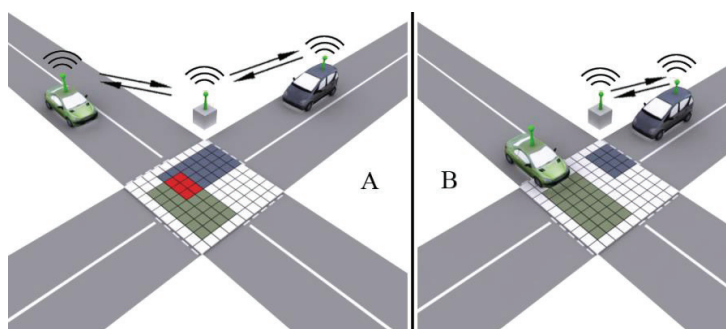
protokole koji će moći dokazati izvodivost u smislu sigurnosti kroz stvarne testove, s jedne, a s druge strane, kako bi se dokazala mogućnost poboljšanja raskrsnica.



Slika 3. Polucentralizirana arhitektura

*Centralizirani upravljački protokol* - Iz komunikacijske arhitekture stvara se upravljački protokol. Definira oblik prava puta kao i pravila koja opisuju kako se pregovara i dodjeljuje. U literaturi postoji mnogo protokola, ali moguće je identificirati tri glavna koncepta koji imaju različite varijante. U radu su predstavljeni, protokol rezervacije, kooperativni protokol tempomata za raskrsnice i protokol redoslijeda.

*Protokol rezervacije* - Princip rezervacije prvo je opisan u [71], a zatim je poboljšan u nekoliko djela. Svaki zahtjev za prolazak mora prihvatiti središnji kontroler (slika 4). U ovoj vrsti protokola, zahtjev je prijedlog za rezerviranje prostora / vremena koje poslužitelj prihvaća ili odbija. Učinkovitost protokola temelji se na ideji da potpuno kontrolirano vozilo može poštivati rezervaciju kako bi provelo što manje vremena na raskrižju. Zona sukoba diskretizirana je u obliku mreže malih konfliktnih zona s određenom preciznošću kako bi se povećala fleksibilnost rezervacije u prostoru. U primjeru na slici 4., dio, A slike opisuje rezervacije koje su dva vozila predložila za određeno vrijeme. Pod pretpostavkom da vozilo s lijeve strane dobije svoju rezervaciju, rezervacija vozila na desnoj strani je u sukobu, dakle ona se odbacuje. U dijelu B slike vozilo s desne strane usporava sve dok ne ponudi valjanu rezervaciju.



Slika 4. Protokol rezervacije

Ovaj se protokol pokazao u rezultatima simulacija kao sistem koji daleko prevazilazi semafor. Međutim, simulacije ne uzimaju u obzir komunikacijske probleme poput kašnjenja i pretpostavljaju da su vozila sposobna tačno ispuniti rezervaciju.

Stvarni testovi predstavljeni u [72,69] uspjeli su istaknuti nekoliko poteškoća:

- vozilo u potpunosti kontrolirano nije tako tačno kako se očekuje. Stoga, nedostatak tačnosti zahtijeva dodavanje sigurnosnih marža. Nažalost, sigurnosna marža povećava udaljenost između vozila, što zauzvrat značajno smanjuje učinkovitost raskrsnica.

- odgoda komunikacije nije prihvatljiva jer vozila sporije rezerviraju, moraju se zaustaviti prije prelaska i sav saobraćaj je usporen.

U [73] autori su također spomenuli i druge velike probleme:

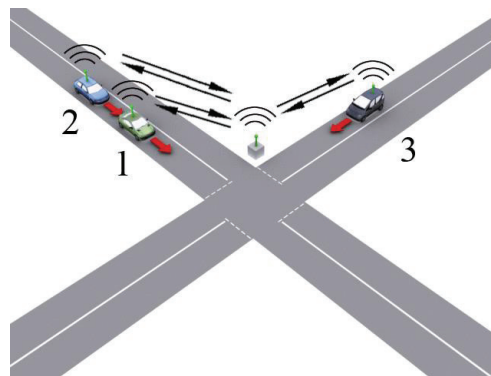
- vozilo koje mora poštivati svoju rezervaciju ne može izbjeći vozilo koje se može zaustaviti na izlazu iz raskrsnica,
- u slučaju velike količine saobraćaja, sva vozila nude rezervacije istovremeno, što opterećuje poslužitelja dok se ne prihvati vrlo mali postotak rezervacija. Rezultat je obavezno zaustavljanje svih vozila s jedne strane i zasićenje propusnosti porukama s druge strane. Kako bi riješili ta ograničenja, autori su predložili poboljšanja [74].

Za razliku od početnog protokola rezervacija, poslužitelj predlaže rezervacije vozilima kako bi se u slučaju zagušenja značajno smanjilo opterećenje propusne širine. Pored toga, rezervacija se može rezervirati samo za prvo vozilo u redu, a druga vozila koriste ACC kako bi se izbjeglo prednje sudaranje. Na taj način moguće je izbjeći sudare na izlazima iz raskrsnica.

*Kooperativni prilagodljivi tempomat za raskrsnicu (CACCI)*- CACCI protokol (CACC za raskrsnice) vrlo je sličan protokolu za rezervaciju. On se također temelji na sposobnosti kontroliranog vozila da napravi promjene brzine kako bi što prije prošao kroz raskrsnicu, tj. zahvaljujući sistemu tipa CACCI. Međutim, za razliku od rezervacije, vozilo nema prostor / vremenski cilj koji treba poštovati. U [61,62,73,75,76] autori definiraju regulisanje raskrsnice koja traži moguće sukobe u cilju izbjegavanja sudara, slanjem signala prilagodbe brzine vozilima. Ovaj pokazatelj može ili „ubrzati“, „održavati brzinu“ ili „usporiti“. Osim toga, iz razloga učinkovitosti potrebno je definirati područje uzvodno od raskrsnice kako bi se omogućilo vozilima da postignu maksimalnu brzinu prije nego što dođu do sukoba. Prednost ovog pristupa je razmatranje problema na globalni način i fleksibilniji je od rezervacijskog sistema. Doista se rezervacija mora poštivati ili otkazati, dok je u CACCI protokolu moguće prilagoditi brzinu vozila prema potrebi i prema opasnostima. Nažalost, CACCI protokol i dalje se temelji na principu da će vozilo prijeći maksimalnom brzinom. U praksi, međutim, ograničenja kontrole vozila, kao i problemi u komunikaciji i pozicioniranju mogu značajno smanjiti očekivane performanse, posebno u slučaju velikih saobraćajnih tokova.

*Protokol sekvence*- Nekoliko studija je zainteresirano za protokole sekvenci [77,68,78,76]. Protokol sekvence je jednostavan i omogućuje, za razliku od drugih protokola, prihvatanje ljudskih pokretača. Svako vozilo mora biti opremljeno s najmanje komunikacijskim sistemom, sistemom za pozicioniranje i ugrađenim zaslonom koji pruža vozaču informacije. Ovaj se protokol može proširiti na polu kontrolirana i potpuno kontrolirana vozila. Princip je odrediti tačan redoslijed kojim će vozila prolaziti. Jednom definiran, redoslijed se strogo primjenjuje uzastopnim slanjem prava na preuenstvo prolaza na tok prema nadolazećim vozilima, poštujući sukobe između tokova kako bi se izbjegli sudari. Testovi izvedeni s mini-robotima opisanim u [68] pokazali su sigurnost raskrsnice, čak i sa nepouzdanom i sporom komunikacijom (Bluetooth). Međutim, testovi su otkrili da pogreške u pozicioniranju mogu dovesti do sudara, ali i do blokade slanja podataka.





Slika 5. Protokol slijeda

#### 5.4. Regulatorna politika

Regulatorna politika koristi prednosti regulatornog protokola za poboljšanje učinkovitosti raskrsnica. Ovdje smo zainteresirani za dvije vrste politike koje nazivamo PDPO (Prvi dolazi, Prvi odlazi) i AOS (Algoritam za *optimizaciju* slijeda).

*PDPO (prvi dolazi, prvi odlazi)*- Ovo se pravilo primjenjuje u radu koristeći rezervacijski protokol [73,69]. Vozila imaju pravo na put redoslijedom kojim stupaju u kontakt s poslužiteljem/serverom raskrsnice, bez obzira na bilo kakve sukobe između željenih kretanja. Učinkovitost ove politike stoga u potpunosti ovisi o sposobnosti vozila da brzo prolaze i provode vrlo malo vremena u zoni sukoba tokova.

*AOS (algoritam za optimizaciju slijeda)*- Posebno zanimljivo za protokol sekvenci, ova pravila regulisanja imaju za cilj pronaći sekvencu vozila koja minimizira kriterij (ukupno vrijeme evakuacije, prosječno vrijeme putovanja, prosječno vrijeme zaustavljanja itd.). Ovo je kombinatorni problem složenosti NP-a (kompletni problemi) koji imaju veoma kompleksnu strukturu u odnosu na broj vozila i broj traka. Problem se, dakle, može riješiti tačnim metodama kao što su dinamičko programiranje [79], ili približnim metodama, poput algoritama kolonije mrava [78], genetskih algoritama ili algoritama tabu pretraživanja. Ove su metode često preskupe s obzirom na vrijeme računanja za regulisanje u stvarnom vremenu. Valjanost rješenja ovisi i o modeliranju problema. Izazov je, dakle, razviti heuristiku koja bi mogla pružiti gotovo optimalno rješenje u stvarnom vremenu.

## Diskusija

Autori izvještavaju o brzom porastu prodora na tržište vozila s ograničenim komunikacijskim i upravljačkim mogućnostima kao što su ACC sistemi. Autori predviđaju prodor potpuno kontroliranih vozila koji bi do 2030. mogao dostići oko 50%. Stoga je potrebno razmotriti problem kooperativnog regulisanja raskrsnica u odnosu na ove procjene i uzeti u obzir mogućnosti koje se nude u narednim godinama, kao i ograničenja. Nekoliko zapaženih djela značajno je unaprijedilo ideju kooperativnog regulisanja raskrsnica, predlažući nekoliko glavnih načela koja se tiču infrastrukture, ali i metoda pregovora i raspodjele prava prvenstva na putu. Za izbor infrastrukture, čini se da je upotreba poslužitelja raskrsnice očito pravilo koje garantuje sigurnost, tako da ne treba dodavati mnogo senzora. Protokoli za rezervaciju i protokoli zasnovani na CACCi pokazuju vrlo obećavajuće rezultate, ali još nisu primjenjivi, uglavnom zbog ovisnosti o vozilu. Nekoliko studija fokusirano je na poboljšanje upravljanja vozilom tako da se može precizno pratiti putanja i poštovati brzina [67]. Protokoli koji se temelje na slijedu/sekvenci trenutno su, čini se, najprikladniji za naredne godine, jer koriste

pozicioniranje i komunikacijske mogućnosti vozila, koje stoga mogu u potpunosti kontrolirati ljudski vozači. Ovi protokoli tada mogu postupno prihvatiti djelomičnu kontrolu nad vozilima. Osim toga, zahvaljujući protokolu sekvenci, moguće je stvoriti algoritme u stvarnom vremenu za sastavljanje optimiziranog slijeda u odnosu na materijalna i fizička ograničenja, poput kašnjenja u komunikaciji. Bez obzira na izabrani protokol, aplikacija u narednim godinama u stvarnosti zahtijeva razmatranje vozila koja nemaju komunikacijski kapacitet. Da bi odgovorili na to pitanje, nekoliko studija predlaže prijelazni sistem temeljen na semaforima [80]. Ova su istraživanja pokazala, s jedne strane, da je integriranje potpuno kontroliranih vozila usred konvencionalne raskrsnice visok rizik, jer vozačeve reakcije moraju se uzeti u obzir. S druge strane, protokoli koji su u početku dizajnirani kako bi iskoristili mogućnosti testiranih vozila imaju vrlo slabe performanse čim se tok uključi nizak postotak ljudskih vozača.

## Zaključak

U ovom smo radu podsjetili na različite dokazane pristupe za regulisanje semafora. Napominjemo da semafori ne omogućuje regulisanje saobraćaja uzimajući u obzir svako vozilo pojedinačno. Međutim, u skoroj budućnosti vozila će moći prijaviti regulatoru potrebne podatke i slijediti precizne upute. Predložili smo i klasifikaciju rada provedenog oko ove teme, razlikujući protokole regulatorne politike. Unatoč broju radova, prema našem saznanju, za provjeru predloženih protokola provedeno je vrlo malo stvarnih testova. Osim toga, uspješno izvedena ispitivanja ograničena su na raskrsnice dva vozila, što sprječava rješavanje problema protokola i pravila regulisanja. Naš rad sastoji se u predlaganju regulatornog pristupa definiranjem regulatornih protokola i politike u budućnosti.

## Literatura

1. T Semertzidis, K Dimitropoulos, A Koutsia, and N Grammalidis, "Video sensor network for real-time traffic monitoring and surveillance," *IET intelligent transport systems*, vol. 4, no. 2, pp. 103-112, 2010
2. Abdeljalil Abbas-Turki, Florent Perronnet, Jocelyn Buisson, Abdellah El-Moudni, and Mourad Ahmane, "Cooperative intersections for emerging mobility systems," in 15th meeting of the Euro Working Group on transportation, 2012.
3. Gabriel Wong, R Eric Phelts, Todd Walter, and Per Enge, "Characterization of signal deformations for GPS and WAAS satellites," in *Proceedings of the 23rd International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2010)*, Portland, 2010.
4. Yimin Zhang, Xin Li, and MG Amin, *Principles and techniques of RFID positioning*.: Wiley, 2010.
5. Daniel Jiang and Luca Delgrossi, "IEEE 802.11 p: Towards an international standard for wireless access in vehicular environments," in *Vehicular Technology Conference, 2008. VTC Spring 2008*. IEEE, 2008, pp. 2036-2040.
6. Vivek B Sardeshmukh, "Vehicular Ad Hoc Networks," Indian Institute of Technology, Kharagpur, Ph.D. dissertation 2010.
7. Willem van Willigen, Evert Haasdijk, and Leon Kester, "A multi-objective approach to evolving platooning strategies in intelligent transportation systems," in *Proceeding of the fifteenth annual conference on Genetic and evolutionary computation conference*, 2013, pp. 1397-1404.
8. Alexander Barth, *Vehicle Tracking and Motion Estimation Based on Stereo Vision Sequences*.: Bayerische Akademie der Wissenschaften, 2014.
9. John Markoff, "Google cars drive themselves, in traffic," *The New York Times*, vol. 10, p. A1, 2010.
10. Arnaud De La Fortelle et al., "Network of automated vehicles: the autonet2030 vision," in *21st World Congress on Intelligent Transport Systems*, 2014.
11. S, Claude Chaudet, and Isabelle Demeure, "A distributed algorithm for adaptive traffic lights control," in *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2012 15th International IEEE Conference on*, 2012, pp. 1572-1577
12. Huide Zhou, Rachid Bouyekhf, and Abdellah El Moudni, "An Approach of Model Predictive Control for Urban Transportation Network," in *Large Scale Complex Systems Theory and Applications*, vol. 13, 2013, pp. 490-495.

13. Xue Yang, Jie Liu, NF Vaidya, and Feng Zhao, "A vehicle-to-vehicle communication protocol for cooperative collision warning," in *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services*, 2004. MOBIQUITOUS 2004. The First Annual International Conference on, 2004, pp. 114-123.
14. Ismail H Zohdy, Raj Kishore Kamalanathsharma, and Hesham Rakha, "Intersection management for autonomous vehicles using iCACC," in *Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2012 15th International IEEE Conference on, 2012, pp. 1109-1114.
15. <https://www.cs.utexas.edu/>
16. Gwena, Massimo Bertozzi, St, Abdelaziz Bensrhair, and Alberto Broggi, "Vehicle detection by means of stereo vision-based obstacles features extraction and monocular pattern analysis," *Image Processing, IEEE Transactions on*, vol. 15, no. 8, pp. 2364- 2375, 2006.
17. Dragan Obradovic, Henning Lenz, and Markus Schupfner, "Fusion of sensor data in Siemens car navigation system," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 56, no. 1, pp. 43-50, 2007.
18. Christian Cseh, "Architecture of the dedicated short-range communications (DSRC) protocol," in *Vehicular Technology Conference*, 1998. VTC 98. 48th IEEE, vol. 3, 1998, pp. 2095-2099.
19. Jing Zhu and Sumit Roy, "MAC for dedicated short range communications in intelligent transport system," *Communications Magazine, IEEE*, vol. 41, no. 12, pp. 60-67, 2003.
20. Yu Liu, Francois Dion, and Subir Biswas, "Dedicated short-range wireless communications for intelligent transportation system applications: State of the art," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1910, no. 1, pp. 29-37, 2005.
21. Fan Bai, Daniel D. Stancil, and Hariharan Krishnan, "Toward Understanding Characteristics of Dedicated Short Range Communications (DSRC) from a Perspective of Vehicular Network Engineers," in *Proceedings of the Sixteenth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, New York, NY, USA, 2010, pp. 329-340. [Online]. <http://doi.acm.org/10.1145/1859995.1860033>
22. Tamer ElBatt, Siddhartha K Goel, Gavin Holland, Hariharan Krishnan, and Jayendra Parikh, "Cooperative collision warning using dedicated short range wireless communications," in *Proceedings of the 3rd international workshop on Vehicular ad hoc networks*, 2006, pp. 1-9.
23. Subir Biswas, Raymond Tatchikou, and Francois Dion, "Vehicle-to-vehicle wireless communication protocols for enhancing highway traffic safety," *Communications Magazine, IEEE*, vol. 44, no. 1, pp. 74-82, 2006.
24. Transpod Deputy Director, "RFID for road tolling, road-use pricing and vehicle access control," 1999. 135
25. Jean MESQUI and Francois MALBRUNOT, "Les enjeux du télépéage," *TEC*, vol. 194, pp. 60-67, 2007.
26. Daniel Jiang and Luca Delgrossi, "IEEE 802.11 p: Towards an international standard for wireless access in vehicular environments," in *Vehicular Technology Conference*, 2008. VTC Spring 2008. IEEE, 2008, pp. 2036-2040.
27. John B Kenney, "Dedicated short-range communications (DSRC) standards in the United States," *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 7, pp. 1162-1182, 2011.
28. Saleh Yousefi, Mahmoud Siadat Mousavi, and Mahmood Fathy, "Vehicular ad hoc networks (VANETs): challenges and perspectives," in *ITS Telecommunications Proceedings*, 2006 6th International Conference on, 2006, pp. 761-766.
29. Vivek B Sardeshmukh, "Vehicular Ad Hoc Networks," Indian Institute of Technology, Kharagpur, Ph.D. dissertation 2010.
30. Meenakshi Bansal, Rachna Rajput, and Gaurav Gupta, "Mobile ad hoc networking (MANET): Routing protocol performance issues and evaluation considerations," *The Internet Society*, 1999.
31. Tracy Camp, Jeff Boleng, and Vanessa Davies, "A survey of mobility models for ad hoc network research," *Wireless communications and mobile computing*, vol. 2, no. 5, pp. 483-502, 2002.
32. David Laurenson, Stephen Mclaughlin, and Yow-Yiong Tan, *Mobile ad-hoc network*, #feb#~10 2006, US Patent App. 11/351,777.
33. Mikael Gudmundson, "Correlation model for shadow fading in mobile radio systems," *Electronics letters*, vol. 27, no. 23, pp. 2145-2146, 1991.
34. Maxim Raya and Jean-Pierre Hubaux, "Securing vehicular ad hoc networks," *Journal of Computer Security*, vol. 15, no. 1, pp. 39-68, 2007.
35. Meng Lu, Kees Wevers, and Rob Van Der Heijden, "Technical feasibility of advanced driver assistance systems (ADAS) for road traffic safety," *Transportation Planning and Technology*, vol. 28, no. 3, pp. 167-187, 2005.
36. Karel A Brookhuis, Dick De Waard, and Wiel H Janssen, "Behavioural impacts of advanced driver assistance systems--an overview," *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, vol. 1, no. 3, pp. 245-253, 2001.
37. Christopher E White, David Bernstein, and Alain L Kornhauser, "Some map matching algorithms for personal navigation assistants," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 8, no. 1, pp. 91-108, 2000. 136

38. William J Chundrlik Jr and Pamela I Labuhn, Adaptive cruise control, #oct#~3 1995, US Patent 5,454,442.
39. Ronald K Jurgen, "Adaptive cruise control," SAE Technical Paper, Tech. rep. 2006.
40. Priyanka Aggarwal, David Thomas, Lauro Ojeda, and Johann Borenstein, "Map matching and heuristic elimination of gyro drift for personal navigation systems in GPS-denied conditions," *Measurement Science and Technology*, vol. 22, no. 2, p. 025205, 2011. [Online]. <http://stacks.iop.org/0957-0233/22/i=2/a=025205>
41. Yu-Kung Chen and Tsun-Ghsien Tsai, "GPS correction with the sky-subimage recognition," in *Digital Information Management (ICDIM)*, 2012 Seventh International Conference on, 2012, pp. 365-370.
42. Bart Van Arem, Cornelie JG van Driel, and Ruben Visser, "The impact of cooperative adaptive cruise control on traffic-flow characteristics," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 7, no. 4, pp. 429-436, 2006.
43. Gerrit Naus, Ren, Jeroen Ploeg, Ren, and Maarten Steinbuch, "Cooperative adaptive cruise control, design and experiments," in *American Control Conference (ACC)*, 2010, 2010, pp. 6145-6150.
44. Michele Segata, Falko Dressler, Renato Lo Cigno, and Mario Gerla, "A simulation tool for automated platooning in mixed highway scenarios," in *Proceedings of the 18th annual international conference on Mobile computing and networking*, 2012, pp. 389- 392.
45. Willem van Willigen, Evert Haasdijk, and Leon Kester, "A multi-objective approach to evolving platooning strategies in intelligent transportation systems," in *Proceeding of the fifteenth annual conference on Genetic and evolutionary computation conference*, 2013, pp. 1397-1404.
46. Miguel Angel Sotelo, Francisco Javier Rodriguez, Luis Magdalena, Luis Miguel Bergasa, and Luciano Boquete, "A color vision-based lane tracking system for autonomous driving on unmarked roads," *Autonomous Robots*, vol. 16, no. 1, pp. 95- 116, 2004.
47. Amirali Jazayeri, Hongyuan Cai, Jiang Yu Zheng, and Mihran Tuceryan, "Vehicle detection and tracking in car video based on motion model," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 12, no. 2, pp. 583-595, 2011.
48. Alexander Barth, *Vehicle Tracking and Motion Estimation Based on Stereo Vision Sequences.*: Bayerische Akademie der Wissenschaften, 2014.
49. Ryosuke Okuda, Yuki Kajiwar, and Kazuaki Terashima, "A survey of technical trend of ADAS and autonomous driving," in *VLSI Technology, Systems and Application (VLSI-TSA)*, *Proceedings of Technical Program-2014 International Symposium on*, 2014, pp. 1-4.
50. Martin Buehler, Karl Iagnemma, and Sanjiv Singh, *The 2005 DARPA Grand Challenge: the great robot race.*: Springer Science & Business Media, 2007, vol. 36.
51. John Markoff, "Google cars drive themselves, in traffic," *The New York Times*, vol. 10, p. A1, 2010.
52. Albert Lam, Yiu-Wing Leung, and Xiaowen Chu, "Autonomous Vehicle Public Transportation System: Scheduling and Admission Control," *arXiv preprint arXiv:1502.07242*, 2015.
53. Arnaud De La Fortelle et al., "Network of automated vehicles: the autonet2030 vision," in *21st World Congress on Intelligent Transport Systems*, 2014.
54. [81] Victor Gradinescu, Cristian Gorgorin, Raluca Diaconescu, Valentin Cristea, and Liviu Iftode, "Adaptive traffic lights using car-to-car communication," in *Vehicular Technology Conference*, 2007. VTC2007-Spring. IEEE 65th, 2007, pp. 21-25.
55. Christian Priemer and Bernhard Friedrich, "A decentralized adaptive traffic signal control using V2I communication data," in *Intelligent Transportation Systems, 2009. ITSC'09. 12th International IEEE Conference on*, 2009, pp. 1-6.
56. S, Claude Chaudet, and Isabelle Demeure, "A distributed algorithm for adaptive traffic lights control," in *Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2012 15th International IEEE Conference on, 2012, pp. 1572-1577.
57. Noah J Goodall, Brian L Smith, and Byungkyu (Brian) Park, "Traffic Signal Control with Connected Vehicles," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2381, no. 1, pp. 65-72, 2013.
58. Huide Zhou, Rachid Bouyekhf, and Abdellah El Moudni, "An Approach of Model Predictive Control for Urban Transportation Network," in *Large Scale Complex Systems Theory and Applications*, vol. 13, 2013, pp. 490-495.
59. Xue Yang, Jie Liu, NF Vaidya, and Feng Zhao, "A vehicle-to-vehicle communication protocol for cooperative collision warning," in *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services*, 2004. MOBIQUITOUS 2004. The First Annual International Conference on, 2004, pp. 114-123. 138
60. Han-Shue Tan and Jihua Huang, "DGPS-based vehicle-to-vehicle cooperative collision warning: Engineering feasibility viewpoints," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 7, no. 4, pp. 415-428, 2006.
61. Ismail H Zohdy and Hesham Rakha, "Game theory algorithm for intersection-based cooperative adaptive cruise control (CACC) systems," in *Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2012 15th International IEEE Conference on, 2012, pp. 1097-1102.



62. Ismail H Zohdy, Raj Kishore Kamalanathsharma, and Hesham Rakha, "Intersection management for autonomous vehicles using iCACC," in Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2012 15th International IEEE Conference on, 2012, pp. 1109-1114.
63. R Naumann, R Rasche, J Tacke, and C Tahedi, "Validation and simulation of a decentralized intersection collision avoidance algorithm," in Intelligent Transportation System, 1997. ITSC'97., IEEE Conference on, 1997, pp. 818-823.
64. John S Baras, Xiaobo Tan, and Pedram Hovareshti, "Decentralized control of autonomous vehicles," in Decision and Control, 2003. Proceedings. 42nd IEEE Conference on, vol. 2, 2003, pp. 1532-1537.
65. N Neuendorf and T Bruns, "The vehicle platoon controller in the decentralised, autonomous intersection management of vehicles," in Mechatronics, 2004. ICM'04. Proceedings of the IEEE International Conference on, 2004, pp. 375-380.
66. Mark VanMiddlesworth, Kurt Dresner, and Peter Stone, "Replacing the stop sign: Unmanaged intersection control for autonomous vehicles," in Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems-Volume 3, 2008, pp. 1413-1416.
67. Laleh Makarem and Denis Gillet, "Decentralized coordination of autonomous vehicles at intersections," in World Congress, vol. 18, 2011, pp. 13046-13051.
68. Abdeljalil Abbas-Turki et al., "Using robots for prototyping autonomous intersection management: feasibility and feedbacks.," in 1st IFAC Conference on Embedded Systems, Computational Intelligence and Telematics in Control, CESCIT 2012, 2012, pp. 308-313.
69. Chien-Liang Fok et al., "A platform for evaluating autonomous intersection management policies," in Cyber-Physical Systems (ICCPs), 2012 IEEE/ACM Third International Conference on, 2012, pp. 87-96.
70. Rodrigo Silva, Satoru Noguchi, Thierry Ernst, Arnaud De La Fortelle, and Walter Godoy Junior, "Standards for Cooperative Intelligent Transportation Systems: a Proof of Concept," in AICT 2014, The Tenth Advanced International Conference on Telecommunications, 2014, pp. 35-40.
71. Kurt Dresner and Peter Stone, "Multiagent traffic management: A reservation-based intersection control mechanism," in Proceedings of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems-Volume 2, 2004, pp. 530-537.
72. Michael Quinlan, Tsz-Chiu Au, Jesse Zhu, Nicolae Sturca, and Peter Stone, "Bringing simulation to life: A mixed reality autonomous intersection," in Intelligent Robots and Systems (IROS), 2010 IEEE/RSJ International Conference on, 2010, pp. 6083-6088.
73. Arnaud de La Fortelle, "Analysis of reservation algorithms for cooperative planning at intersections," in Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2010 13th International IEEE Conference on, 2010, pp. 445-449.
74. Joyoung Lee and Byungkyu Park, "Development and evaluation of a cooperative vehicle intersection control algorithm under the connected vehicles environment," 140 Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, vol. 13, no. 1, pp. 81-90, 2012.
75. Jean Gregoire, Silv, and Arnaud de La Fortelle, "Priority-based coordination of robots," arXiv preprint arXiv:1306.0785, 2013.
76. Xiangjun Qian, Jean Gregoire, Fabien Moutarde, and Arnaud De La Fortelle, "Prioritybased coordination of autonomous and legacy vehicles at intersection," in Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014 IEEE 17th International Conference on, 2014, pp. 1166-1171.
77. Aur, Abdeljalil Abbas-Turki, Rachid Bouyekhf, and Abdellah El Moudni, "A dioid model for invariant resource sharing problems," Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on, vol. 39, no. 4, pp. 770-781, 2009.
78. Jia Wu, Abdeljalil Abbas-Turki, and Abdellah El Moudni, "Cooperative driving: an ant colony system for autonomous intersection management," Applied Intelligence, vol. 37, no. 2, pp. 207-222, 2012.
79. Jia Wu, Abdeljalil Abbas-Turki, and Abdellah El Moudni, "Discrete methods for urban intersection traffic controlling," in Vehicular Technology Conference, 2009. VTC Spring 2009. IEEE 69th, 2009, pp. 1-5.
80. Lu, Ricardo Parafita, S, and Urbano Nunes, "Intelligent Traffic Management at Intersections: Legacy Mode for Vehicles not Equipped with V2V and V2I Communications," COMMUNICATIONS, vol. 2, p. V2I.



# UTJECAJ POLEDICE, ZALEĐIVANJA I TALOŽENJA SNIJEGA NA SIGURNOST ODVIJANJA CESTOVNOG PROMETA

The effect of black ice and snow deposition on road traffic safety

Dragoslav Dragojlović, Dunja Plačko-Vršnak, Petra Mikuš-Jurković

Državni hidrometeorološki zavod

Grič 3, Zagreb, Hrvatska

[dragojlovic@cirius.dhz.hr](mailto:dragojlovic@cirius.dhz.hr)

**Sažetak:** Za vrijeme odvijanja prometa u zimskim uvjetima sigurnost svih sudionika u prometu je smanjena, Posebno se to odnosi kod odvijanja prometa pri pojavi poledice na kolniku, a tu razlikujemo nekoliko vrsta po načinu nastanka. DHMZ ( Državni hidrometeorološki zavod ) za vrijeme zimskog odvijanja prometa (od 1. studenog do 15. travnja) izdaje posebne cestovne vremenske prognoze raznim cestovnim organizacijama koje sudjeluju u održavanju prometnica. Za izradu posebnih cestovnih prometnih prognoza korise se razni produkti numeričkih modela (ECWMF, ALADIN). Osim redovnih prognoza posebno se izdaju upozorenja na opasne vremenske pojave koje se dostavljaju direktno cestovnim organizacijama i objavlju putem medija (Internet, HAK, TV –postaje).

*Ključne riječi: opasne vremenske pojave, upozorenja na opasne vremenske pojave, poledica, sigurnost u cestovnom prometu*

**Abstract:** During winter months traffic safety of all road users is reduced, especially in the icy road conditions. Black ice on the roads can developed on the several ways – just as the consequence of temperature below freezing level or due to snow falling as well as freezing rain. Croatian Meteorological and Hydrological Service (DHMZ) issues special road weather forecasts to various road organizations involved in road maintenance during cold part of the year (from November 1 to April 15). Various numerical model products (ECWMF, ALADIN) are used to produce special road traffic forecasts. Beside daily, basic forecasts, special warnings on severe and dangerous weather phenomena are issued and immediately delivered directly to road organizations as well as published through the media (Internet, HAK (Croatian auto club), TV stations).

*Key words: severe weather, black ice, snow deposition, road traffic safety*

## 1. Uvod

Odvijanje i sigurnost cestovnog prometa uvelike ovisi i o vremenskim uvjetima pri kojima se promet odvija. Vremenske prilike na sigurno odvijanje cestovnog prometa utječu cijele godine, a osobito u zimskom razdoblju (u Hrvatskoj od 1.11. do 15.4.) kada se cestovnim organizacijama koje se brinu o održavanju cesta šalju i posebne vremenske prognoze.

Prognoze vremena se izrađuju i izdaju u službi za vremenske analize i prognoze pri Državnom hidrometeorološkom zavodu (DHMZ) i to jedan dio u Zagrebu, a dio u Pomorskom meteorološkom centru u Splitu i Pomorskom uredu u Rijeci.

Prognoze se izdaju raznim cestovnim organizacijama (Hrvatske autoceste, Hrvatske ceste, EGIS, Zagrebačke ceste, Županijske ceste) i to za različite dionice, dva puta dnevno za razdoblje za idućih 12 sati. Osim tih kratkoročnih prognoza neke cestovne organizacije dobivaju i prognoze za 3 dana unaprijed, 7 dana unaprijed (tjedne) te mjesečne prognoze za različite regije u Hrvatskoj.

Posebna pozornost daje se prognoziranju opasnih vremenskih pojava na određenom području. Prema potrebi, izdaju se i upozorenja na opasne vremenske pojave koje mogu uvelike smanjiti sigurnost odvijanja cestovnog prometa. [1]

\*Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) [2] dio je svjetske mreže nacionalnih meteoroloških i hidroloških službi pod okriljem Svjetske meteorološke organizacije (WMO).

## 2. Važnost meteoroloških prognoza i podataka te upozorenja na opasne pojave za sigurnost odvijanja cestovnog prometa

Pouzdanе i pravodobne vremenske prognoze i upozorenja na opasne vremenske pojave uvelike mogu utjecati na sigurnost cestovnog prometa osobito u smislu ako daju informacije kad su prekoračeni određeni kritični vremenski uvjeti određeni kao meteorološki minimumi prema [3],[4], [5],[6].

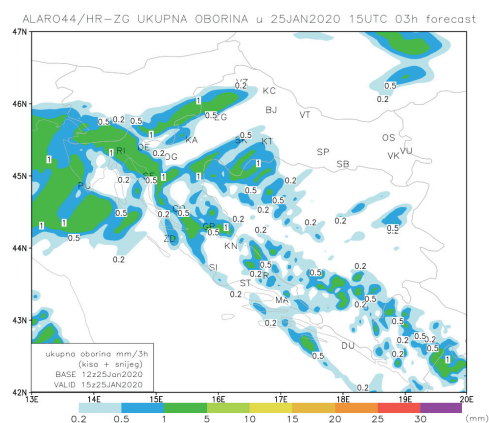
S gledišta sigurnosti na odvijanje prometa vremenske prilike utječu djelovanjem na:

- sudionike u prometu (aktivne i pasivne)
- objekte i prometnice za odvijanje prometa
- vozila i faze vožnje.

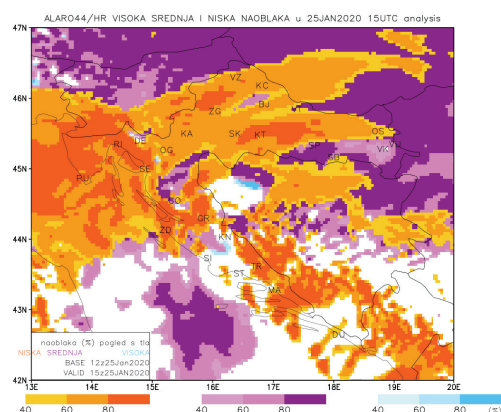
Aktivni sudionici u prometu su posada vozila, vozači i drugo osoblje, a pasivni su putnici koji se prevoze u nekom vozilu i ne sudjeluju aktivno u vožnji.

2.1. Prognoze vremena u DHMZ-u rade se prema izračunima numeričkih modela za prognoziranje vremena. Koriste se izračuni modela:

- ALADIN (**A**ire **L**imitée **A**daptation dynamique **D**éveloppement **I**nter**N**ational)
  - model ograničenog područja za kratkoročnu prognozu vremena (do 72 h)
  - model na maloj domeni horizontalne razlučivosti 4k, kako bi se prognozirali atmosferski procesi značajni za finu skalu (npr. lokalni vjetrovi, grmljavinsko nevrijeme, zone konvekcije)
- IFS (Integrated Forecast System) – ECMWF (European Center for Medium range Weather Forecasts)
  - globalni model horizontalne razlučivosti ~ 9 km
  - model za srednjoročnu prognozu vremena do 10 dana unaprijed
- DWD (Deutscher Wetterdienst) - modeli njemačke meteorološke službe.

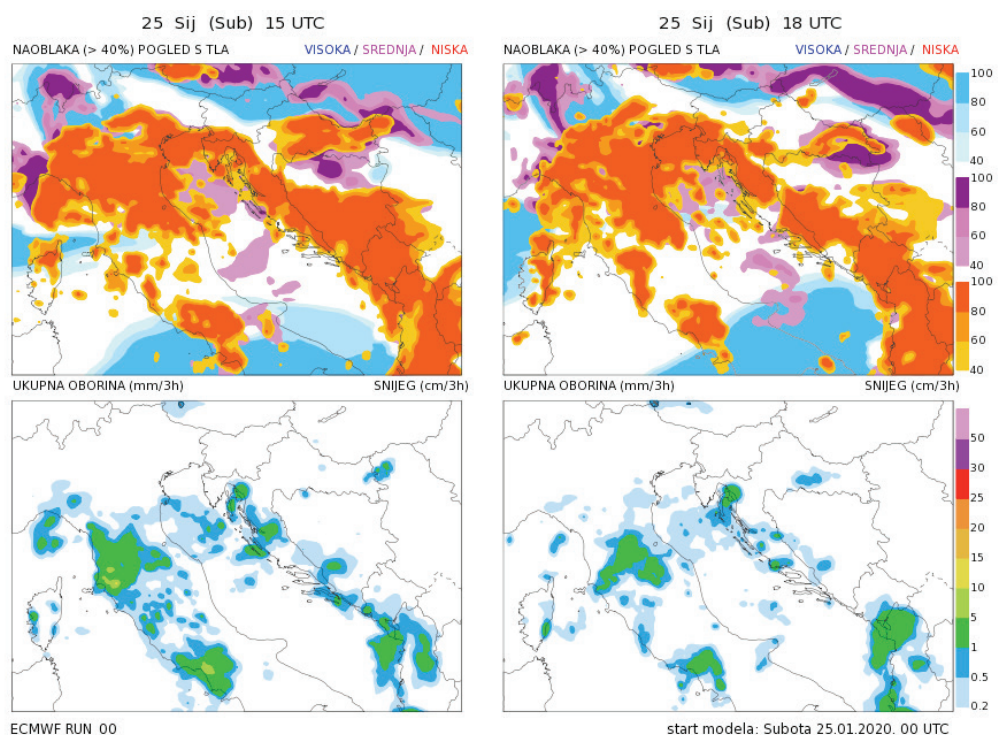


a)

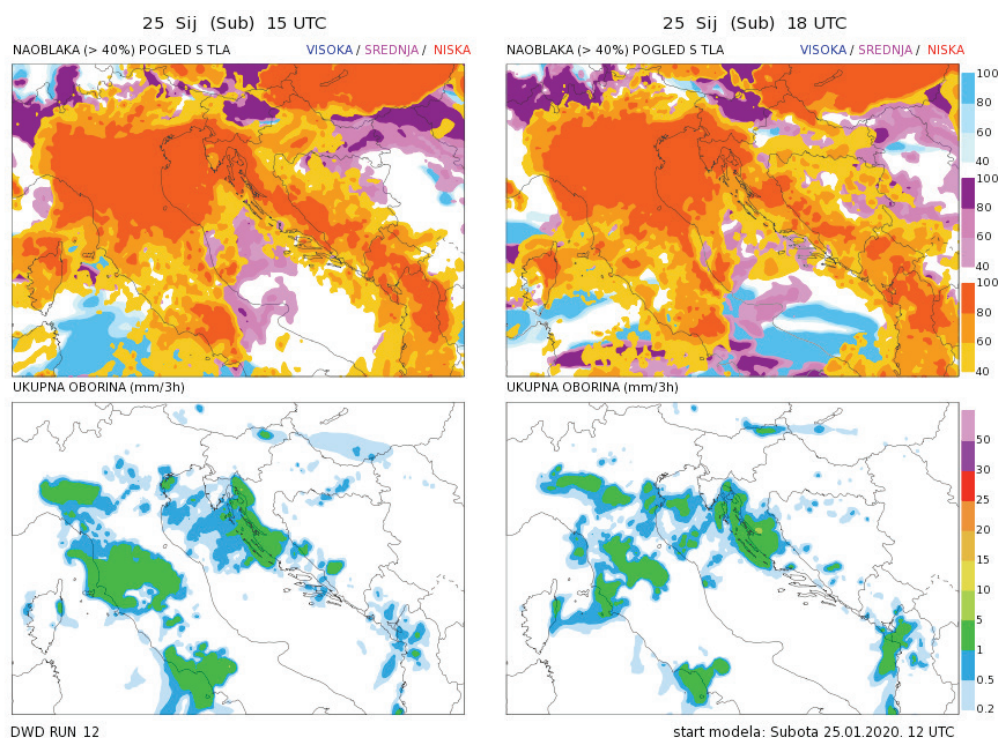


b)

Slika 1 - Primjeri prognostičkog materijala – model ALADIN-HR – (a) akumulirana oborina za prethodna 3 sata u 15 UTC; (b) kompozitna slika naoblake u 15 UTC



Slika 2 - Primjer prognostičkog materijala – model ECMWF - naoblaka i oborina u 15 i 18 UTC



Slika 3 - Primjer prognostičkog materijala – model DWD - naoblaka i oborina u 15 i 18 UTC

## 2.2. Vrste vremenskih prognoza:

### 1. vrlo kratkoročna (Nowcasting)

- do nekoliko sati unaprijed; tekstualni oblik
- ALADIN; ECMWF; sateliti; radari

### 2. kratkoročna

- od nekoliko sati do 3 dana unaprijed; tekstualni i tablični oblik
- ALADIN; ECMWF; DWD

### 3. srednjoročna

- od 3 do 7 (ili 10) dana unaprijed; tekstualni i tablični oblik
- polutjedna
- tjedna
- ECMWF; DWD

### 4. dugoročna

- mjesečna; tekstualni, grafički i tablični oblik
- sezonska; tekstualni oblik
- ECMWF; SEECOF (South East European Climate Outlook Forum)

Za potrebe cestovnog prometa izdaju se prognoze različitog prognostičkog razoblja koje obuhvaćaju (tablično i tekstualno):

- kratkoročna prognoza vremena (od 0 do 72 sata unaprijed) - unutar tog razdoblja uobičajeno su definirana i dva kraća:
  - Vrlo kratkoročna prognoza (od 0 do 12 sati unaprijed)
  - Nowcasts (od 0 do 2 sata unaprijed)
- srednjoročna prognoza vremena (od 3 do 10 dana unaprijed)
- dugoročna prognoza vremena (razdoblje duže od 10 dana) unutar tog razdoblja možemo imati mjesečne, sezonske i i polugodišnje prognoze
- upozorenja na opasne vremenske pojave (po potrebi)

Osim prognoza vremena cestovnim organizacijama dostavljaju se i informacije o aktualnom vremenu na nekom području i to sa svrhom:

- određivanje prioriteta djelovanja zimskih službi na mjestima koja su najviše izložena nepovoljnim vremenskim uvjetima
- učinkovito informiranje drugih čimbenika i sudionika u cestovnom prometu (prometna policija, vozači putem javnih medija i sl.).



## 2.3. Upozorena na opasne vremenske pojave

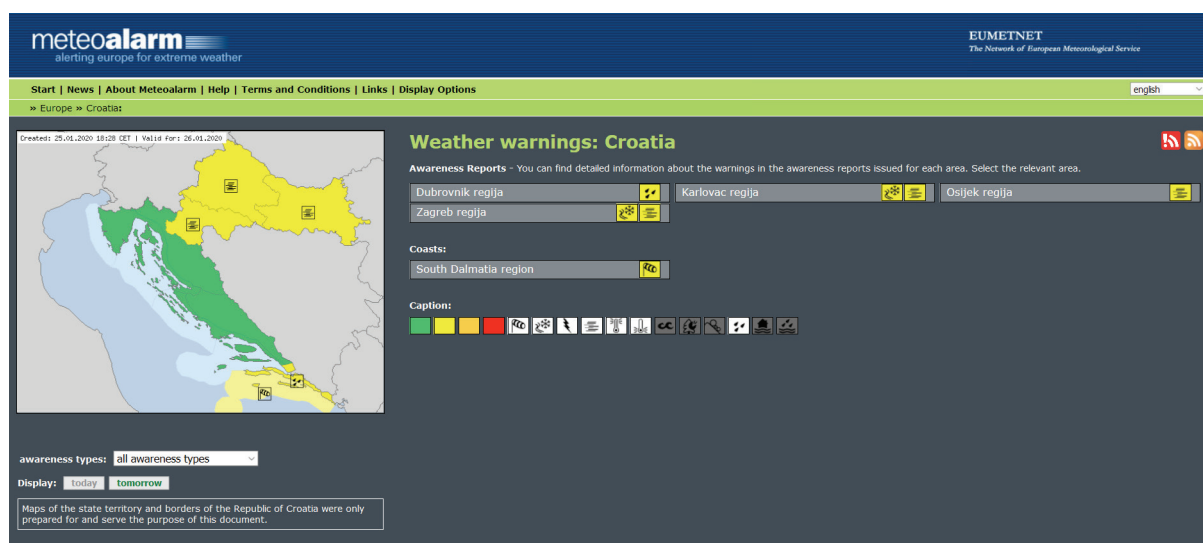
DHMZ- (Služba za vremenske analize i prognoze) svakodnevno izdaje upozorenja na opasne vremenske pojave i to za tekući dan i za sutra. Upozorenja su vidljiva na mrežnoj stranici Meteoalarm-a [7] ([www.meteoalarm.eu](http://www.meteoalarm.eu)) te na mrežnoj stranici DHMZ-a ([www.meteo.hr](http://www.meteo.hr)).

Upozorenja se izdaju i posebno cestovnim organizacijama koje održavaju prometnice na one vremenske pojave koje mogu uvelike smanjiti sigurnost cestovnog prometa.

To su: velike količine snijega, jake snježne vijavice ili mećave, kiša koja se smrzava, olujni udari vjetra (bura, jugo), gusta i dugotrajna magla i sl.

Upozorenja mogu biti:

- preventivna, kada prognostička podloga ukazuje na mogućnost takve pojave i daju se u okviru redovnih dnevnih izvješća
- izvanredna, kada je pojava već opažena i dostavlja se na najbrži način.



Slika 4 – Primjer upozorena za Hrvatsku na Meteoalarm mrežnoj stranici

### 3. Opasne vremenske pojave u cestovnom prometu

Na sigurnost kopnenog prometa uvelike mogu utjecati neki od meteoroloških elemenata [8]:

- temperatura zraka, vlažnost zraka, oborina, vidljivost, vjetar, turbulencija, oluja, poledica, zaleđivanje i taloženje snijega.

Kriteriji za opasne vremenske pojave prema WMO i iskustvima Europskih zemalja [1]:

1. udari vjetra  $\geq 25$  m/s
2. deset minutna srednja brzina vjetra  $\geq 17$  m/s
3. pad temperature zraka  $\geq 16$  °C u 24 sata
4. količina oborine  $\geq 30$  mm u 6 sati
5. kiša / rosulja koja se leđi u dodiru s tlom
6. visina novog snijega  $\geq 20$  cm u 12 sati
7. tuča
8. jake grmljavinske oluje
9. snježna oluja / mećava (vjetar  $\geq 8$  m/s + snijeg)
10. magla (vidljivost  $\leq 200$  m)
11. tornado / pijavice

Posebno opasne pojave za odvijanje cestovnog prometa su poledica, zaleđivanje i taloženje snijega.

Pri pojavi poledice razlikujemo nekoliko vrsta po način nastanka [1] :

1. pothlađena kiša (ili rosulja) koja se leđi u dodiru s tlom
2. topla kiša (ili rosulja) koja se leđi u dodiru s tlom čija je temperatura niža od 0°C
3. zaleđivanje mokrog tla zbog pada temperature zraka i kolnika ispod 0 °C
4. poledica nastala ponovnim smrzavanjem ugaženog ili otopljenog snijega
5. poledica nastala pri padanju snijega ili susnježice.

Posebno opasnu vrstu poledice može napraviti pothlađena kiša (1), čija temperatura može biti i do  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pri čemu je voda (kapljice) u tekućem stanju. Pothlađene kapi imaju osobinu da čim se sudare s nekom podlogom odmah promjene agregatno stanje (prelaze u led) i u vrlo kratkom vremenu mogu napraviti ledenu koru debljine i do nekoliko cm.

Ponekad je slaba oborina (kiša ili rosulja) (2) opasnija nego intenzivnija oborina. Naime, iako su sitne kapi kiše ili rosulje pozitivne temperature one će se lediti ako padaju na hladu podlogu čija je temperatura niža od  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . U takvom slučaju padanje intenzivnije oborine imalo bi dovoljan toplinski kapacitet da ne bi došlo do stvaranja poledice na cesti.

Poledica i ledena kora od snijega obično nastaju pri temperaturi od  $-10$  do  $-1^{\circ}\text{C}$ . Djelomično zaleđivanje nastaje na ulazima u tunele, na mostovima i u usjecima kao posljedica temperaturnih razlika i veće vlažnosti zraka.

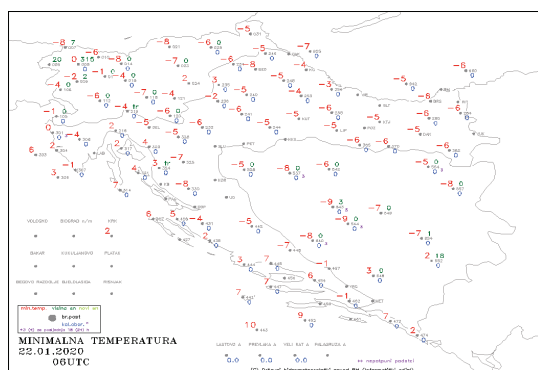
U hladnim noćima na parkiranim vozilima, prometnicama, i to najprije na izloženim dijelovima kolnika, mostovima, vijaduktima i u kotlinama stvara se mraz i poledica, jer je na tim mjestima ohlađivanje najjače.

Poledica i gomilanje snijega i leda na prometnicama nepovoljnije je za odvijanje prometa od zaleđivanja na vozilima. Zbog poledice ili ugaženog snijega na cesti efekti kočenja su slabiji, a time je manja i sposobnost upravljanja vozilom.

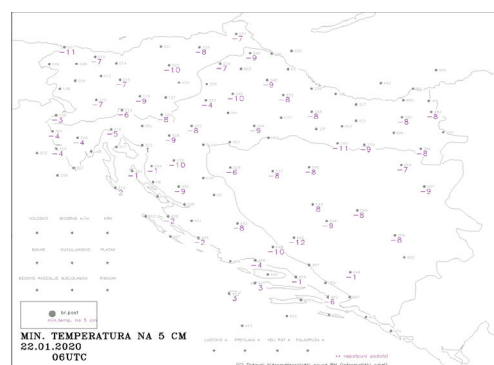
Pri puhanju jakog i olujnog vjetera za vrijeme padanja snijega mogu nastati i snježni zapusi koji se teško čiste i otklanjaju (a mogu nastati u vrlo kratkom vremenu).

Djelomična zaštita od poledice je posipanje prometnica solju ili nekim drugim tvarima čija će mješavina zajedno s ledom ili ugaženim snijegom imati nižu temperaturu smrzavanja. Neke prometnice imaju i ugrađene sustave za sprečavanje zaleđivanja.

Pri prognoziranju pojave moguće poledice na mokrim dijelovima kolnika prognostičar mora voditi računa da u zimskim uvjetima često imamo temperaturnu inverziju, pa je temperatura pri tlu dosta niža od one na 2 m visine koju nam kao izračun daju prognostički modeli.



(a)



(b)

Slika 5 – primjer temperaturne inverzije pri tlu za isti termin motrenja (noć od 21. na 22. 01. 2019.) – a) minimalna temperatura zraka na 2m visine i b) minimalna temperatura zraka na visini 5 cm od tla.

|                                                                                                |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24. 1. 2020.                                                                                   |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |
| Za Hrvatske autoceste - prognoza od danas u 20 h do sutra u 8 h                                |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |
| Istočna Hrvatska: Novska-Sl. Brod-Županja-Bajakovo; Sredanci-Dakovo-Osijek                     |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |
| Sjeverna Hrvatska: Goričan-Varaždin-Zagreb                                                     |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |
| Središnja Hrvatska: Bregana-Zagreb-Kutina-Novska; Zagreb-Karlovac-Bosiljevo                    |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |
| Gorski kotar: Bosiljevo-Delnice-Oštrovica; Bosiljevo-Ogulin-sjeverni portal tunela Mala Kapela |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |
| Lika: Tunel Mala kapela-Otočac-Perušić-Gospić-Gornja Ploča-sjeverni portal tunela Sveti Rok    |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |
| VJEROJATNOST ZA POJAVU                                                                         | ISTOČNA HRVATSKA                                                                                                                                                                                            | SJEVERNA HRVATSKA                                                                                                                                                                                       | SREDIŠNJA HRVATSKA                                                                                                                                                                                                                                                  | GORSKI KOTAR                                                                                                                                                                                             | LIKA                                                                                                                                                                                                                |
| OBORINE                                                                                        | A                                                                                                                                                                                                           | A                                                                                                                                                                                                       | B                                                                                                                                                                                                                                                                   | C                                                                                                                                                                                                        | C                                                                                                                                                                                                                   |
| SNIJEG                                                                                         | NE                                                                                                                                                                                                          | NE                                                                                                                                                                                                      | NE                                                                                                                                                                                                                                                                  | NE                                                                                                                                                                                                       | NE                                                                                                                                                                                                                  |
| SNJEŽNI POKRIVAČ                                                                               | NE                                                                                                                                                                                                          | NE                                                                                                                                                                                                      | NE                                                                                                                                                                                                                                                                  | NE                                                                                                                                                                                                       | NE                                                                                                                                                                                                                  |
| NOVI SNIJEG 5 CM                                                                               | NE                                                                                                                                                                                                          | NE                                                                                                                                                                                                      | NE                                                                                                                                                                                                                                                                  | NE                                                                                                                                                                                                       | NE                                                                                                                                                                                                                  |
| POLEDICA - VRSTA                                                                               | D - 3,2                                                                                                                                                                                                     | B - 3                                                                                                                                                                                                   | C - 3, 2                                                                                                                                                                                                                                                            | A - 3, 5                                                                                                                                                                                                 | A - 3, 5                                                                                                                                                                                                            |
| NAJNIŽA TEMPERATURA                                                                            | -5 / -3                                                                                                                                                                                                     | -2 / 1                                                                                                                                                                                                  | -2 / 2                                                                                                                                                                                                                                                              | -2 / 3                                                                                                                                                                                                   | -2 / 2                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                | Poledica zbog niske temperature zraka na istaknutim dijelovima kolnika. Mjestimice magla, a prema kraju razdoblja i povećana naoblaka s kojom na zapadu može biti slabe oborine koja se može lediti na tlu. | Malo oblačno, a od sredine noći uz postupan porast naoblake s juga. Vjetar većinom slab, u višim predjelima umjeren jugozapadni. Mala je mogućnost za poledicu u nizinama zbog niske temperature zraka. | Postupan porast naoblake, od sredine noći iu mogućnost za slabu oborinu za koju vjerojatnost raste prema kraju razdoblja. Mjestimice se u nizinama oborina može smrzavati na tlu. U višim predjelima i dalje razmjerno toplo uz većinom umjeren jugozapadni vjetar. | Promjenljivo oblačno, mjestimice s kišom ili ponegdje mješovitom oborinom na granici kiše i snijega koja se može smrzavati na tlu. Umjeren, u gorju jak jugozapadni, u slabljenju prema kraju razdoblja. | Pretežno oblačno, povremeno kiša, samo u najvišem gorju moguća i oborina na granici kiše i snijega. Vidljivost mjestimice smanjena zbog magle i oborine. Vjetar umjeren jugozapadni, u najvišem gorju moguće i jak. |

Slika 6 – Primjer upisa cestovnih prognoza u tabličnom i tekstualnom obliku za Hrvatske autoceste, s prognoziranjem temperature za noć, te vjerojatnošću pojave i vrste poledice

Pojašnjenje u tablici za vjerojatnost pojave, te vjerojatnost i vrstu poledice.

Ne: ne očekuje se \_\_\_\_\_ (0 do 10%)

Da: A – mala \_\_\_\_\_ (10% do 40%)

B – umjerena \_\_\_\_\_ (40% do 60%)

C – velika \_\_\_\_\_ (60% do 90%)

D – vrlo velika \_\_\_\_\_ (90% do 100%)

U rubrici poledica, ako bi pisali **Da** za vjerojatnost, označavali bi i vrstu poledice:

1 - pothlađena kiša (ili rosulja) koja se zamrzava u dodiru s tlom

2 - topla kiša (li rosulja) koja se zamrzava u dodiru s tlom čija je temperatura niža od 0 °C

3 - zaleđivanje mokrog tla zbog pada temperature zraka, kolnika ispod 0 °C

4 - poledica nastala ponovnim smrzavanjem ugaženog ili otopljenog snijega

5 - poledica nastala pri padanju snijega ili susnežice.

## 4. Zaključak

Vremenske prilike utječu na sigurno odvijanje cestovnog prometa cijele godine. To je posebno izraženo u zimskom razdoblju (u Hrvatskoj od 1.11. do 15.4.) kada se raznim cestovnim organizacijama koje se brinu o održavanju cesta šalju i posebne cestovne vremenske prognoze.

Nekoliko meteoroloških elemenata posebno utječe na sigurnost cestovnog prometa, kao npr: temperatura zraka, vlažnost zraka, oborina, vidljivost, vjetar, turbulencija, oluja, poledica, zaleđivanje i taloženje snijega.

U ovom radu posebno su obrađene: poledica, zaleđivanje i taloženje snijega kao posebno opasne pojave u zimskom dijelu odvijanja cestovnog prometa.

Opisane pojave ponekad je za prognostičara teško prognozirati, osobito kad temperatura zraka oscilira oko 0°C, a različiti prognostički modeli ne daju istu vrstu oborine i kad je ona slaba ili u tragovima.

Unatoč tomu prognostički alati i modeli sve su napredniji, a i iskustvo prognostičara još uvijek ima bitnu ulogu u izdavanju prognoza i upozorenja na opasne meteorološke pojave.

Suradnju DHMZ-a i cestovnih organizacija treba što više unaprijediti u cilju što efikasnije razmjene meteoroloških podataka i informacija. Posebno se to odnosi ako uočena opasna meteorološka pojava nije prognozirana, ali se na temelju trenutnih raspoloživih meteoroloških podataka i prognostičkog materijala mogu upozoriti ostale cestovne organizacije na čijem se području u budućem razdoblju očekuju opasne pojave.

Isto tako u cilju što boljeg razumijevanja dobivenih meteoroloških prognoza i upozorenja bilo bi dobro periodički vršiti edukaciju djelatnika u cestovnim organizacijama koji sudjeluju u održavanju cesta. Pritom ih informirati o najnovijim dostignućima, te proizvodima i uslugama koje DHMZ može pružiti za sigurnije odvijanje cestovnog prometa, te uputiti ih u što bolje tumačenje dobivenih cestovnih prognoza.



## Literatura

- [1]: Dragojlović, D., Upavljanje meteorološkim podacima u funkciji informiranja sudionika u prometu, Znanstveni magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012
- [2]: Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), [www.meteo.hr](http://www.meteo.hr)
- [3]: Gelo, B., Opća i prometna meteorologija II, Školska knjiga, Zagreb, 1994.
- [4]: Golubić, J., Osnove tehnike i sigurnosti prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1997
- [5]: Gustavsson, T., Borgen, J., Speed regulation by use of climate data, Proceedings of the 10th SIRWEC Conference, Davos, Switzerland, 2000.
- [6]: Mathis, A., Reengineering winter road maintenance: decision making process, Proceedings of the 10th SIRWEC Conference, Davos, Switzerland, 2000.
- [7] Upozorenja na opasne vremenske pojave u Europi - MeteoAlarm, [www.meteoalarm.eu](http://www.meteoalarm.eu)
- [8]: Penzar, B. i suradnici: «Meteorologija za korisnike», Školska knjiga, Zagreb, 1996

## **Utjecaj radarskih pokazivača brzine na smanjenje brzine kretanja vozila (Influence of radar speed indicators on reducing vehicle speed)**

Autor: Ivan Cvitković, mag.ing.traff. Sveučilište Sjever, e-mail: [icvitkovic@unin.hr](mailto:icvitkovic@unin.hr)

Koautor: Izv. prof. dr. sc. Goran Kos, Institut za turizam, e-mail: [goran.kos@iztg.hr](mailto:goran.kos@iztg.hr)

Koautor: doc. dr. sc. Rajko Horvat, Fakultet prometnih znanosti, e-mail: [rajko.horvat@fpz.hr](mailto:rajko.horvat@fpz.hr)

Koautor: Jasenka Ježovita Mlinarić, univ. spec. oec., Crtorad d.o.o., [jezovitaj@gmail.com](mailto:jezovitaj@gmail.com)

Koautor: Krunoslav Lukačić, bac. ing. traff., Sveučilište Sjever, e-mail: [krlukacic@unin.hr](mailto:krlukacic@unin.hr)

### **Sažetak:**

Cilj ovog rada je analiza utjecaja LED promjenjivih prometnih znakova s radarskim pokazivačima brzine na smanjenje brzine kretanja vozila. Promjenjivi prometni znakovi su elementi koji znatno utječu na sigurnost cestovnog prometa, odnosno na pravovremenu percepciju moguće neposredne opasnosti ili načina izbjegavanja te opasnosti što će se pokušati dokazati ovim radom. U radu je izvršena analiza podataka prikupljenih iz mjerača brzine koji se nalaze u LED promjenjivim znakovima s radarskim pokazivačima brzine prije paljenja tekstualne poruke na samom znaku i na krajnjoj točki mjerenja brzine. Podatci o brzinama vozila u navedenim slučajevima je prikupljana na dvije lokacije u Varaždinskoj županiji, nakon čega je izvršena detaljna analiza prikupljenih podataka koji će biti prikazani u navedenom radu.

Ključne riječi: LED promjenjivi prometni znakovi, radarski pokazivač brzine, element sigurnosti cestovnog prometa

## 1. Uvod

Preventivni radarski mjerač s pokazivačem brzine kretanja vozila predstavlja opremu za smirivanje prometa kojom se preventivno utječe na ponašanje vozača, odnosno ukazuje na potrebitost povećanog opreza i pridržavanja ograničenja brzine, posebice na području ili u neposrednoj blizini škola i vrtića kao i na drugim lokacijama na kojima su nadzorom utvrđena učestala prekoračenja dopuštene brzine i/ili na kojima su se dogodile prometne nesreće zbog nepropisne ili neprimjerene brzine.

Preventivni radarski mjerač s pokazivačem brzine izvodi se u odgovarajućoj tehnici (LCD, LED ili sl.), uz prikaz izmjerene brzine vozila u „km/h“, tekstualne poruke „USPORI“ i prema potrebi „SLOW DOWN“, te može imati ugrađena dva treptajuća žuta svjetla za upozoravanje.

Intenzitet isijavanja i faktor refleksije preventivnih mjerača treba biti u skladu s uvjetima za svjetlosne prometne znakove. Prednja ploča preventivnog radarskog mjerača s pokazivačem brzine je crne boje. Vanjske dimenzije preventivnog radarskog mjerača s pokazivačem brzine moraju odgovarati dimenzijama prometnih znakova/ploča. Minimalna visina slova, brojeva i simbola korištenih kod preventivnih mjerača ne smije biti manja od vrijednosti propisanih za prometne znakove obavijesti.<sup>1</sup>

## 2. Specifikacija radarskog mjerača s pokazivačem brzine

Radarski prikazivači brzine su uređaji namijenjeni obavještavanju vozača o ograničenju brzine te o njihovoj brzini kretanja. Njihov cilj je preventivno djelovati na svijest vozača o važnosti poštivanja propisane brzine. Postavljaju se u blizini škola, bolnica, vrtića, trgova i ostalih mjesta na kojima je pojačana prisutnost pješaka, posebice djece.

*Tablica 1. Specifikacija radarskog mjerača s pokazivačem brzine*

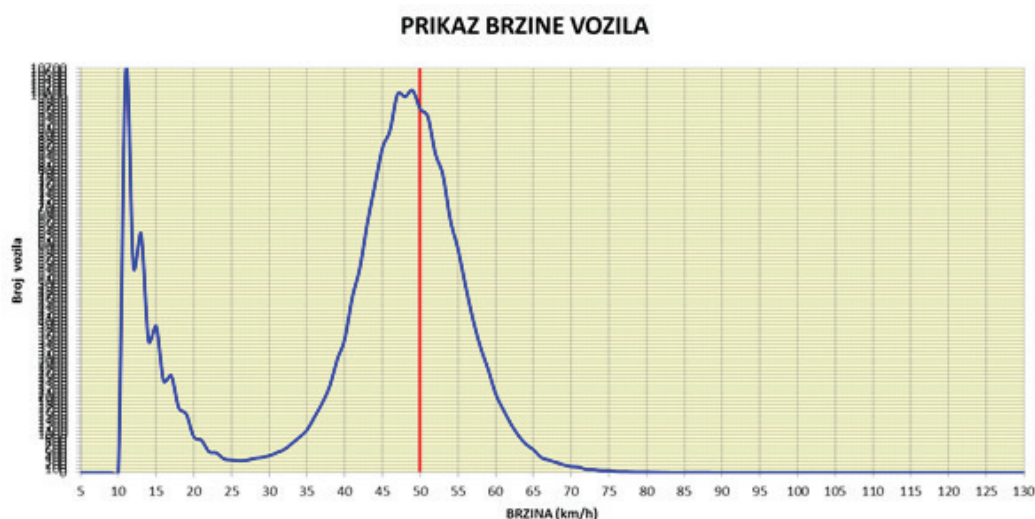
|                                          |                                                                          |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dimenzije kućišta</b>                 | 70cm x 70cm x 15cm                                                       |
| <b>Način mjerenja brzine</b>             | K-band doppler radar <sup>1</sup> (smješten unutar kućišta)              |
| <b>Dimenzije i boje displeja brzine</b>  | 50cm x 30cm, u slučaju STV199S žute boje, STV199PZ crveni/zeleni brojevi |
| <b>Mjerno područje</b>                   | 10-199 km/h, maksimalna vrijednost prikazane brzine je podesiva          |
| <b>Dimenzije i boje natpisa „USPORI“</b> | 58cm x 16cm, žuto ili crveno. Brzina treptanja natpisa je podesiva       |
| <b>Osvjetljenje</b>                      | Podesivo na osnovu svjetlosnih uvjeta okoliša                            |
| <b>Vidno polje</b>                       | 25°                                                                      |

<sup>1</sup> Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19)

### 3. Analiza utjecaja LED promjenjivih prometnih znakova s radarskim pokazivačima brzine

Prometni znakovi pružaju vozačima adekvatne i pravovremene informacije. Cilj uvođenja promjenjivih prometnih znakova je povećana sigurnost prometa. Predmet istraživanja je analiza utjecaja LED promjenjivih prometnih znakova s radarskim pokazivačima brzine na smanjenje brzine kretanja vozila. U nastavku izvršena analiza podataka prikupljenih iz mjerača brzine koji se nalaze u LED promjenjivim znakovima s radarskim pokazivačima brzine prije paljenja tekstualne poruke na samom znaku i na krajnjoj točki mjerenja brzine.

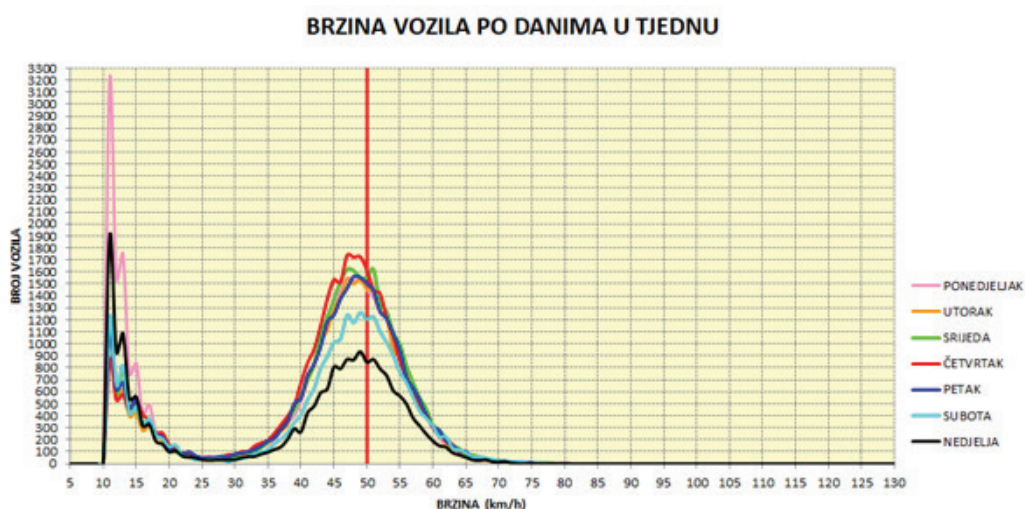
*Grafikon 1. Prikaz brzine vozila prema radarskom mjerачu s pokazivačem brzine – Ulica Braće Radić - Varaždin*



Izvor: crtorad d.o.o.

Ovaj grafikon prikazuje broj vozila koja su se kretala zadanom brzinom (km/h). Što je viša plava linija, to je veći broj vozila pri zadanoj brzini. Vidljivo je da većina vozila prometuje dozvoljenom brzinom od 50 km/h. Većina sudionika u prometu u datom mjestu tu činjenicu poznaje te se stoga pridržavaju dozvoljene brzine.

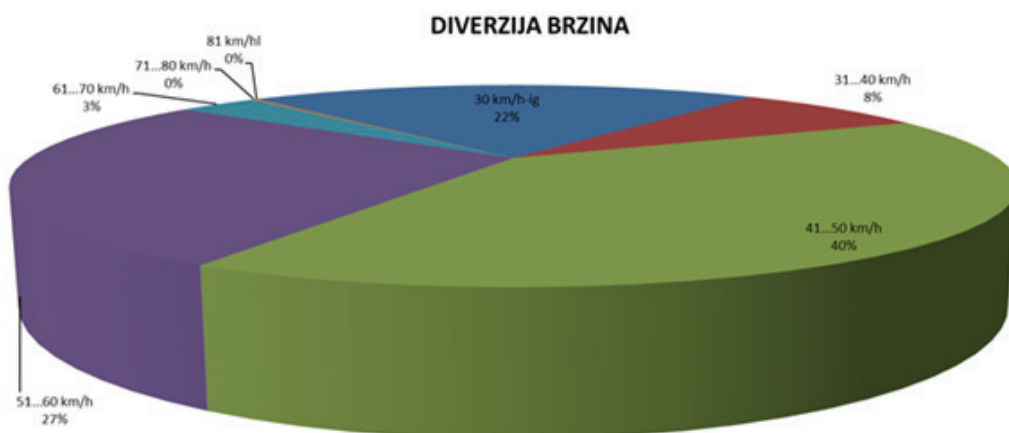
Grafikon 2. Prikaz brzina vozila prema danima u tjednu



Izvor: crtorad d.o.o.

U grafikonu 2. Prikazana je brzina vožnje prema danima u tjednu. Što je veća visina linije, veći je broj automobila koji voze određenom brzinom prema danu u tjednu. Uočeno je da je distribucija brzina relativno ujednačena sve dane u tjednu. Zaključuje se da je vožnja brzinama između 40 i 55 km/h ujednačena kroz sve dane u tjednu.

Grafikon 3. Diverzija brzina

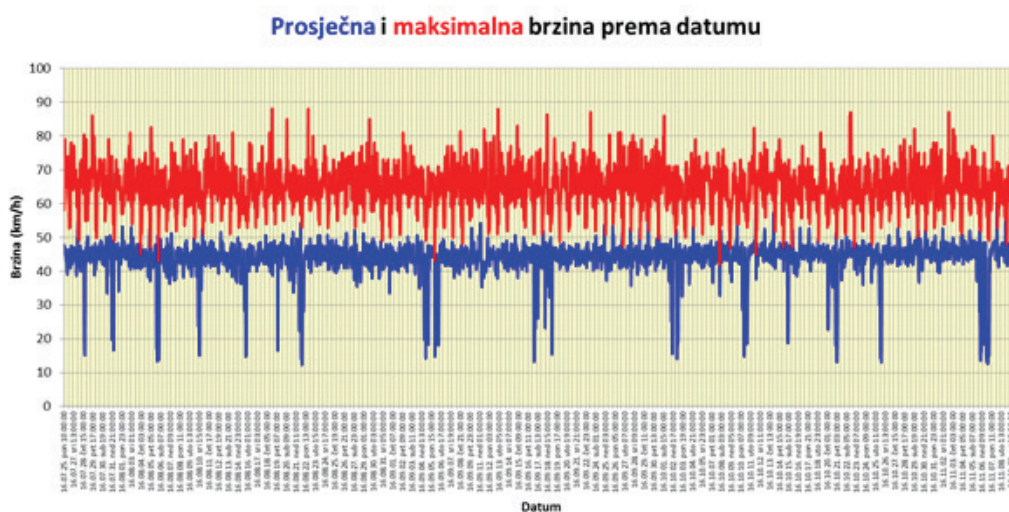


Izvor: crtorad d.o.o.

Prema grafikonu 3. koji prikazuje distribuciju brzine vožnje na promatranoj lokaciji u promatranom vremenskom razdoblju, vidljivo je da je 40 % vozača na mjernoj lokaciji vozilo brzinom između 41 do 50 km/h, 27 % vozača vozilo je brzinom od 51 do 60 km/h, 22 % vozača vozilo je brzinom do 30 km/h. Nadalje 8 % vozača vozilo je brzinom između 31 i 40 km/h, dok je 3 % vozača vozilo brzinom između 61 i 70 km/h. Nisu zabilježeni slučajevi vožnje brzinom od 71 do 81 km/h ili brzinom višom od 81 km/h. Slijedom navedenog, zaključuje se da je najveći dio vozača (40 %) na promatranoj lokaciji u vrijeme istraživanja vozilo brzinom između 41 i 50 km/h, tj. sukladno zakonskom ograničenju brzine na danoj lokaciji.



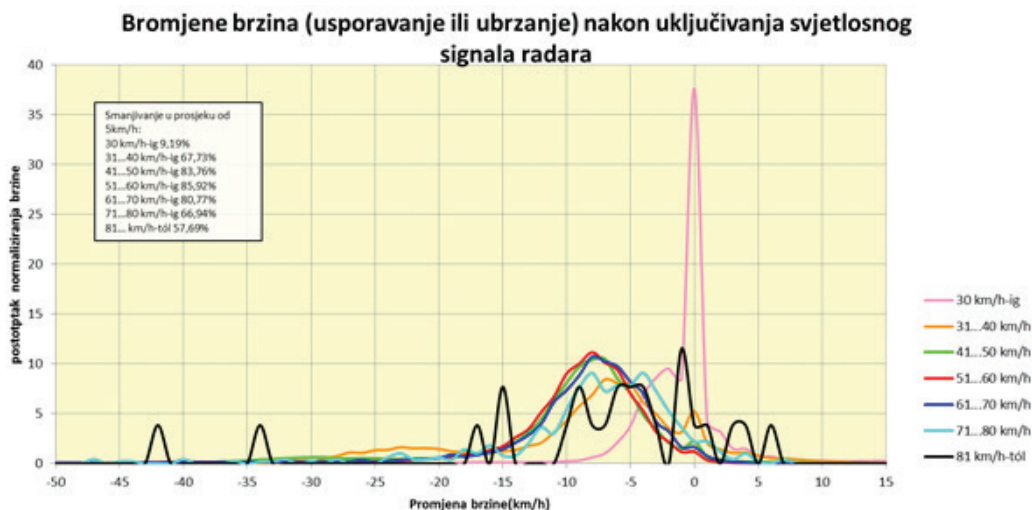
Grafikon 4. Prosječna i maksimalna brzina prema datumu



Izvor: crtorad d.o.o.

Grafikon 4. donosi usporedbu prosječnih i maksimalnih brzina u istraživanom razdoblju, gdje crvena linija označava maksimalnu brzinu, a plava prosječnu brzinu. Kod maksimalnih brzina uočava se stabilan prosječan trend vožnje uglavnom do 80 km/h, s nekoliko slučajeva vožnje iznad 80 km/h. Kao datumi u kojima su zabilježene najviše maksimalne brzine ističu se 16. kolovoz, 16. listopad i 16. studeni. U istraživanom razdoblju također se uočava stabilan trend prosječne vožnje između 40 i 50 km/h, s nekoliko datuma u kojima je prosječna brzina bila niža: 16. kolovoz i 16. studeni.

Grafikon 5. Promjene brzine nakon uključivanja svjetlostnog signala radara

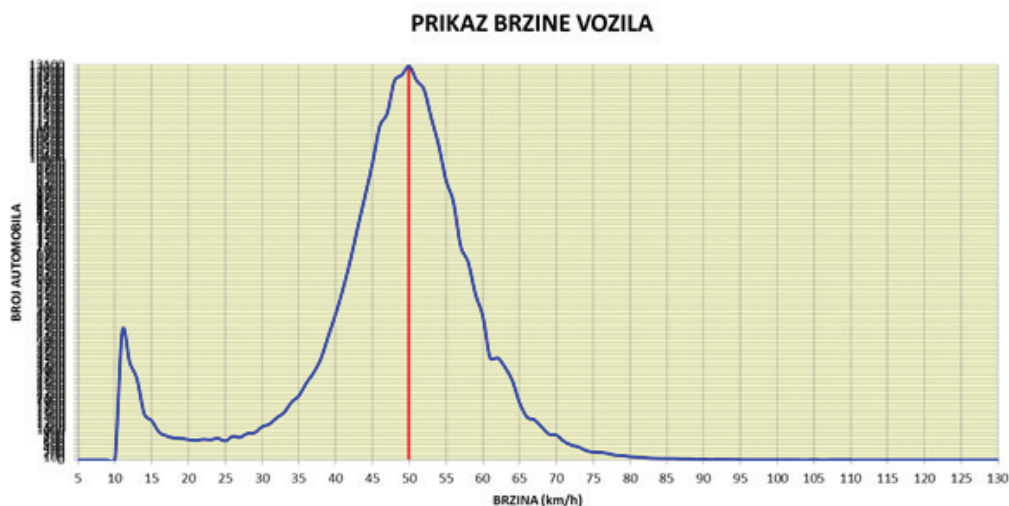


Izvor: crtorad d.o.o.

U grafikonu 5. prikazane su promjene brzina nakon uključivanja signala radara, te je iz njega vidljivo da je brzinu u prosjeku od 5 km/h smanjilo 9,19 % vozača koji su vozili brzinom od 30 km/h i nižom, 67,73 % vozača koji su vozili brzinom između 31 i 40 km/h, 83,76 % vozača koji su vozili brzinom od 41 do 50 km/h. Nadalje, 85,92 % vozača koji su vozili brzinom između 51 i 60 km/h, 80,77 % vozača koji su vozili

brzinom između 61 i 70 km/h, 66,94 % vozača koji su vozili brzinom između 71 i 80 km/h te 57,69 % vozača koji su vozili brzinom većom od 81 km/h. Iz navedenih podataka može se zaključiti da su brzinu u prosjeku od 5 km/h najmanje smanjili vozači koji su vozili brzinom od 30 km/h i manjom (9,19 %), dok je najveći broj vozača koji su smanjili brzinu vozilo brzinom između 51 i 60 km/h (85,92 % vozača)

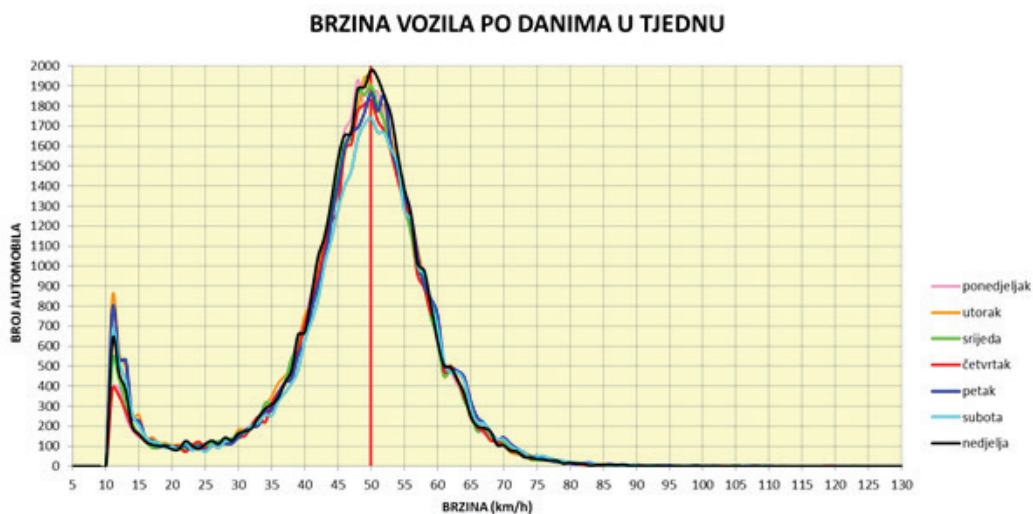
*Grafikon 6. Prikaz brzine vozila prema radarskom mjerачu s pokazivačem brzine - Ulica Zrinskih i Frankopana – Varaždin*



Izvor: crtorad d.o.o.

Grafikon 6.prikazuje brzine kojima su vozači upravljali motornim vozilima. Što je viši položaj linije, to je veći broj vozača koji su vozili prikazanom brzinom. Prema grafikonu, zaključuje se da je najveći broj vozača vozio brzinama između 45 do 55 km/h. Najmanji broj vozača vozio je brzinom između 5 do 10 km/h, što se može objasniti uključivanjem u promet na mjernoj lokaciji ili brzinama iznad 80 km/h, neprimjerenima za gradski promet.

*Grafikon 7. Prikaz brzina vozila po danima u tjednu*



Izvor: crtorad d.o.o.

Prethodni grafikon 7. prikazuje distribuciju brzina kojima su vozači upravljali motornim vozilima kroz dane u tjednu, pri čemu je svakom danu u grafičkom prikazu pridodana posebna boja kako bi se podatci mogli usporediti. Što je linija viša, veći broj automobila vozio je navedenom brzinom. Iz prikazanog, može se zaključiti da je distribucija brzina relativno ujednačena sve dane u tjednu.

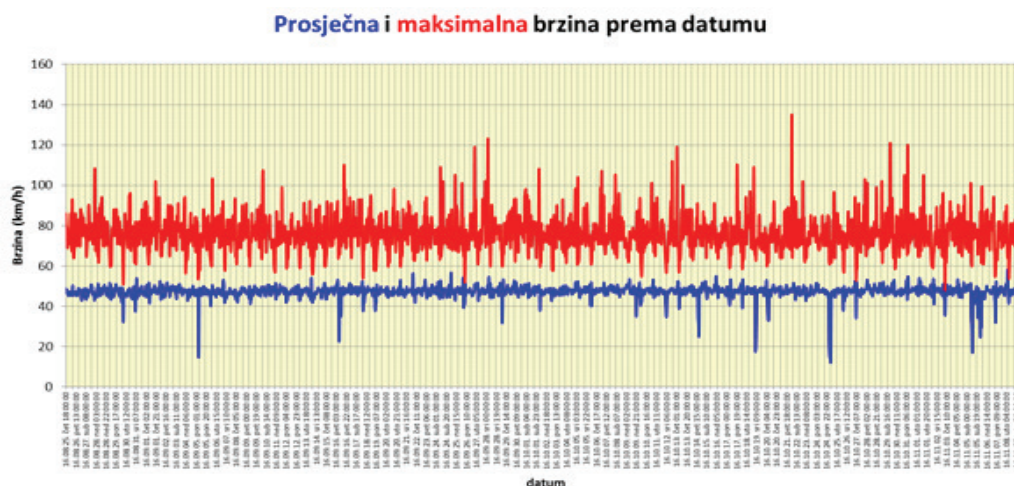
*Grafikon 8. Prikaz diverzija brzina*



Izvor: crtorad d.o.o.

Nastavno grafikon 8. prikazuje distribuciju brzina kojima su vozači upravljali motornim vozilima u istraživanom vremenskom razdoblju na lokaciji u Ulici Zrinskih i Frankopana. Najveći broj vozača, njih 38 %, vozio je brzinom između 41 i 50 km/h, 34 % vozača vozilo je brzinom između 41 i 60 km/h, dok je 10 % vozača vozilo brzinom između 31 i 40 km/h. U promatranom period, 9 % vozača vozilo je brzinom manjom od 30 km/h, 8 % vozača upravljalo je vozilom brzinama između 61 i 70 km/h. Samo 1 % vozača vozilo je brzinom između 71 i 80 km/h, dok nije bilo zabilježenih slučajeva vožnje brzinom većom od 80 km/h. Zaključuje se da je najveći broj vozača (38 %) vozio brzinama sukladno zakonskim propisima, tj. brzinom između 40 i 50 km/h.

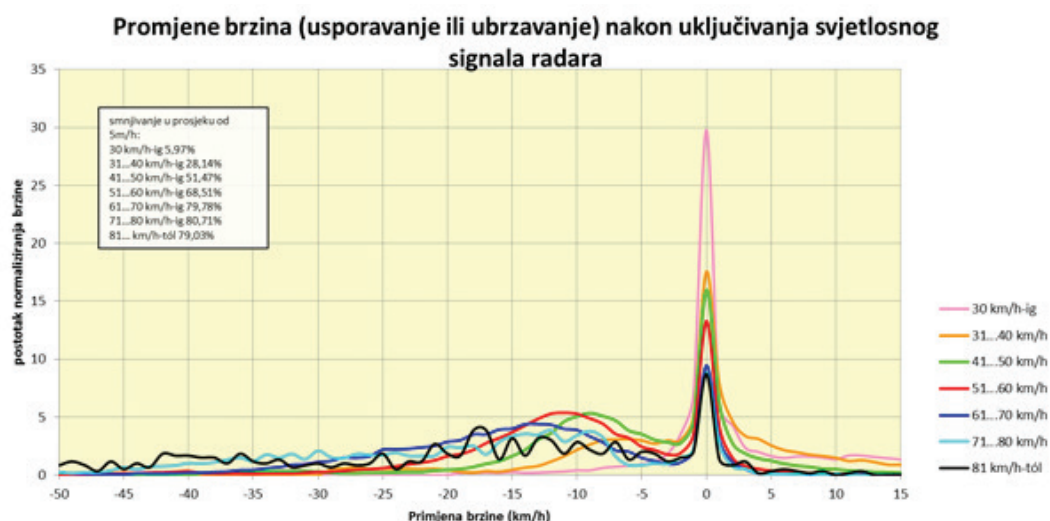
*Grafikon 9. Prikaz prosječne i maksimalne brzine prema datumu*



Izvor: crtorad d.o.o.

Grafikon 9. donosi usporedbu prosječnih i maksimalnih brzina u istraživanom razdoblju, gdje crvena linija označava maksimalnu brzinu, a plava prosječnu brzinu. Kod maksimalnih brzina uočava se stabilan prosječan trend vožnje uglavnom do 80 km/h, s nekoliko slučajeva vožnje iznad 80 km/h. Kao datumi u kojima su zabilježene najviše maksimalne brzine ističe se 16. listopada. U istraživanom razdoblju također se uočava stabilan trend prosječne vožnje između 40 i 50 km/h, s nekoliko datuma u kojima je prosječna brzina bila niža: 16. rujna i 16. listopada.

*Grafikon 10. Promjene brzine nakon uključivanja svjetlosnog signala radara*



Izvor: crtorad d.o.o.

Prema grafikonu 10. prikazane su promjene brzina nakon uključivanja signala radara, te iz njega uočavamo da je brzinu u prosjeku od 5 km/h smanjilo 5,97 % vozača koji su vozili brzinom manjom od 30 km/h, 28,14 % vozača koji vozili brzinom između 31 i 40 km/h, te 51,47 % vozača koji su vozili brzinom između 41 i 50 km/h. 68,51 % vozača koji su smanjili brzinu vozili su brzinom između 51 i 60 km/h, 79,78 % vozača koji su vozili brzinom između 61 i 70 km/h. 80,71 % vozača koji su smanjili brzinu vozili su brzinom između 71 i 80 km/h te 79,03 % vozača koji su vozili brzinom većom od 81 km/h. Zaključuje se da je najmanji broj vozača koji su nakon uključivanja svjetlosnog radara smanjili brzinu vozio brzinom ispod 30 km/h (njih 5,97 %), a najveći broj vozača koji su nakon uključivanja svjetlosnog radara smanjili brzinu vozio brzinom između 71 i 80 km/h (80,71 % vozača).



#### **4. Zaključak:**

Ovaj se rad osvrnuo na analizu utjecaja LED promjenjivih prometnih znakova s radarskim pokazivačima brzine na smanjenje brzine kretanja vozila. Promjenjivi prometni znakovi su elementi koji imaju veliki utjecaj na sigurnost cestovnog prometa, u smislu pravodobnog uočavanja potencijalne opasnosti ili načina izbjegavanja navedene opasnosti. Cilj rada je provođenje analize podataka prikupljenih iz mjerača brzine koji se nalaze u LED promjenjivim znakovima s radarskim pokazivačima brzine u slučajevima kad su navedeni prometni znakovi prikazivali obavijesti o očitanoj brzini i prekoračenju i u slučajevima kada su isti bili ugašeni i samo su vršili mjerenje brzine. Podatci o brzinama vozila u navedenim slučajevima prikupljena je na dvije lokacije u Varaždinskoj županiji, u Ulici braće Radić te Ulici Zrinskih i Frankopana u Varaždinu.

Analizom dobivenih podataka zaključuje se da većina vozila prometuje dozvoljenom brzinom od 50 km/h. Većina sudionika u prometu u datom mjestu upoznata je s lokacijom radarskog pokazivača, pa se stoga pridržava dozvoljene brzine prometa. Zaključuje se da je vožnja brzinama između 40 i 55 km/h ujednačena kroz sve dane u tjednu. U istraživanom razdoblju uočava se stabilan trend prosječne vožnje između 40 i 50 km/h, sa nekoliko datuma u kojima je prosječna brzina bila niža odnosno viša. Primjetno je i da su vozači, uočivši radarski pokazivač brzine smanjivali brzinu kojom su upravljali motornim vozilom.

#### **Literatura**

- (1) Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19)
- (2) [www.crtorad.hr](http://www.crtorad.hr)



# **Eksploatacija konstrukcije; Ispitivanje mosta na potoku Mozdernjak u općini Kneginec**

## ***(Exploitation of structures; Examination of the bridge on the Mozdernjak stream in the municipality of Kneginec)***

Autor: Matija Orešković doc.dr.sc.; Sveučilište Sjever, Odjel za graditeljstvo;; e-mail: [moreskovic@unin.hr](mailto:moreskovic@unin.hr)

Koautor: Ljudevit Krpan, prof.dr.sc.; Sveučilište Sjever, Logistika i održiva mobilnost;; e-mail: [ljkrpan@unin.hr](mailto:ljkrpan@unin.hr)

Koautor: Predrag Brlek, doc.dr.sc.; Sveučilište Sjever, Logistika i održiva mobilnost;; e-mail: [pbrlek@unin.hr](mailto:pbrlek@unin.hr)

Koautor: Robert Maršanić, doc.dr.sc.; Sveučilište Sjever, Logistika i održiva mobilnost;; e-mail: [robert.marsanic@unin.hr](mailto:robert.marsanic@unin.hr)

Koautor: Goran Kaniški, dipl.ing. Sveučilište Sjever, Logistika i održiva mobilnost;; e-mail: [gkaniski@unin.hr](mailto:gkaniski@unin.hr)

Sažetak:

U lipnju 2017. godine izvelo se proširenje mosta na potoku Mozdernjak u općini Kneginec. Nakon vidljivih oštećenja na starom dijelu mosta te na spoju s novim, unaprijed dvije godine zatraženo je ispitivanje metodom Impact-echa. Metoda Impact-echa je metoda za nerazorna ispitivanja betonskih i zidanih konstrukcija. Temelji se na korištenju udarnih akustičnih valova koji se šire kroz medij, a reflektiraju se na unutarnjim pukotinama i vanjskim površinama. Most je bočno proširen i njegove su dimenzije 5,0 m i 6,0 m. Metodom Impact-echa napravljena je provjera konstrukcije starog dijela mosta, te provjera spoja starog dijela sa novim dijelom. Istraživanje se podijelilo na dvije strane mosta, sa rasterom točaka 4x24. U postavkama uređaja postavljena je očekivana ukupna debljina od 335 mm, s time da je debljina asfaltnog sloja 135 mm, a debljina ploče 180 mm. Namještena je frekvencija od 6,3 kHz, kao frekvencija sloja betona. Ispitivanjem su utvrđena oštećenja u betonu između 5,9 kHz i 11,2 kHz.

Ključne riječi: Impact-echo, most, armatura, nedestruktivna ispitivanja, deliminacije, udarni valovi, raster točaka, frekvencija

## **1. Uvod**

### **1.1. Metoda Impact-echa**

Impact-echo (slika 1.) je metoda za nerazorna ispitivanja betonskih i zidanih konstrukcija. Temelji se na korištenju udarnih valova koji se šire kroz medij, a reflektiraju

se na unutarnjim pukotinama i vanjskim površinama. Upotrebljava se za određivanje položaja i opsega pukotina, delaminacije, šupljina, struktura poput saća i odvajanja u ravnim, ojačanim i naknadnim betonskim konstrukcijama. Upotrebljava se za ploče, betonske podloge za asfalt, stupove i grede, šuplje cilindre. Osigurava mjerenje debljine betonskih ploča s pogreškom manjom od 3%, a može locirati šupljine u podlozi izravno od ploče i kolnika. Impact-echo nije poput sustava „crne kutije“ koji može provoditi slijepe testove na betonu, zidovima i uvijek reći što je unutra. Metoda se najuspješnije koristi za prepoznavanje i kvantificiranje sumnjivih problema unutar strukture, za kontrolu kvalitete, poput mjerenja debljina betonskih ploča i u programima preventivnog održavanja, poput rutinske evaluacija palube mosta. U svim tim situacijama ispitivanje IMPACT-ECHOM ima cilj, poput lociranja pukotina, praznina ili odvajanja, mjerenja debljine ili provjeravanja naknadno rađene strukture radi praznina u združenim tetivnim kanalima. Metoda Impact-echa vrlo je uspješna u terenskom radu.

Ispitivanje Impact-echa oslanja se na tri osnovne komponente:

- Mehanički udarni element koji može proizvesti kratkotrajne udarce, čije se trajanje može mijenjati
- Prijemnik/pojačalo za mjerenje površinskog odziva
- Sustav za analizu signala za prikupljanje podataka za snimanje, obradu i pohranjivanje valnih signala

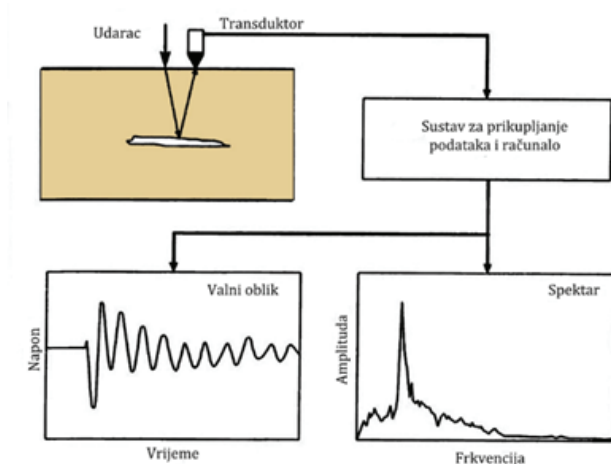


Slika 1. Potreban pribor za IMPACT-ECHO ispitivanje

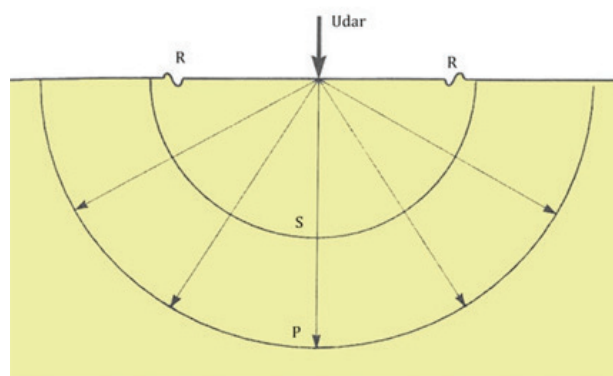
## 2. Primjena Impact-echo metode

### 2.1. Princip rada Impact-echa

Impact-echo (slika 2.) temelji se na korištenju prijelaznih udarnih valova (slika 3.) generiranih elastičnim djelovanjem. Kratkotrajni mehanički utjecaj, proizveden lupkanjem male čelične kugle na betonsku ili zidanu površinu, koristi se za stvaranje niskih udarnih frekvencija koje se šire u strukturu i reflektiraju se u defektima i/ili vanjskim površinama. Površinske pomake uzrokovane refleksijama tih valova bilježi sonda, smještena u blizini udara. Dobiveni signali pomaka prema vremenu pretvaraju se u frekvencijsku domenu i dobivaju se dijagrami amplitude prema frekvenciji (spektri). Višestruke refleksije udarnih valova između udarne površine, pukotina i/ili vanjskih površina dovode do prolaznih rezonancija, koje se mogu identificirati u spektru, te se koriste za procjenu integriteta strukture ili za određivanje mjesta defekta.



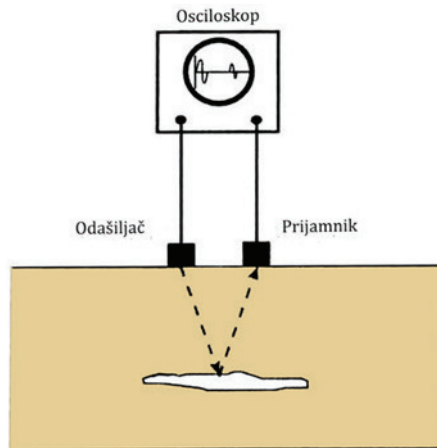
Slika 2. Pojednostavljeni dijagram metode impact-echo



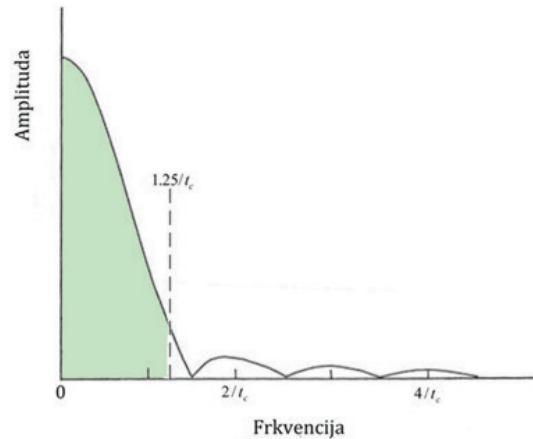
Slika 3. Shematski prikaz širenja valova uzrokovanih udarom (impact)

Sustav pruža korisniku sljedeće pogodnosti: samo jedna površina mora biti dostupna za testiranje, brzo otkrivamo debljinu nepoznatog člana, bez izbočenja, otkriva nedostatke poput šupljina betona, betonskih saća, pukotina i raslojavanja, mjesto dubine defekata i točan položaj. Najčešće korištene metode ispitivanja betona i zidova su destruktivne metode. To su bušenje, ili na drugi način uklanjanje dijela konstrukcije kako bi se omogućio vizualni pregled unutrašnjosti. Iako su ove metode vrlo pouzdane, one su također dugotrajne i skupe, a nedostaci koje ostavljaju često postaju žarišne točke za pogoršanje. Tijekom proteklih nekoliko desetljeća, niz nedestruktivnih testova, uključujući rendgenske zrake, gama zrake, radar, infracrvenu termografiju i akustične metode, postali su široko korišteni, ne samo za beton, već i za druge konstrukcijske materijale. U metodama Impact-echo ispitni medij se uvodi na površini, gdje se pristupa pomoću sonde ili mehaničkim udarcem. Ako se koristi odašiljač, metoda se naziva puls-echo; ako se koristi mehanički utjecaj, metoda se naziva Impact-echo. Kao što je prikazano na slici 4,

u pulsним echo tehnikama puls se širi kroz medij i reflektira se materijalnim defektima ili međusobnim razmakom između područja različitih gustoća i/ili elastičnih modula. Ti reflektirani valovi prate se pomoću drugog pretvarača spojenog na površinu ispitnog objekta blizu izvora impulsa. Pretvarač se prikazuje na osciloskopu ili sličnom uređaju. Početkom 1970-ih počele su se primjenjivati impact metode na ispitivanje integriteta dubokih temelja, kao što su piloti. Istraživači iz Nacionalnog biroa za standarde osmislili su termin Impact-echo kako bi opisali ovu metodu, te je tako izdvojili od puls-echo metoda u kojima se pretvarači koriste za stvaranje udarnih valova.



Slika 4. Shema puls-echo tehnike primijenjene na ispitivanje betona.



Slika 5. Raspodjela amplituda i frekvencija u udarnim valovima nastalih djelovanjem kugle na krutinu

U ispitivanju Impact-echa, broj uzoraka,  $n$ , zabilježenih u svakom testu, obično se bira kao potencijal od 2 (512, 1024, 2048, itd.) Produkt broja uzoraka,  $n$ , i interval uzorkovanja,  $\Delta t$ , je duljina zapisa, odnosno ukupna duljina vremena tijekom kojega se zapisuje valni oblik. Mjerne jedinice pretvarača čvrsto su stegnute na razdjelnoj šipki koja ih drži na fiksnoj udaljenosti,  $L$ , odvojeno (obično 300 mm), a cilj je izmjeriti što točnije vrijeme dolaska sfernog P - vala na dva pretvornika. Ukoliko imamo vrijeme  $t_1$  i  $t_2$  tada je brzina P vala  $C_p$  dana jednadžbom (1).

$$C_p = \frac{L}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Determinirana je brzina P-vala, pri čemu je dobivena frekvencija  $f$  mjerena na istom mjestu gdje i brzina vala:

$$f = \frac{0,96C_p}{2T} \rightarrow T = \frac{0,96C_p}{2f} \quad (2)$$

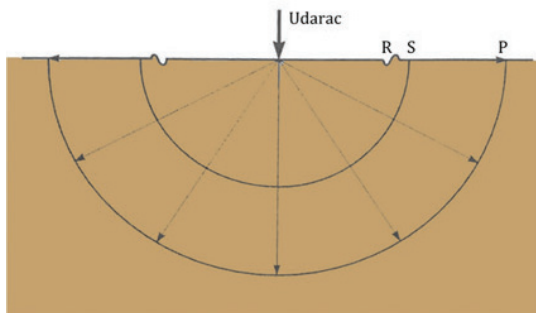
Kao primjer uzeto je  $L=300\text{mm}$ :

$$t_2 - t_1 = 75\mu\text{s} \quad (3)$$

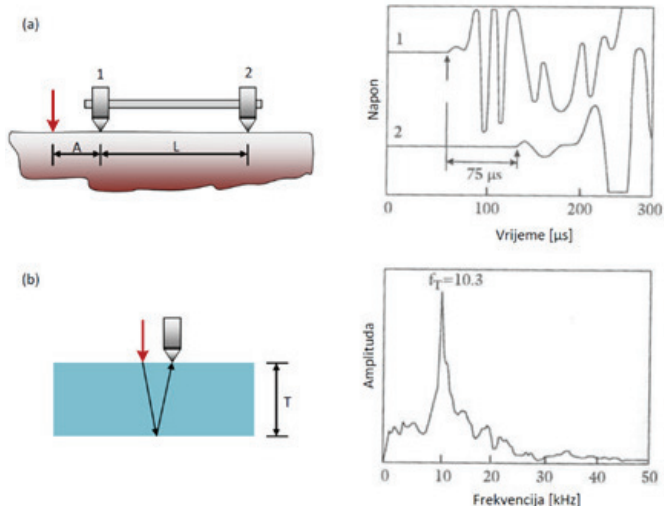
$$C_p = \frac{L}{t_2 - t_1} = \frac{0,3}{0,000075} = 4000 \text{ m/s} \quad (4)$$

Nakon očitavanja  $f_{T(\text{očitano})} = 10,3 \text{ kHz}$  dobivamo:

$$T = \frac{0,96 C_p}{2f} = 186 \text{ mm} \quad (5)$$



Slika 6. Shematski dijagram valova generiranih od IMPACT-ECHA



Slika 7. Determinacija debljine ploče, Kombinacija mjerenja brzine vala i IMPACT-ECHO testa

Točnost mjerenja brzine P-vala ovisi o razmaku između pretvornika, vremenskoj razlici (ili brzini valova) i brzini digitalnog uzorkovanja. Na primjer, interval uzorkovanja od  $2 \mu\text{s}$  na svakom od dva odvojena kanala, dovodi do nesigurnosti od  $2 \mu\text{s}$  u vremenskom intervalu između dolazaka P-vala na dva pretvornika. Za potrebe izvođenja probnog Impact-echo testa, moramo pronaći čvrstu betonsku ploču, kao što je pod, zid ili pločnik, bez unutarnjih kanala, kabela ili drugih sličnih značajki. Ako je debljina poznata, može se unijeti u sustav. Ukoliko debljina nije poznata unašamo procjenjenu debljinu. Sustav će automatski koristiti debljinu i brzinu P-vala od posljednjeg zapisa u otvorenoj datoteci. Držimo jedinicu pretvornika okomito na površinu, i lagano gurnemo ručicu dok ne dođe do zaustavljanja.

## 2.2. Ispitivanje mosta na potoku Mozdernjak u općini Kneginec metodom Impact-echa

U lipnju 2017. godine radilo se na proširenju mosta (slika 8.) na potoku Mozdernjak u općini Kneginec. Nakon vidljivih oštećenja unaprijed dvije godine, zatraženo je ispitivanje metodom Impact-echa (slika 9.).





a)



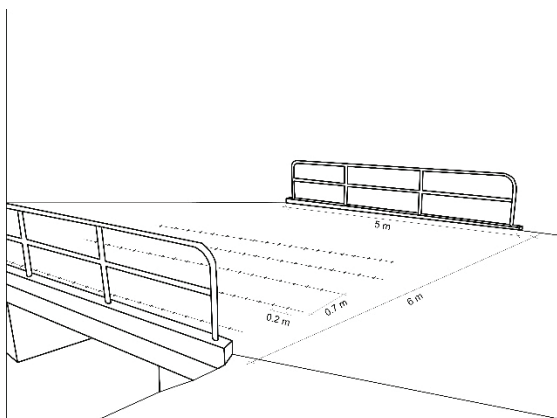
b)

Slika 8. a),b) Radovi na proširenju mosta Mozdernjak [1]

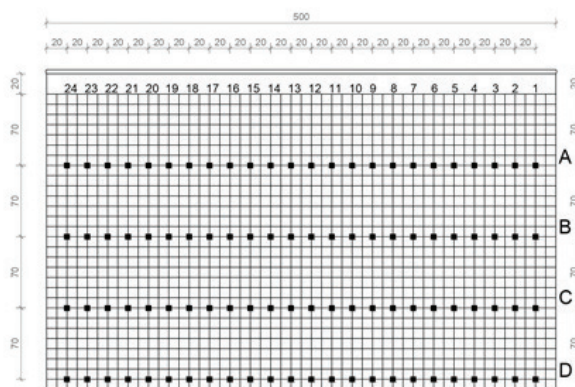


Slika 9. Priprema za ispitivanje metodom IMPACT-ECHA

Most je bočno proširen i njegove su dimenzije 5,0 m i 6,0 m (slika 10.). Metodom impact-echa napravljena je provjera konstrukcije starog dijela mosta, te provjera spoja starog dijela sa novim dijelom. Istraživanje se podijelilo na dvije strane mosta, gdje je raster točaka 4x24 (slika 11.).

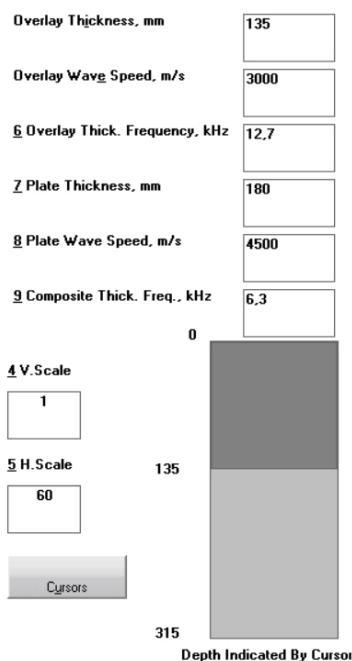


Slika 10. Dimenzije i skica mosta



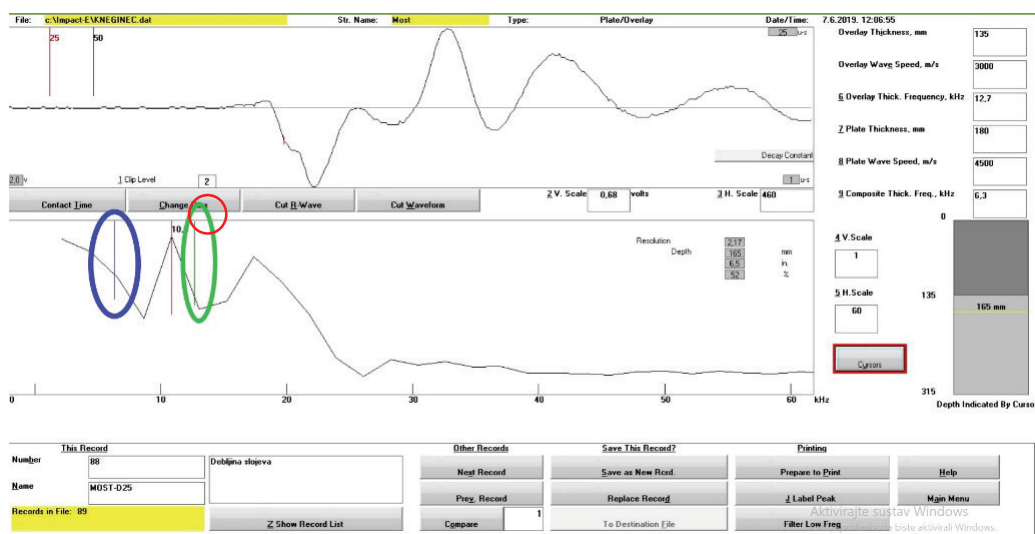
Slika 11. Raster točaka

Nakon iscrtavanja rastera točaka, prije postavljanja samog uređaja na ispitivanu plohu, postavljene su postavke programa Impact-echa. U programu je definirana pretpostavljena debljina asfaltnog i betonskog sloja. Namještena je brzina vala na ploču, i frekvencija od 6,3 kHz kao frekvencija sloja betona.



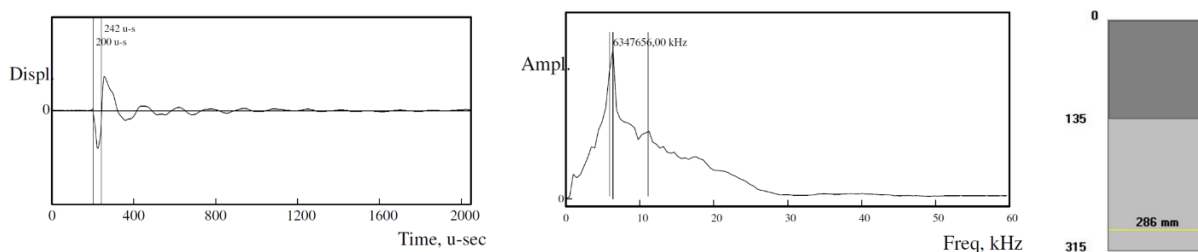
Slika 12. Postavke u prgramu Impact-echa

Promatraju se frekvencije između dviju linija (zelene i plave) koje definiraju granice slojeva prema unaprijed postavljenim parametrima na 6,3 kHz i 12,7 kHz (slika 13.). Crvena linija na slici 13 označava dominantan vrh. Frekvencije između te dvije linije predstavljaju odraz P-vala u betonskom sloju, dok frekvencije desno od zelene linije predstavljaju refleksiju P-vala unutar asfaltnog sloja.



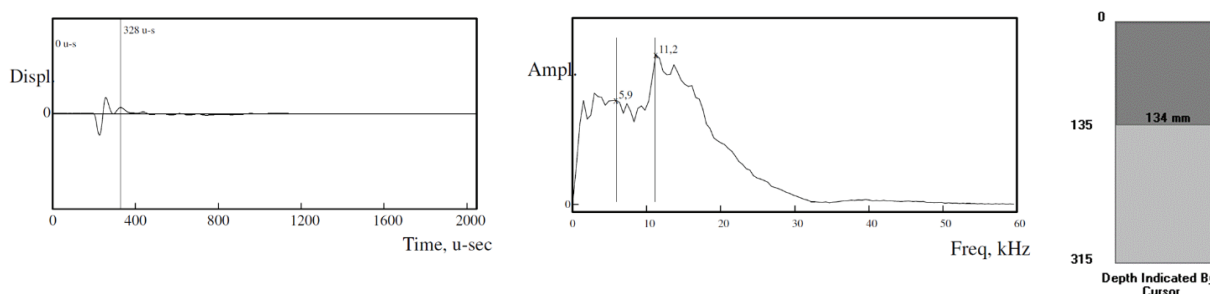
Slika 13. Program Impact-echa (D25)

Namještena je frekvencija od 6,3 kHz, kao frekvencija sloja betona. Ista frekvencija je na debljini od 286 mm, dok je 315 mm predviđena debljina. Dvije su mogućnosti. Na debljini od 286 mm, nalazi se pukotina ili delaminacija, dok je druga mogućnost da je to debljina sloja na toj točki rastera (slika 14.).



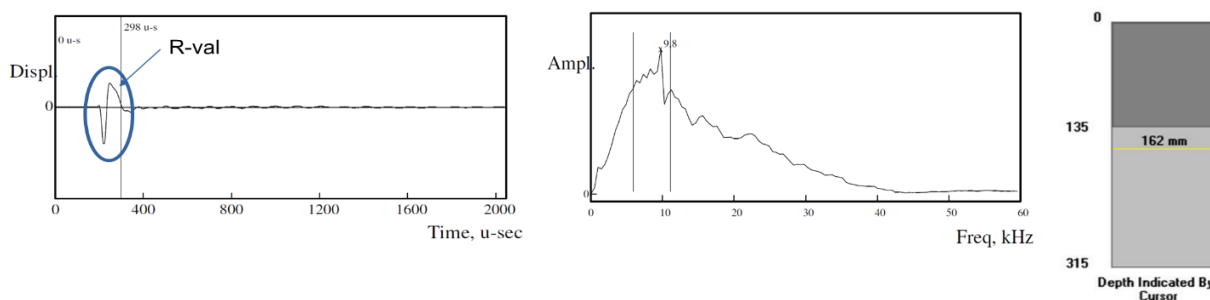
Slika 14. Ispitivanje u točki rastera A3

Daljnijim ispitivanjem utvrđena su oštećenja u betonu između 5,9 kHz i 11,2 kHz. Oštećenja u asfaltnom sloju očitana su iznad 11,2 kHz. Frekvencija od 11,2 kHz zapravo je dominantni vrh točke rastera A9 (slika 15.). Događa se refleksija P-vala od spoja asfalta i betona što ukazuje na gubitak veze spoja. Ukoliko P-valovi nisu preneseni preko spoja, ne možemo dobiti informacije o betonskom sloju.



Slika 15. Ispitivanje u točki rastera A9

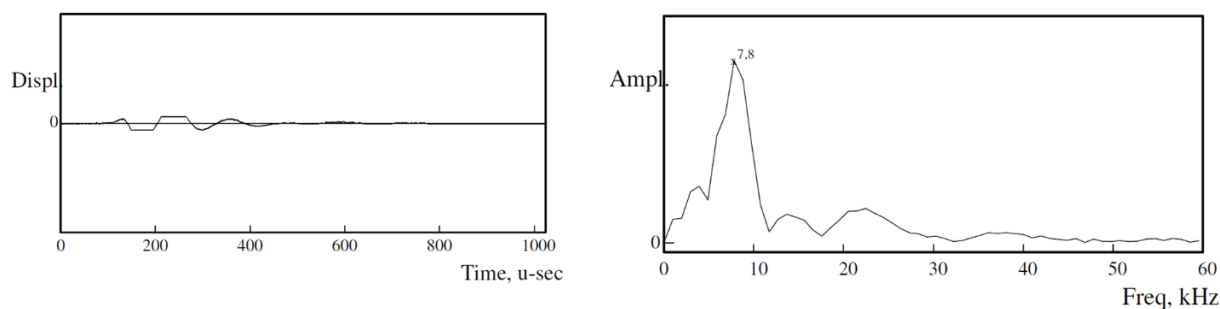
Očitana frekvencija od 9,8 kHz u točki rastera B12 (slika 16.), njen je dominantan vrh. Događa se refleksija P-vala na dubini od 162 mm, na cca 27 mm ispod spoja slojeva što je otprilike položaj gornje armature. Ukazano je na delaminaciju betona koja označava svako oštećenje ili propadanje. Oštar vrh refleksije P-vala od deliminacije potvrđuje prvotnu dubinu.



Slika 16. Ispitivanje u točki rastera B12

Frekvencija od 7,3 kHz dominantan je vrh u točki C18. U ovoj točki rastera prevladava R-val, ukazuje nam na delaminaciju betona i položaj područja armature. Na dubini od 96

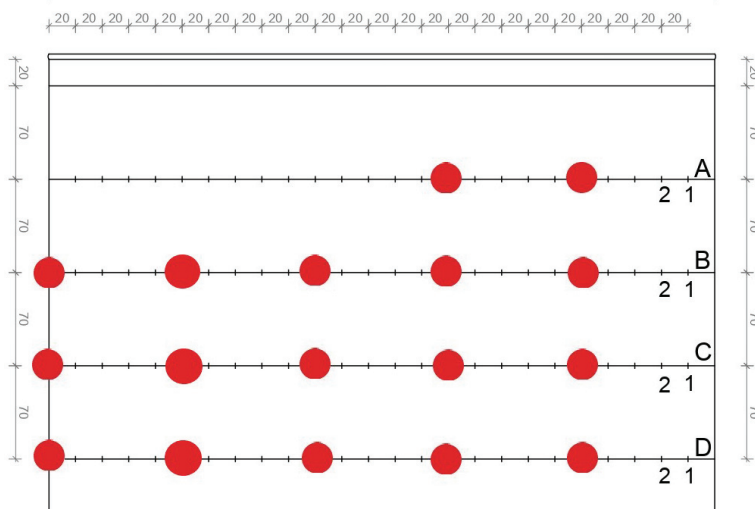
mm, u točki D6, kod frekvencije od 15,6 kHz loš je spoj asfaltne zakrpe. U točki B20 na frekvenciji od 11,7 kHz događa se refleksija P-vala s dubine od 163 mm, ponovno je primijećena delaminacija betona. Kod frekvencije od 7,8 kHz, refleksija P-vala na dubini od 251 mm označava položaj donje armature, ali i delaminaciju betona u točki C6 (slika 17.).



Slika 17. Ispitivanje u točki rastera C6

Točka rastera C9 ima dominantni vrh kod frekvencije od 7,8 kHz, gdje je prisutan R-val. Ova frekvencija ukazuje na dubinu od 161 mm. Ovdje je potrebno bolje razmotriti i analizirati, te ukloniti ili anulirati R-val, na ispravan način. Nakon smanjena voltaže sa 2 na 0,25, primijećena je pojava novog vrha. Dodatno smanjenje na 0,05, što dodstranjuje R-val, ukazuje na pojavu novog dominantnog vrha na 13,7 Khz. Na dubini od 165 mm i 285 mm vidljive su delaminacije na gornjoj i donjoj armaturi.

Za prikaz tabličnih rezultata odabrano je 17 točaka rastera od ukupno 89 (slika 18.), koje se nalaze na međusobnim razmacima od 1m.



Slika 19. Prikaz odabranih 17 točaka rastera

Tablica 1. Analiza ispitivanja

| Broj točke rastera | Predviđena debljina asfaltnog sloja [mm] | Predviđena debljina betonskog sloja [mm] | Predviđena ukupna debljina [mm] | Dominantni vrh [kHz] | Refleksija P-vala na određenoj dubini [mm] | Udaljenost od spoja slojeva | Analiza                          |
|--------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
|                    |                                          |                                          |                                 |                      |                                            |                             | Mogući položaj gornje armature / |

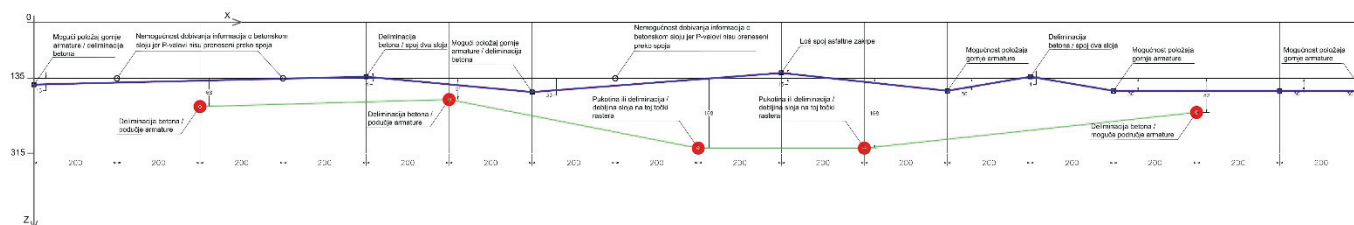


|     |     |     |     |      |     |                                      |                                                                                                                   |
|-----|-----|-----|-----|------|-----|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A5  | 135 | 180 | 315 | 11,7 | 150 | cca 15 mm<br>ispod spoja<br>slojeva  | deliminacija<br>betona                                                                                            |
| A10 | 135 | 180 | 315 | 3,9  | /   | /                                    | Nemogućnost<br>dobivanja<br>informacija o<br>betonskom<br>sloju jer P-<br>valovi nisu<br>preneseni<br>preko spoja |
| B5  | 135 | 180 | 315 | 8,7  | 203 | cca 68 mm<br>ispod spoja<br>slojeva  | Deliminacija<br>betona /<br>područje<br>armature                                                                  |
| B10 | 135 | 180 | 315 | 4,3  | /   | /                                    | Nemogućnost<br>dobivanja<br>informacija o<br>betonskom<br>sloju jer P-<br>valovi nisu<br>preneseni<br>preko spoja |
| B15 | 135 | 180 | 315 | 13   | 131 | cca 4 mm<br>iznad spoja<br>slojeva   | Deliminacija<br>betona / spoj<br>dva sloja                                                                        |
| B20 | 135 | 180 | 315 | 9,8  | 186 | cca 51 mm<br>ispod spoja<br>slojeva  | Deliminacija<br>betona /<br>područje<br>armature                                                                  |
| B25 | 135 | 180 | 315 | 10,7 | 168 | cca 33 mm<br>ispod spoja<br>slojeva  | Mogućnost<br>položaja<br>gornje<br>armature                                                                       |
| C5  | 135 | 180 | 315 | 4,3  | /   | /                                    | Nemogućnost<br>dobivanja<br>informacija o<br>betonskom<br>sloju jer P-<br>valovi nisu<br>preneseni<br>preko spoja |
| C10 | 135 | 180 | 315 | 6,5  | 303 | cca 168 mm<br>ispod spoja<br>slojeva | Pukotina ili<br>deliminacija /<br>debljina sloja<br>na toj točki<br>rastera                                       |
| C15 | 135 | 180 | 315 | 15,2 | 113 | cca 13 mm<br>iznad spoja<br>slojeva  | Loš spoj<br>asfaltne<br>zakrpe                                                                                    |
| C20 | 135 | 180 | 315 | 6,5  | 303 | cca 168 mm<br>ispod spoja<br>slojeva | Pukotina ili<br>deliminacija /<br>debljina sloja<br>na toj točki<br>rastera                                       |
| C25 | 135 | 180 | 315 | 10,9 | 165 | cca 30 mm<br>ispod spoja<br>slojeva  | Mogućnost<br>položaja<br>gornje<br>armature                                                                       |
| D5  | 135 | 180 | 315 | 13,0 | 131 | cca 4 mm<br>iznad spoja<br>slojeva   | Deliminacija<br>betona / spoj<br>dva sloja                                                                        |
| D10 | 135 | 180 | 315 | 10,9 | 165 | cca 30 mm<br>ispod spoja<br>slojeva  | Mogućnost<br>položaja<br>gornje<br>armature                                                                       |



|     |     |     |     |      |     |                               |                                                |
|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------------------------------|------------------------------------------------|
| D15 | 135 | 180 | 315 | 8,7  | 217 | cca 82 mm ispod spoja slojeva | Deliminacija betona / moguće područje armature |
| D20 | 135 | 180 | 315 | 10,9 | 165 | cca 30 mm ispod spoja slojeva | Mogućnost položaja gornje armature             |
| D25 | 135 | 180 | 315 | 10,9 | 165 | cca 30 mm ispod spoja slojeva | Mogućnost položaja gornje armature             |

Nakon tablične analize provedena je grafička analiza, u koju su unešeni podaci 17 točaka rastera, dubina refleksije P-vala kao i udaljenost od spoja slojeva. Zelenom linijom označene su kritične dubine refleksije P-vala, dok plavom linijom dubine koje prate sloj asfalta. Možemo zaključiti da je na kritičnim dubina refleksije P- vala zbog oštećenja u armaturi.



Slika 20. Uzdužni presjek mosta sa prikazanim delaminacijama betona i mogućim oštećenjima u armaturi (crvene točke) te realnom linijom spoja betona i asfalta (plava linija)

### 3. Zaključak

Analizom Impact-echo metode, i ispitivanjem pomoću iste, možemo doći do nekoliko važnih zaključaka. Akustična svojstva komponenti zida (opeke, bloka, žbuke i morta) dovoljno su slična da u većini slučajeva građevinski elementi zida reagiraju na Impact-echo kao na kontinuiranu jedinicu. Na primjer, jedan zid od opeke sastavljen od opeke i žbuke može se tretirati kao ploča u svrhu ispitivanja Impact-echa. Pukotine koje se pojavljuju u zglobovima nemaju nikakvog utjecaja na efekt odziva od cigle. Pukotine koje se pojavljuju u zglobovima ležaja mogu poremetiti reakciju; ali učinci ovog odziva su visoko lokalizirani i nalik onima na ploču. Mogu se otkriti praznine u fugama zidova koji su ispunjeni mortom. Mogu se otkriti šupljine u injektiranim stanicama blokovske stijenske s opekam i mortom. Mogu se otkriti šupljine u spojnicama ovratnika višestrukih zidova. Odabirom dužeg vremena (više od 30  $\mu$ s), zidovi s jezgrom (gdje je područje jezgre manje od 25 % površine opeke) mogu se uspješno ispitati metodom Impact-echa. Jezgre uzrokuju mjerljivi pomak u odnosu na debljinu opeke, ali ne sprječavaju otkrivanje šupljina u višestrukim stijenama. Na primjeru proširenja mosta Mozdernjak pronađene su i detektirane delaminacije u betonu na područjima donje i gornje zone armature te je detektirana realna granica između betona i asfaltnog sloja. Delaminacije ukazuju na

proširenja zona oko armature što upućuje na hrđanje čelika a samim time na unutarnje oštećenje structure. Generalno gledajući, situacija na dotičnom mostu nije alarmantna te on kao takav je i dalje upotrebljiv za normalnu eksploataciju. Nakon nekog vremena preporuča se ponavljanje testa mosta, ovaj puta sa proširenjem na novi dio uz relativnu kontrolu starog, već ispitanog dijela.

## 4. Literatura

- [1] Krantovska, M Petrov, L Ksonshkevych, M Orešković, S Synii Numerical simulation of the stress-strain state of complex-reinforced elements, Tehnički glasnik 13 (2), 110-115
- [2] V Volchuk, I Klymenko, S Kroviakov, M Orešković Method of material quality estimation with usage of multifractal formalism, Tehnički glasnik 12 (2), 93-97
- [3] M Orešković, I Klymenko, A Aniskin, G Kozina: Analysis of Damaged Concrete Columns of Circular Cross-Section, Tehnički vjesnik 25 (2), 337-343
- [4] M Orešković: Stress-strain state and strength of damaged compressed reinforced-concrete elements of circular cross section, Odesa: Civil Engineering faculty, Odessa State Academy of Civil Engineering ...
- [5] M Orešković, V Zadravec, Ž Kos, EV Klimenko: Pouzdanost i procjena trenutnog stanja uporabivosti konstrukcije, Tehnički glasnik 9 (4), 426-431
- [6] <http://www.kneginec.hr/vijesti/gospodarstvo/838-prosirenje-mosta-na-potoku-mozdernjak.html>

# ODRŽAVANJE AUTOCESTA I MOSTOVA U NIZOZEMSKOJ

## MAINTENANCE OF HIGHWAYS AND BRIDGES IN THE NETHERLANDS

**Mr. Selma Kenjić-Zgodić, dipl.ing.gr.**

**Ministry of Infrastructure and Water Management, The Netherlands,  
Rijkswaterstaat  
e-mail: selma.kenjic@rws.nl**

### **Sažetak**

*Nizozemska je relativno mala zemlja, nešto manja od Hrvatske ali sa preko 5000 kilometara Autocesta. Autoceste čine 0,7 % površine i smatraju se Autocestama sa najintenzivnijim prometom na svijetu. Dnevno prođe oko 3 miliona vozila a godišnje vozila pređu preko 68 milijardi kilometara. U Nizozemskoj djeluje 5 regionalnih prometnih centrala i 1 državni prometni centar koji sa 2000 kamera svakodnevno dinamički upravljaju prometom.*

*S obzirom na broj vozila koji dnevno prođe Autocestama, neophodno je izvršavati njihovo redovno održavanje, rekonstrukciju ili zamjenu. Neki objekti, kao što su mostovi, izgrađeni su 60tih i 70tih godina i u međuvremenu dostižu svoj vijek trajanja. Ne samo zbog starosti objekata nego i zbog pojačanog intenziteta prometa i velikog broja težih vozila, neophodno je redovno kontrolirati stanje asfalta, dilatacijskih razdjelnica i ostalih objekata te primijeniti efektivne mjere za održavanje.*

*Ovaj rad opisuje način planiranja i održavanja Autocesta i mostova u Nizozemskoj i daje uvid u organizaciju državne uprave koja se time bavi.*

**Ključne riječi:** Održavanje, redovno, periodično, uprava, rizici, budžeti, Autoceste, mostovi.

### **Abstract:**

*Holland is a relatively small country, slightly smaller than Croatia but with more than 5000 kilometres of highways. The highways make up 0.7% of the surface and are considered to be highways with the most intense traffic in the world. About 3 million vehicles pass the highways a day and the annual vehicles exceed 68 billion kilometres.*

*In Holland, there are 5 regional traffic management centres and 1 main Traffic management centre with 2000 cameras dynamically managing traffic every day.*

*Given of the number of vehicles that pass the Highways daily, it is necessary to carry out their regular maintenance, reconstruction or replacement. Some objects, such as bridges, were built in the 60s and 70s, and in the meantime, they reach their lifespan.*

*Not only because of the age of the facilities but also because of the increased intensity of traffic, and a large number of heavier vehicles, it is necessary to regularly control the state of asphalt, dilation manifolds and other objects and apply effective maintenance measures.*

*This paper describes how to plan and maintain highways and bridges in Holland and provides insight into the organization of the State Administration that deals with it.*

**Keywords:** maintenance, regular, periodic, management, risks, budgets, highways, bridges.

## 1 RIJKSWATERSTAAT – ORGANIZACIJA I PODJELA

Infrastrukturnim objektima u Nizozemskoj upravlja državna uprava – Rijkswaterstaat - koja potpada pod Ministarstvo za infrastrukturu i vode. To je zapravo operativni organ koji upravlja trima kategorijama sistema:

- Vodeni sistemi: brane, ustave, površinske vode, nasipi uz more i rijeke;
- Vodeni putevi: rijeke, kanali, ustave, koridori prema moru;
- Ceste: Autoceste, tuneli, mostovi, vijadukti, ekodukti i trake koje se otvaraju za vrijeme špice.



slika 1. Rijkswaterstaat – podjela na regije

Rijkswaterstaat kao državna uprava je podijeljena na 7 regija. Unutar svake regije djeluju distrikti koji upravljaju svojim područjem. U Nizozemskoj djeluje ukupno 16 distrikta. Distrikti su odgovorni za siguran promet i raspoloživost Autocesta, pravovremeno definiranje mjera za održavanje i kontrolu radova na cesti.

Postoji i još 8 odjeljenja koji djeluju na državnom nivou i bave se općim poslovima koji su od značaja za sve regije, kao na primjer tehnički dio projekta ili dio koji se bavi ugovorima sa izvođačima.

## 2 PLANIRANJE MJERA ZA ODRŽAVANJE AUTOCESTA I MOSTOVA

### 2.1 Općenito

Regionalne uprave upravljaju održavanjem Autocesta i mostova u svojim regijama. Kada i koji most ili koji dio ceste će se održavati i koliko novaca je za to

potrebno, proizilazi iz uniformnog sistema za programiranje radova (RUPS).

RUPS je dinamička baza podataka o svim objektima za programiranje mjera za održavanje, što zapravo podrazumijeva rezerviranje budžeta i planiranje. Informacije u ovom sistemu su vrlo detaljne, uključujući i informaciju o vijeku trajanja pojedinačnog objekta ili njegovog dijela.

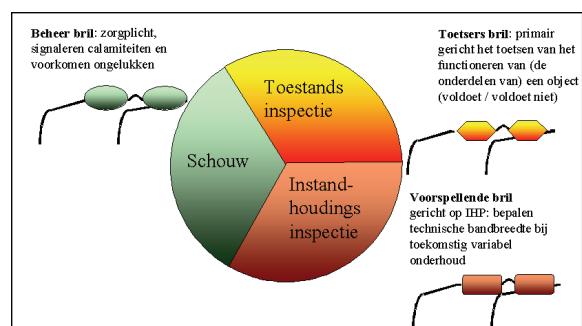
Svim mjerama se dodjeljuje potreban budžet i dodaju informacije o riziku koji bi se dogodio ako bi se izvođenje mjera odgodilo za neki drugi trenutak. Također su prisutne informacije o posljedicama izmjene režima prometa za vrijeme radova.

Ovim se misli na sigurnost na cestama, otvaranje zaobilaznica, smanjen protok prometa, povećanje gužvi na cesti i buku zbog izvođenja radova.

### 2.2 Održavanje kolnika i mostova

Planiranje održavanja Autocesta i mostova bazira se na informacijama iz sljedećih izvora:

- Inspekcije koje se vrše u svrhu programiranja radova (planiranje i finansiranje) – „Instandhoudingsinspectie“;
- Raport o stanju asseta koji firma za redovno održavanje (u daljem tekstu „izvođač“) jednom godišnje predaje distriktu – Schouw / Toestandinspectie;
- Informacije iz „database“ – sistema podataka o assetu.



slika 2. Izvori podataka za planiranje mjera

Ad. a)

Rijkswaterstat (državna uprava) organizira inspekciju koju provode specijalistički biroi. Za kolnike se inspekcija izvodi jednom godišnje (vozilo ARAN) a za mostove jednom u 6 godina. Rezultati ovih inspekcija se unose u sistem RUPS gdje se definiraju mjere, unosi godina održavanja, dodjeljuje potreban budžet i analiza rizika.

Ad. b)

Izvođač redovnog održavanja obavlja svakodnevnu ophodnju u svrhu detaljnog pregledanja pojedinih objekata. Također vrši internu inspekciju objekata od važnijeg značaja. Podaci iz ophodnje i inspekcije bilježe se u raportu o stanju asseta. S obzirom da se ovdje radi o aktualnijim podacima od onih iz inspekcija, može se dogoditi da se na osnovu ovog raporta i savjeta od strane izvođača, planirane mjere promijene (ubrzaju, dopune ili izbace).

Ad. c)

Nakon završetka radova, izgradnje novih Autocesta ili nekih drugih fizičkih promjena na assetu, potrebno je aktualizirati sliku asseta u različitim sistemima za bazu podataka.

Podaci iz baze podataka daju početnu sliku asseta u sljedećem ciklusu inspekcija i određivanja mjera za održavanje. Kasnije je ovaj proces nešto detaljnije opisan.

### 2.3 Financiranje

Na osnovu ovih podataka pravi se prognoza troškova za održavanje. Ministarstvo osigurava sredstva za svaku regiju posebno. Pri tom je svaka regija odgovorna za ostvarenje planiranog održavanja i dogovoreni nivo kvaliteta usluge (SLA=Service Level Agreement).

### 2.4 Plansko održavanje

Planiranje održavanja u Nizozemskoj je do 2010. godine bilo bazirano na tehničkom stanju objekta. Od 2010. se planiranje održavanja vrši na osnovu rizika o funkcioniranju tog objekta.

Cilj je da se za što manje troškova održi željeni nivo funkcioniranja objekta. Ova metoda osigurava balans između željenog nivoa kvaliteta usluge, rizika koji prijete ostvarenju tog nivoa i potrebnih izdataka da se taj nivo održi.

1. Prvi korak je definirati nivo kvaliteta usluge
2. Zatim je potrebno inventarizirati i analizirati rizike koji utječu na funkcionalnost objekta (ORA = Object Risk Analyse)
3. Potom treba definirati metodu kojom se rizici stavljaju pod kontrolu
4. Evaluirati i aktualizirati ORA

Da bi se stvorila slika o funkcionalnosti jednog objekta, potrebno je objekt rasčlaniti na njegove fizičke tj. funkcionalne dijelove te za svaki dio ponaosob izvršiti inventarizaciju i analizu rizika.

Kriterijum za kvantitativno i kvalitativno određivanje rizika polazi od željenog nivoa kvaliteta usluge i izražava se preko aspekata iz RAMSHEEP-a:  
R – reliability (vjerojatnoća funkcioniranja sistema),  
A - availability (vjerojatnoća funkcioniranja objekta),  
M – maintainability (mogućnost popravka),  
S – safety (posljedice po sigurnost čovjeka),  
H - health (posljedice po zdravlje),  
E - environment (posljedice po čovjekovu okolinu),  
E – economics (financijske posljedice),  
P – politics (posljedice političke prirode).

Mjere za održavanje koje proizilaze iz ove analize mogu biti preventivnog ili korektivnog karaktera. U svakom slučaju se polazi od toga da se na svim dijelovima objekta vrši redovno održavanje te da su nastali rizici posljedica drugih faktora.

Rezultat ovakvog pristupa je održavanje usmjereno na onaj dio kojemu je održavanje potrebno, onda kada to mora, a sve u cilju da cijeli objekat ili sistem kao skupina objekata zadovolji željeni nivo usluge.

## 3 REDOVNO I PERIODIČNO ODRŽAVANJE

U Nizozemskoj postoje 2 vrste održavanja i samim tim i 2 vrste ugovora koji se sklapaju sa izvođačima, naime redovno i periodično održavanje.

### 3.1 Redovno održavanje

Za redovno održavanje Autocesta potpisuje se trogodišnji ugovor sa mogućnošću produžetka 2 puta po jednu godinu. Izvođač ovakvog ugovora je obavezan da održava funkcionalnost i kvalitet asseta u granicama područja djelovanja.

Asset koji izvođač mora da održava su Autoceste, cestovni pojas i tehničke instalacije koje pripadaju toj cesti.

Na početku ugovora se registruje stanje asseta (= nulta situacija) i takvo stanje se mora održavati za vrijeme ugovora ili uz dogovor poboljšati u slučaju da je zatečeno stanje lošije od željenog.

#### 3.1.1 Redovne mjere održavanja:

- Čišćenje kolnika, tunela, odvodnih kanala i bankina;
- Održavanje zelenih površina i raslinja;
- Održavanje zaštitne ograde;
- Redovna inspekcija kvaliteta asseta;
- Ophodnja ceste;
- Održavanje objekata na željenom funkcionalnom i kvalitetnom nivou;



- Pravovremeno registriranje kraja vijeka objekta;
- Provođenje incidentmanagement-a tj. poduzimanje prvih mjera prilikom nesreće (privremena popravka kolovoza ili zaštitne ograde) zbog osiguravanja ponovne sigurnosti i protoka prometa.

Uz ove redovne mjere za održavanje, izvođač se obavezuje da izvršava i sljedeće dodatne radove koji po prirodi ne spadaju u redovno održavanje:

### 3.1.2 Dodatni radovi

Mjere u svrhu produženja vijeka trajanja kolovoza do planiranog momenta investicionog održavanja. Za ovu vrstu radova su tarife dogovorene, mjere definirane, a količine date indikativno.

Najavljene mjere za poboljšanje asseta (mjere za podizanje nivoa prometne sigurnosti, izgradnja faunatunela itd.)

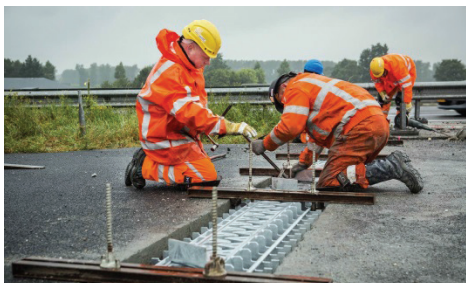
Za ovu vrstu radova tarife nisu dogovorene a mjere su globalno opisane.

Propisani radovi kao naprimjer rekonstrukcija odmorišta ili zamjena dijelova konstrukcije mosta. Za ovu vrstu radova su tarife dogovorene, mjere definirane, a budžet se naknadno rezervira.

### 3.1.3 Nepredviđeni radovi

I sam izvođač može na osnovu uvida u stanje asseta da da prijedlog za sprovođenje mjera koje ne spadaju u gore navedene a doprinose poboljšanju stanja asseta. Takav prijedlog se prvo tehnički pregleda i ocijeni a zatim se zatraže sredstva iz posebnog budžeta za nepredviđene troškove.

Takodjer iz registra žalbi i primjedbi korisnika ceste, mogu proisteći neke vrste nepredviđenih radova.



slika 3. Radovi na dilatacionoj razdjelnici

## 3.2 Periodično održavanje

Periodično ili investiciono održavanje se obavlja po isteku vijeka trajanja konstrukcije kolovoza i dijelova mosta. Mjere za periodično održavanje su

obnavljanje kolničke konstrukcije (svi nivoi) i dijelova mosta kao što su dilatacijske razdjelnice i asfalt na mostu.

Ovdje se radi o unaprijed isplaniranom održavanju koje je definirano u SLA i RUPS, tj. u dogovorima sa državnim i regionalnom upravom.

U proteklih nekoliko godina su ugovori za periodično održavanje podrazumijevali dogovorene tarife ali ne i količinu radova. Izvođač je na osnovu opisa oštećenja na Autocestama i mostovima (oštećenja su definirana u scope) sam izlazio na teren da izvrši inspekciju i definiše potrebne mjere a zatim predlagao niz mjera za investicijsko održavanje.

Pored ove vrste ugovora, postojalo je još i nekoliko drugih vrsta ugovora kao naprimjer povremeno angažiranje manjih firmi za održavanje. Različite vrste ugovora i odredbe nisu bile usklađene jedne s drugom i ovakvi ugovori su zahtijevali više kontrole nad izvođačima.

Na osnovu ovih iskustava u Rijkswaterstaat-u se javlja tendencija primjene uniformnih vrsta ugovora.

Tako je za period 2019-2020 za periodično održavanje sklopljena nova vrsta ugovora gdje je jasno određen scope i cijena. Izvođač može da predloži i dodatne mjere kako bi se poboljšao kvalitet asseta. Pri tom se predložene mjere porede sa podacima iz sistema RUPS s obzirom na planirani investicioni momenat za ove dodatne trajekte.

U mjere periodičnog ili investicijskog održavanja spadaju sve one mjere koje se u sklopu redovnog održavanja ne provode.



slika 4. Asfaltiranje autoceste

U slučaju da se istovremeno radi o investicijskom održavanju koje obuhvaća ne samo kolničke konstrukcije (na cesti ili mostu) nego i osvjetljenje, zaštitne ograde itd. onda se govori o rekonstrukciji autoceste.

### 3.3 Obavezna koordinacija između izvođača i radovi na cesti

Čest je slučaj da se 2 različita izvođača nađu na istoj dionici u isto vrijeme ali sa različitim vrstama ugovora i mjerama koje treba primijeniti. Oba izvođača su obavezna da se između sebe dogovore o planu izvođenja mjera održavanja.

Priroda mjera koje se u sklopu ugovora o redovnom održavanju izvode je takva da u većini slučajeva nije potrebno zatvoriti cijeli autocesta. Ove se mjere obično izvode noću i sa mjestimičnim suženjima autoceste.

Za mjere periodičnog održavanja je najčešće potrebno zatvoriti cijelu dionicu autoceste u jednom ili oba smjera, što može trajati i duže od uobičajenog jednog vikenda.

U distriktima postoje odjeljenja koja se bave kontrolom izvođačkih planova i određivanjem trenutaka zatvaranja Autoceste. Pri tom se poštuju kriteriji kao što su radovi na obližnjim Autocestama zbog mogućih zaobilaznica uz nužno garantiranje nivoa protoka prometa. Također se uzimaju u obzir i različiti događaji u okolini kao što su školski i državni praznici, politički događaji, event i slično.

Na osnovu dogovora iz SLA sa regionalnim upravama, upravljač ceste (distrikt) garantira odgovarajuću raspoloživost autoceste za vrijeme održavanja. Potom se publicira jednogodišnji plan radova kako bi korisnici na vrijeme bili informirani.

## 4 SPECIFIKACIJA UVJETA I AKTUALIZACIJA INFORMACIJA O ASSETU

Jedan od važnih koraka koji se mora izvesti prije nego što se izvođaču da zadatak za održavanje ili rekonstrukciju, je inventarizacija uvjeta koje postavljaju sve zainteresovane strane.

Ovi uvjeti se odnose na mjere koje izvođač treba da izvrši (tehnički i funkcionalni aspekt), na uvjete pod kojima se radovi izvršavaju (aspekti kao što su raspoloživost ceste, buka, zaobilaznice itd.) ali i na način predaje podataka o izvršenom poslu.

Samo aktualni, točni i kompletni podaci o assetu su pravi podaci!

Postoje različiti sistemi podataka koje izvođač mora ispuniti nakon završetka posla. Svi podaci o fizičkoj

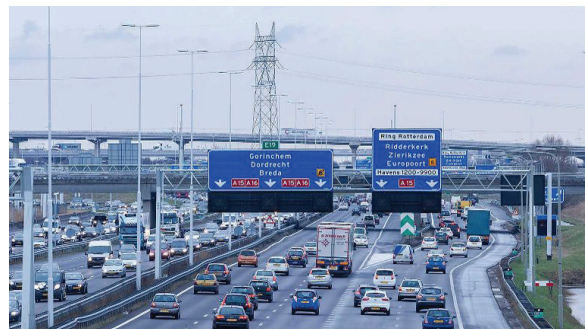
promjeni asseta moraju se unijeti u sisteme podataka.

Asset se obično mijenja nakon periodičnih radova i rekonstrukcija dok redovno održavanje u većini slučajeva ne dovodi do fizičke promjene asseta.

Proces kojim je opisana predaja podataka o završenom poslu zove se D.A.G. (Datamanagement Areaalgegevens GWW). U ovom procesu je opisano koje su odgovorne instance unutar jedne regije za prikupljanje i obradu podataka.

Izvođač za redovno održavanje je dužan da svaka 2 mjeseca prosljeđuje paket s novim podacima o assetu. Ti se podaci obrađuju i smještaju u data sistem. Potom se novi aktualizirani asset vraća izvođaču. Ovaj se proces obavlja svaka 2 mjeseca.

Izvođač za periodično održavanje ne koristi ovaj sistem nego ispunjava elektronski dosje gdje u posebne mape dodaje crteže, planove za održavanje i ostale podatke.



slika 5. Promet na A15 u blizini Rotterdama

## 5 ZAKLJUČAK

Rijkswaterstaat kao državna uprava Ministarstva za infrastrukturu i vode postoji duže od 200 godina i kontinuirano poboljšava svoje procedure. Rijkswaterstaat razvija i prilagođava svoje procese na osnovu stečenih vlastitih iskustava, ekonomske situacije i traženog sve višeg nivoa kvaliteta i sigurnosti prometa.

Tako se i procesi održavanja Autoceste i mostova kontinuirano optimizuju kako bi zadovoljili potrebe korisnika.

Slogan Rijkswaterstaat-a je: 'Svaki dan želimo i ostvarujemo bolje!'

## **LITERATURA**

[1] *Inspectiekader RWS*

*Datum 29 juni 2012, Versie 1.0. Nederland*

[2] *Handreiking toestandsrapportages  
prestatiecontracten*

*Datum 5 december 2018, Versie 1.2. Nederland*

[3] *Werkwijzer RWS  
Nederland*

[4] *Kader voor de prioritering van maatregelen voor  
de netwerken van RWS*

*Datum 22 oktober 2018, Versie 2.3. Nederland*



## Utjecaj prometne politike na prometna rješenja

**Antonijs Tišljars, dipl.ing.prometa**  
**stalni sudski vještak**  
[antonijo.tisljar@igh.hr](mailto:antonijo.tisljar@igh.hr)

**mr.sc. Slobodan Kljajić, dipl.ing.prometa**  
**revizor cestovne sigurnosti**  
[slobodan.kljajic@igh.hr](mailto:slobodan.kljajic@igh.hr)

Janka Rakuše 1  
10000 Zagreb, Hrvatska

### Sažetak

Razvoj događaja nakon promjene prometnog rješenja može se promatrati kroz više aspekata. Ponekad je neko rješenje samo sebi dostatno u smislu smanjenja gužve odnosno vremena čekanja. Vrijeme čekanja kao pojam nema neku osnovu za analizu jer samo po sebi zvuči negativno, međutim ako se ono preformulira u pojam ušteda vremena putovanja tada ono dobiva smisao i osnovicu za računanje.

Europska prometna politika vodi računa o uštedi putovanja i stimulira izradu projekata kojima se povećava ušteda putovanja.

### Ključne riječi

prometni projektant, prometni planer, prometno projektiranje, prometno planiranje, prometni inženjer, CBA analiza, prometna sigurnost

## The impact of transport policy on transport planning solutions

### Summary

The developments after the change of the traffic solution can be viewed through several aspects. Sometimes a solution alone is sufficient in terms of reducing crowds and waiting times. Waiting time as a term does not have some basis for analysis because it sounds negative in itself, however if it is re-formulated into the concept of saving travel time then it becomes meaningful and a basis for calculation.

European transport policy takes care of saving travel time and stimulates the development of projects that increase travel time savings.

### Key words

Traffic engineer, Traffic planner, Transportation planning, Traffic engineering, Traffic planning, CBA analysis, Traffic safety

## 1. Uvod

Zadnjih godina svjedoci smo povećanog obima prometa u gradovima na način da vršni sat količinom prometa sve manje odskače od ostalih dnevnih sati te prometne gužve postaju sastavni dio uobičajenog dana.

Događa se slučaj da su izvedene prometnice postale podkapacitirane, bez obzira što su u vrijeme izgradnje proračunom zadovoljavale tadašnje potrebe.

Ovim radom dan je osvrt na prometnu politiku „naše“ europske unije i jednostavnog prometnog rješenja koje zadovoljava mišljenja, odluke, uredbe i drugu „prometnu“ legislativu.

Kroz legislativu europske unije propisani su ciljevi koje bi u prometnom smislu trebalo zadovoljiti u budućim godinama i shodno tome rezerviraju se sredstva kojima se to može realizirati.

Detektiranjem prometnog kolapsa te analiziranjem ulaznih podataka sagledava se postojeće stanje i simulira prometna situacija nakon promjene prometnog rješenja. Ponekad je neko rješenje samo sebi dostatno u smislu smanjenja gužve odnosno vremena čekanja. Vrijeme čekanja kao pojam nema neku osnovu za analizu jer samo po sebi zvuči negativno, međutim ako se ono preformulira u pojam ušteda vremena putovanja, smanjenje ispušnih plinova tada ono dobiva smisao i osnovicu za računanje.

Europska prometna politika vodi računa o uštedi putovanja i stimulira izradu projekata / studija kojima se povećava ušteda i putovanja kroz dokumente prometne politike EU.

## 2. Osvrt na dokumente EU (mišljenja, odluke, uredbe, ciljeve..) <sup>1, 2</sup>

- EU je pozvala i međunarodna zajednica se složila na potrebu drastičnog smanjenja svjetskih emisija stakleničkih plinova, s ciljem ograničavanja klimatskih promjena ispod 2 ° C. Općenito, EU treba do 2050. smanjiti emisije za 80-95% ispod razine iz 1990. u kontekstu potrebnih smanjenja razvijenih zemalja kao grupe kako bi postigao taj cilj. Analiza Komisije<sup>3</sup> pokazuje da, iako se mogu postići dublji smanjenja u drugim sektorima gospodarstva, potrebno je smanjiti najmanje 60% stakleničkih plinova do 2050. u odnosu na 1990. iz prometnog sektora, što je značajno i još uvijek rastući izvor stakleničkih plinova. Do 2030. godine, cilj prometa bit će smanjiti emisije stakleničkih plinova na oko 20% ispod razine iz 2008. godine. S obzirom na značajno povećanje emisija iz prometa u posljednja dva desetljeća,
- Mnoge su europske tvrtke svjetski lideri u području infrastrukture, logistike, sustava upravljanja prometom i proizvodnji transportne opreme - ali kako druge svjetske regije pokreću ogromne, ambiciozne programe modernizacije prometa i investicijskih ulaganja u infrastrukturu, od presudnog je značaja da se europski promet nastavi razvijati i ulagati zadržati svoj konkurentski položaj.
- Infrastruktura oblikuje mobilnost. Nijedna veća promjena u prijevozu neće biti moguća bez podrške odgovarajuće mreže i više inteligencije u njezinu korištenju. Općenito, ulaganja u prometnu infrastrukturu imaju pozitivan utjecaj na gospodarski rast, stvaraju bogatstvo i radna mjesta te poboljšavaju trgovinu, geografsku dostupnost i mobilnost ljudi. To treba planirati na način koji maksimalizira pozitivan utjecaj na ekonomski rast i minimizira negativan utjecaj na okoliš.

---

<sup>1</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52011DC0144>

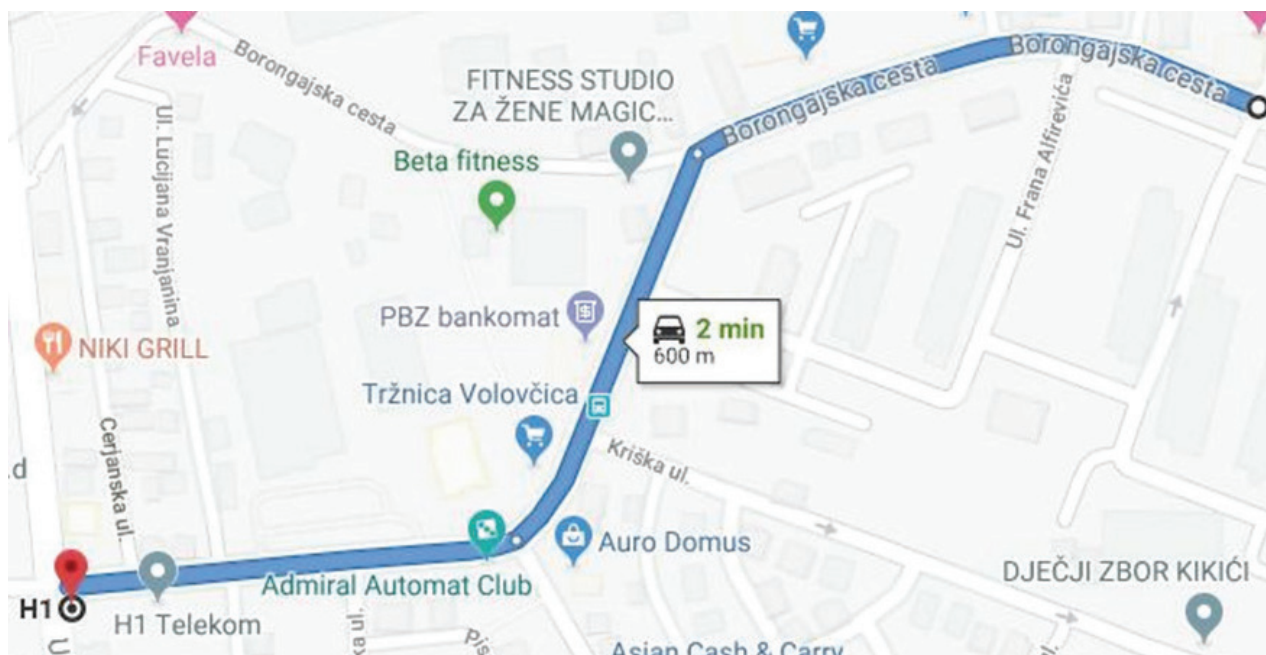
<sup>2</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013R1315>

<sup>3</sup> Cf. Commission Communication “A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050”, COM (2011)112.

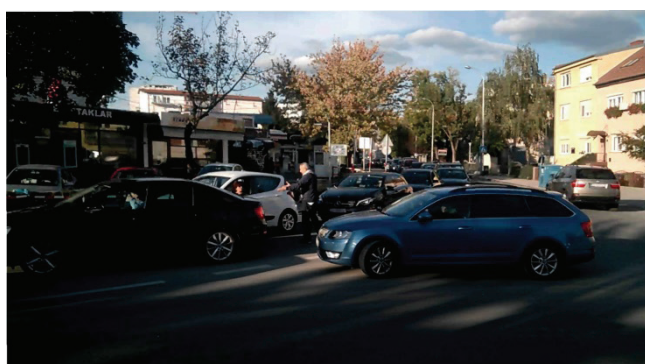
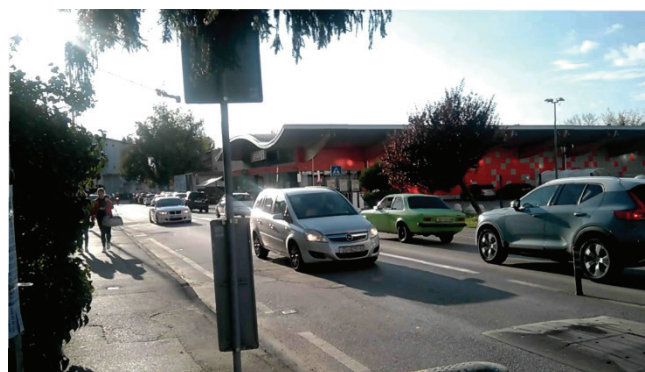


- Kvaliteta, dostupnost i pouzdanost prijevoznih usluga dobivat će sve veći značaj u narednim godinama, između ostalog zbog starenja stanovništva i potrebe promoviranja javnog prijevoza. Atraktivne frekvencije, udobnost, jednostavan pristup, pouzdanost usluga i intermodalna integracija glavne su karakteristike kvalitete usluge. Dostupnost podataka o vremenu putovanja i alternativnim mogućnostima usmjerenja jednako je važna za osiguravanje neprimjerene mobilnosti od vrata do vrata, kako za putnike, tako i za teret.
- Prometna istraživanja i inovacijska politika sve više trebaju na koherentan način podržavati razvoj i primjenu ključnih tehnologija potrebnih za razvoj prometnog sustava EU-a u moderan, učinkovit i prilagođen sustavu. Da bi bila učinkovitija, tehnološka istraživanja moraju biti nadopunjena sistemskim pristupom, brigom o infrastrukturnim i regulatornim zahtjevima, koordinacijom više aktera i velikim demonstracijskim projektima za poticanje preuzimanja tržišta. Komisija će izraditi strategiju za inovaciju i uvođenje u prometnom sektoru, u uskoj suradnji sa Strateškim planom energetske tehnologije (plan SET), identificirajući odgovarajuće instrumente upravljanja i financiranja, kako bi se osigurala brza primjena rezultata istraživanja.
- Odabir projekata prihvatljivih za financiranje iz EU-a mora odražavati tu viziju i dati veći naglasak na europsku dodanu vrijednost. Sufinancirani projekti trebali bi jednako odražavati potrebu za infrastrukturom koja minimizira utjecaj na okoliš, otpornom na mogući utjecaj klimatskih promjena i poboljšava sigurnost i sigurnost korisnika.
- Prometna infrastruktura treba promicati neometano kretanje i dostupnost svim korisnicima, posebice starijim ljudima, osobama smanjenje pokretljivosti i putnicima s invaliditetom.
- „Društveno-ekonomska analiza troškova i koristi” znači kvantificiranu ex ante ocjenu, koja se temelji na priznatoj metodologiji, vrijednosti projekta, uzimajući u obzir sve relevantne društvene, gospodarske troškove i koristi, troškove i koristi vezane uz klimu i okolišne troškove i koristi. Analiza troškova i koristi vezanih uz klimu i okolišnih troškova i koristi trebala bi se temeljiti na procjeni utjecaja na okoliš koja je provedena prema Direktivi 2011/92/EU;
- Učinkovito korištenje nove i postojeće infrastrukture,
- Dostupnost starijim ljudima, osobama smanjene pokretljivosti i putnicima s invaliditetom.

### 3. Postojeće stanje



Slika 1. Kartografski prikaz dužine formirane kolone <sup>4</sup>



Slika 2.- 5. Prikaz formirane kolone duge cca 600 m.

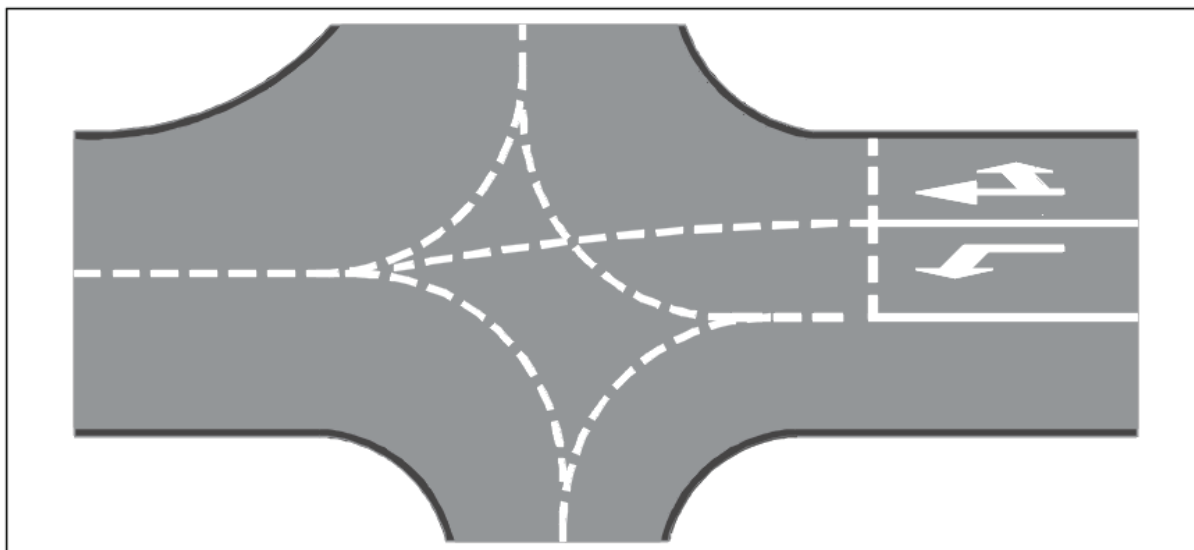
<sup>4</sup> <https://www.google.com/maps>

Trajanje semaforškog ciklusa iznosi 90 s.

Važno je napomenuti kako kroz predmetno raskrižje prolaze i vozila JGPP (autobusi).

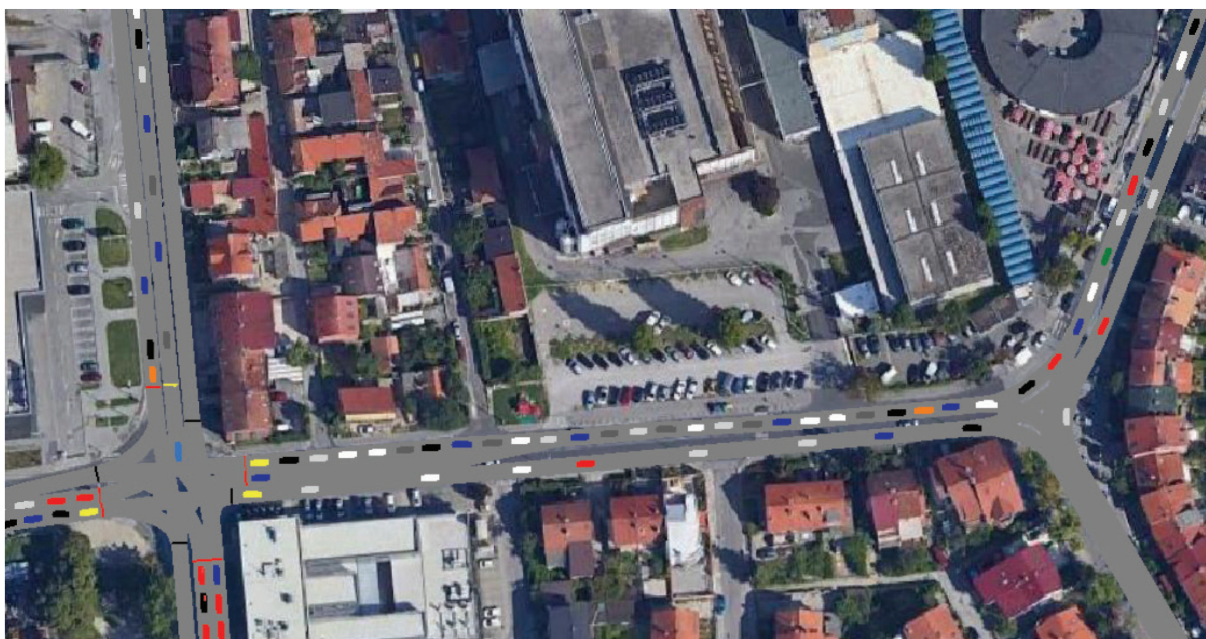
Na postojećem raskrižju analizom je uočena duga formirana kolona samo na jednom privozu sa dva prometna traka koji horizontalnom signalizacijom na dopušta sljedeća smjerove prometa:

- ravno i desno te
- lijevo.



Slika 6. Prikaz sadašnjeg vođenja prometnih tokova predmetnog privoza

Brojanjem prometa ustanovljeno je kako po jednom ciklusu prosječno jedno vozilo skreće lijevo.



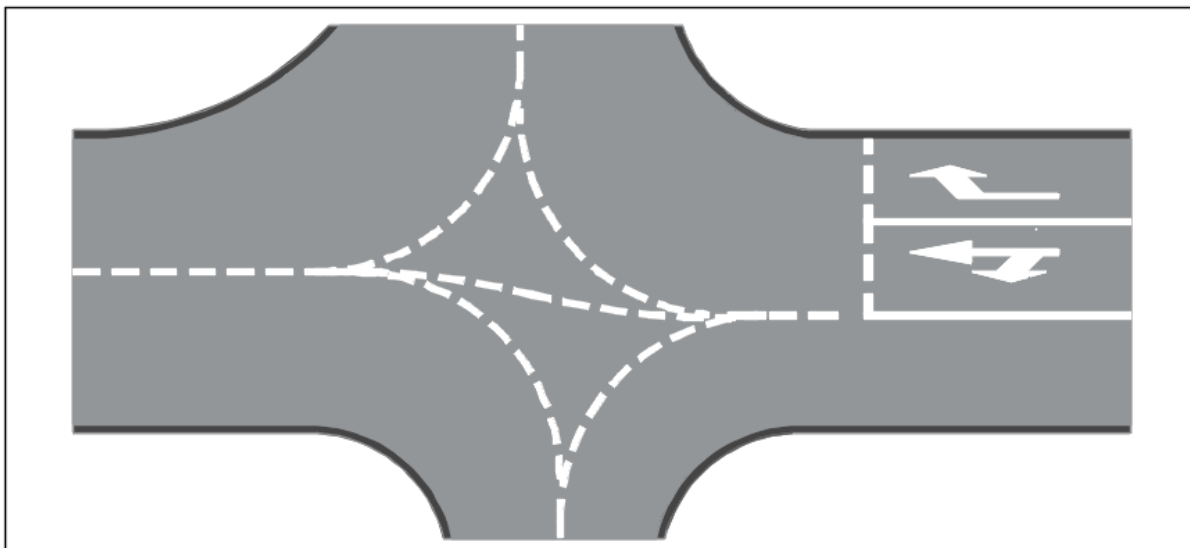
Slika 7. Simulacija postojećeg stanja



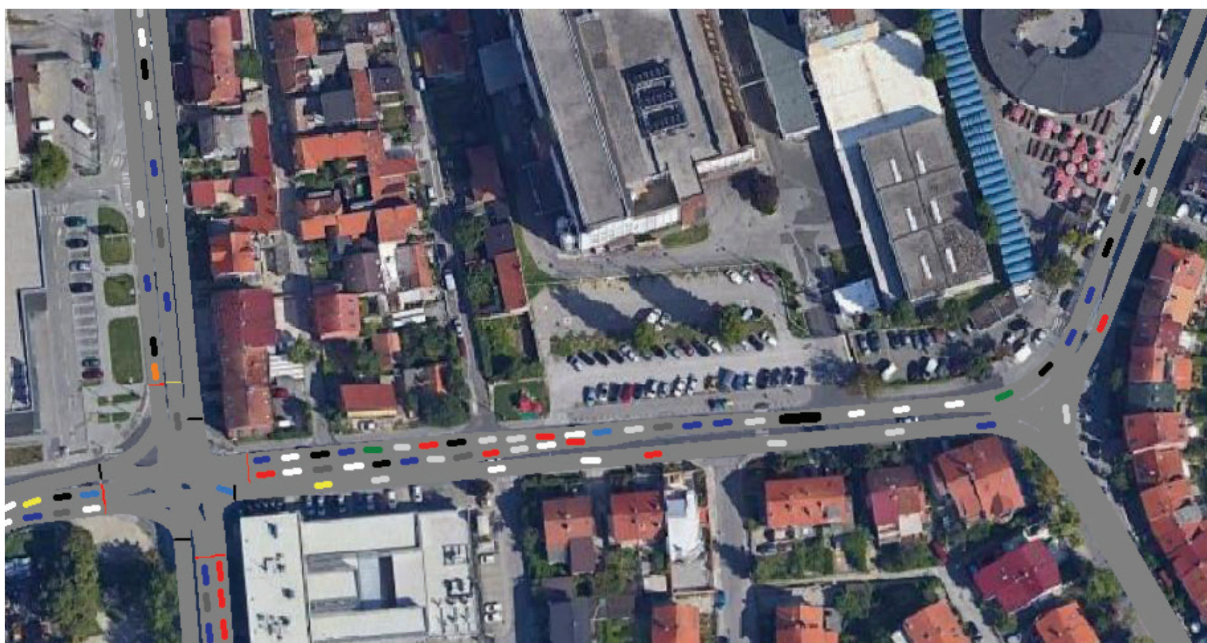
## 4. Predloženo stanje

Prenamjenom smjerova na istom privozu sa dva prometna traka te koji horizontalnom signalizacijom dopušta sljedeće smjerove prometa:

- desno te
- ravno i lijevo.



Slika 8. Prikaz predloženog vođenja prometnih tokova predmetnog privoza



Slika 9. Simulacija predloženog stanja

## 5. Simulacija prometnih tokova<sup>5</sup>

U ovom radu je za ocjenu funkcioniranja te usporedbu mjera efikasnosti prometnog sustava za postojeće i predloženo odvijanja prometa korišten simulacijski model.

Upotreba simulacijskih modela otvara mogućnosti provjeravanja i vrednovanja novih pristupa u vođenju prometa te predloženih rješenja prije nego što se nedostaci novih rješenja odraze na terenu.

Simulacija prometa kao metoda, odnosno alat za rješavanje prometne problematike ima prednosti u odnosu na empirijske metode i postojeće analitičke metode prije svega zbog slijedećih razloga:

- rezultati su na raspolaganju u kraćem vremenu;
- rezultati predstavljaju tzv. mjere učinkovitosti među kojima su najvažnije: zakašnjenje, duljina repa, prosječna brzina, broj zaustavljanja, potrošnja goriva i dr.;
- mjere učinkovitosti mogu se odrediti za pojedino vozilo na cestovnoj (uličnoj) mreži, a mogu se odnositi i na pojedinu dionicu ili pak na cijelu mrežu;
- rezultati se mogu dobiti u obliku tabelarnog ispisa te kao animirani (vizualni) prikaz odvijanja prometnih tokova na modeliranoj mreži prometnica;
- ideje, odnosno varijante se mogu provjeriti prije intervencije na samom terenu što omogućuje odbacivanje loših varijanti kao i usporedbu mjera efikasnosti „mogućih“ varijanti;
- simulacijom se mogu, sa zadovoljavajućom točnošću, predvidjeti događanja u prometu prilikom uvođenja novih mjera kontrole i upravljanja prometom te izbora prijevoznog sredstva kao i očekivanog porasta te preraspodjele prometnog opterećenja uslijed promjena u prometnoj infrastrukturi.

Dinamički prikaz odvijanja simulacije prometnih tokova tj. animacija na ekranu omogućava bolji uvid u događanja na određenoj cestovnoj mreži kako za sadašnje tako i za planirano stanje. Stoga je moguće unaprijed usporediti učinkovitost pojedinih analiziranih varijanti odvijanja prometnih tokova i pravovremeno pripremiti rješenja koja će osigurati povoljne uvjete za predviđeni rast prometa. Osim grafičkog prikaza, svi rezultati (mjere učinkovitosti) za pojedine dionice ili privoze dani su i u tabelarnom obliku s odgovarajućim statističkim parametrima (srednja vrijednost, standardna devijacija, varijanca, i dr.).

U ovom radu korišten je programski paket VISSIM.

Mikrosimulacijski programski alat VISSIM predstavlja stohastički (slučajni), diskretan (simulacija diskretnih događaja: izdvajanje samo onih vremenskih intervala u kojima su zabilježene promjene stanja te njihov prikaz u vrlo kratkom vremenu) vremenski prilagođen model. Model rabi psihofizičke karakteristike slijeda vozila (eng.: Car Following Model) u njihovom uzdužnom kretanju i algoritme koji se temelje na pravilima vožnje za vozila koja se uključuju iz sporednih pravaca. Koncipiran je na ideji koja proizlazi iz Wiedemannove teorije prometnog toka (Leutzbach W. & Wiedemann R., 1986; Wiedemann R., 1991; Wiedemann & Reiter, 1992) gdje je vrijeme reakcije "vozača" (kao i osnovni kinematički parametri: vrijeme, brzina, ubrzanje) prilagođeno pojedinom vozaču odnosno vozilu.

Na temelju dobivenih rezultata može se ocijeniti funkcioniranje promatranog sustava, a ujedno dobiveni rezultati mogu poslužiti i kao temelj za daljnju optimalizaciju odvijanja prometnih tokova na način da se svaka nova ideja i prijedlog rješenja (bez obzira da li se radi o intervenciji u prostoru ili o samom načinu regulacije prometa) mogu testirati na modelu prije

---

<sup>5</sup> Studija varijantnih rješenja; HRVATSKE CESTE d.o.o., TD 1079-P8-01-02



primjene na samom terenu.

Na kapacitet gradske ulične mreže najviše utječe kapacitet raskrižja te ona najčešće predstavljaju uska grla cestovnog prometnog sustava. Kvaliteta odvijanja prometnih tokova na raskrižjima se definira razinom usluge koja se određuje na temelju prosječnog produljenja trajanja putovanja uzrokovanog načinom kontrole raskrižja (semafor, stop znak i dr.), odnosno tzv. prosječnim zakašnjenjem vozila dok se ovdje radi samo o prenamjeni smjera prometne trake. Prosječna zakašnjenja za postojeće i planirano stanje odvijanja prometnih tokova za sve privoze raskrižja na području zahvata definiraju kvalitetu toka i razinu usluge te velika zakašnjenja ukazuju na kritična mjesta.

## 6. Socio-ekonomska analiza troškova i koristi

Za potrebe ocjene društveno-ekonomske koristi realizacije predmetnog zahvata, provedena je analiza pokazatelja ekonomske opravdanosti optimiziranja istočnog privoza raskrižju kroz izračun društveno-ekonomskih ušteda u vremenu putovanja.

Analiza je provedena prema „EC, Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects, December 2014, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020“ (EC Vodič kroz analizu troškova i koristi investicijskih projekata, prosinac 2014., Alat za ekonomsku procjenu Kohezijske politike 2014-2020), kao i „Smjernica za analizu troškova i koristi (Cost-Benefit Analysis-CBA) za projekte prometnica i željeznica“, travanj 2016.

Metodologija analize troškova i koristi bazira se na ocjeni dobrobiti koju projekt donosi korisnicima i široj društvenoj zajednici. Ključni segment ove analize je korištenje „cijena u sjeni“ koje odražavaju društvene oportunitetne troškove roba i usluga umjesto tržišnih cijena.

U nastavku će biti predstavljeni ulazni podaci za analizu općenito, polazeći od vremena putnika i tereta, operativnih troškova vozila, prometne sigurnosti i utjecaja na okoliš.

### "Sa" i "bez" predloženi scenariji

Uspoređujući ukupne troškove za slučaj bez realizacije i za slučaj gdje je prijedlog realiziran, moguće je odrediti neto ekonomske koristi investiranja u ovaj infrastrukturni objekt. Osnovna svrha ove društveno-ekonomske ocjene je odrediti sve troškove i koristi s aspekta države, te odrediti jesu li dobivene koristi barem toliko velike koliko i koristi od ulaganja u druge investicijske mogućnosti.

### Troškovi i koristi

Ocjena je provedena oduzimanjem troškova prijevoza na postojećoj mreži "s investicijom" od troškova koji se javljaju u slučaju "bez investicije" na postojećoj mreži. Varijanta "s investicijom" uključuje optimizaciju privoza predmetnog raskrižja.

Očekivane koristi od realizacije prijedloga su slijedeće:

- kraće vrijeme putovanja,
- manji operativni troškovi,
- smanjenje rizika od nesreća i
- smanjenje eksternih troškova.

## Diskontna stopa

Prema smjernicama Delegirane uredbe Komisije (EU) 2015/207 (Annex III), troškovi i koristi će biti diskontirani po stopi od 5% prema preporuci za Kohezijske zemlje kao što je Republika Hrvatska.

## Glavni parametri ekonomske analize troškova i koristi

Glavna svrha ekonomske analize je izračun ekonomskih pokazatelja prijedloga. To se obično radi s gledišta cijelog društva, tj. države. Analiza se provodi prema smjernicama razvijenim od Europske Komisije za ovakvu svrhu (The guide to cost-benefit analysis of investment projects, 2014 version, Directorate General Regional Policy).

Analiza uspoređuje dva scenarija:

- scenarij "s prijedlogom", koji uključuje realizaciju prijedloga;
- scenarij "bez prijedloga" koji pretpostavlja nastavak postojećeg stanja.

Provedena ekonomska analiza usmjerena je na vrednovanje profitabilnosti prijedloga u odnosu na uloženi kapital. Korištena je metodologija diskontiranog tijeka novca. Rezultati analize su izraženi u obliku sljedećih indikatora:

- neto sadašnja vrijednost (NPV), suma diskontiranih troškova i koristi. Ova vrijednost pokazuje u kojoj je mjeri prijedlog isplativ,
- omjer koristi i troškova (B/C Ratio) je omjer između diskontiranih ekonomskih koristi i troškova.

## Vrijednost vremena putnika

Vrijednost vremena putnika je bazirana na preporuci iz „Smjernica za Analizu troškova i koristi (Cost-Benefit Analysis - CBA) za projekte prometnica i željeznica“, MPPI, travanj 2016. godine. Osnovna vrijednost radnog vremena preuzeta je iz istraživanja EUROSTAT-a<sup>6</sup> za 2016. i iznosi 10,9 € po satu. Ovaj trošak uključuje bruto II osnovicu za plaću, kao i sve dodatne troškove za poslodavca. Vrijednost vremena provedenog u prijevozu za RH procijenjena je u Studiji „European wide meta-analysis of values of travel time – Final Report to the European Investment Bank“, University of Leeds, iz svibnja 2012. godine, na razini od 32% vrijednosti sata radnog vremena. Koristeći taj pristup, vrijednost vremena provedenog u prijevozu do posla iznosi 3,49 € po satu. Prema istoj Studiji vrijednost vremena provedenog u prijevozu do posla veća je za 16% od neradnog vremena, čija vrijednost prema tome iznosi 3,01 € po satu. Tijekom projektnog razdoblja ove vrijednosti su prilagođavane rastu BDP-a per capita s elasticitetom od 0,8 prema preporuci iz Smjernica. Prema istraživanjima provedenim za izradu ove Studije procijenjena je prosječna struktura putovanja prema svrhama: 20% su poslovna putovanja, 50% su putovanja na posao i s posla, te 30% predstavljaju ostala putovanja. Također je istraživanjima procijenjena prosječna zaposjednutost vozila od 1,5 putnika prosječno po osobnom vozilu i 30 putnika prosječno po autobusu.

Ovakvim pristupom izračunate uštede u vremenu putovanja, samo od promjene rasporeda prometnih trakova na Planinskoj ulici za smjer kretanja vozila iz pravca istoka, iznose 3.006 € (22.500 Kn) godišnje ili 70.196 € (450.900 Kn) u 20-godišnjem razdoblju.

---

<sup>6</sup> [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Labour\\_costs\\_per\\_hour\\_in\\_euro,\\_whole\\_economy\\_\(excluding\\_agriculture\\_and\\_public\\_administration\)\\_T1.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Labour_costs_per_hour_in_euro,_whole_economy_(excluding_agriculture_and_public_administration)_T1.png)

Procijenjeni troškovi za uređenje okomite i vodoravne signalizacije ne bi smjeli prelaziti iznos od 4.000 Kn.

### Korekcija vrijednosti vremena putovanja vezano za rast BDP-a

Podatci u narednoj tablici temelje se na ekonomskoj prognozi Europske komisije za Republiku Hrvatsku<sup>7</sup> i statističkim podacima iz publikacije Državnog zavoda za statistiku - Hrvatska u brojkama 2016<sup>8</sup>, te procjeni izrađivača.

Tablica 1. Faktori korekcije vremena putnika

| Godina | Rast BDP-a per capita s elasticitetom 0,8 (%) | Faktor korekcije u odnosu na baznu godinu |
|--------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 2020.  | 1,6                                           | 1,000                                     |
| 2021.  | 1,6                                           | 1,016                                     |
| 2022.  | 1,6                                           | 1,032                                     |
| 2023.  | 1,6                                           | 1,049                                     |
| 2024.  | 1,6                                           | 1,066                                     |
| 2025.  | 1,6                                           | 1,083                                     |
| 2026.  | 1,6                                           | 1,100                                     |
| 2027.  | 1,6                                           | 1,118                                     |
| 2028.  | 1,6                                           | 1,135                                     |
| 2029.  | 1,6                                           | 1,154                                     |
| 2030.  | 1,6                                           | 1,172                                     |
| 2031.  | 1,6                                           | 1,191                                     |
| 2032.  | 1,6                                           | 1,210                                     |
| 2033.  | 1,6                                           | 1,229                                     |
| 2034.  | 1,6                                           | 1,249                                     |
| 2035.  | 1,6                                           | 1,269                                     |
| 2036.  | 1,6                                           | 1,289                                     |
| 2037.  | 1,6                                           | 1,310                                     |
| 2038.  | 1,6                                           | 1,331                                     |
| 2039.  | 1,6                                           | 1,352                                     |

Rast je relativno skroman, tako da je i sama procjena budućih vrijednosti vremena relativno konzervativna.

<sup>7</sup> <https://tradingeconomics.com/croatia/gdp-per-capita/forecast>

<sup>8</sup> [https://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/CroInFig/croinfig\\_2016.pdf](https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/CroInFig/croinfig_2016.pdf)

## 7. Zaključak

U skladu s naprijed navedenim izračunata je neto sadašnja vrijednost ulaganja za 20-godišnje projektno razdoblje prema smjernicama *EC Vodič kroz analizu troškova i koristi investicijskih projekata, prosinac 2014., Alat za ekonomsku procjenu Kohezijske politike 2014-2020.*

Trošak investicije procijenjen je na 4.000 Kn u 1 godini, te u 10 godini. U navedenu investiciju uračunati su troškovi postavljanja okomite i vodoravne signalizacije. U ostalim godinama projektnog razdoblja predviđen je trošak od 2.000 Kn godišnje za obnovu vodoravne signalizacije.

Tablica 2. Sadašnja ekonomska neto vrijednost

| Godina | Koristi zbog ušteda u vremenu putovanja | Investicijski troškovi | Uštede        |                      |
|--------|-----------------------------------------|------------------------|---------------|----------------------|
| 2020.  | 22.544,10 kn                            | 4.000,00 kn            | 18.544,10 kn  |                      |
| 2021.  | 22.904,81 kn                            | 2.032,00 kn            | 20.872,81 kn  |                      |
| 2022.  | 23.271,28 kn                            | 2.064,00 kn            | 21.207,28 kn  |                      |
| 2023.  | 23.643,62 kn                            | 2.098,00 kn            | 21.545,62 kn  |                      |
| 2024.  | 24.021,92 kn                            | 2.132,00 kn            | 21.889,92 kn  |                      |
| 2025.  | 24.406,27 kn                            | 2.166,00 kn            | 22.240,27 kn  |                      |
| 2026.  | 24.796,77 kn                            | 2.200,00 kn            | 22.596,77 kn  |                      |
| 2027.  | 25.193,52 kn                            | 2.236,00 kn            | 22.957,52 kn  |                      |
| 2028.  | 25.596,62 kn                            | 2.270,00 kn            | 23.326,62 kn  |                      |
| 2029.  | 26.006,16 kn                            | 4.616,00 kn            | 21.390,16 kn  |                      |
| 2030.  | 26.422,26 kn                            | 2.344,00 kn            | 24.078,26 kn  |                      |
| 2031.  | 26.845,02 kn                            | 2.382,00 kn            | 24.463,02 kn  |                      |
| 2032.  | 27.274,54 kn                            | 2.420,00 kn            | 24.854,54 kn  |                      |
| 2033.  | 27.710,93 kn                            | 2.458,00 kn            | 25.252,93 kn  |                      |
| 2034.  | 28.154,31 kn                            | 2.498,00 kn            | 25.656,31 kn  |                      |
| 2035.  | 28.604,78 kn                            | 2.538,00 kn            | 26.066,78 kn  |                      |
| 2036.  | 29.062,45 kn                            | 2.578,00 kn            | 26.484,45 kn  |                      |
| 2037.  | 29.527,45 kn                            | 2.620,00 kn            | 26.907,45 kn  |                      |
| 2038.  | 29.999,89 kn                            | 2.662,00 kn            | 27.337,89 kn  |                      |
| 2039.  | 30.479,89 kn                            | 2.704,00 kn            | 27.775,89 kn  | ENPV                 |
|        | 526.466,62 kn                           | 51.018,00 kn           | 475.448,62 kn | <b>288.092,46 kn</b> |

Izračunata pozitivna ekonomska neto sadašnja vrijednost ENPV uz diskontnu stopu od 5% iznosi 288.092 Kn što prikazuje kako se realizacijom navedenog prijedloga ostvaruje opća

društvena korist. Također omjer troškova i koristi B/C pokazuje značajnu društvenu korist u odnosu na investiciju, te iznosi 10,09.

Treba naglasiti kako se osim navedenih ušteda u vremenu putovanja, čiji se udio u svim uštedama kreće znatno više od 50% kad je cestovna infrastruktura u pitanju, očekuju i smanjenja negativnih utjecaja na okoliš (kao što je npr. emisija CO<sub>2</sub> zbog utjecaja na klimatske promjene), smanjenja operativnih troškova vozila, te vjerojatno i povećanje sigurnosti cestovnog prometa.

Ovakva jedna jednostavna analiza troškova i koristi koja je u skladu s metodologijom zahtijevanom od strane Europske Komisije, pokazuje kako se određenim jednostavnijim zahvatima poboljšanja pojedinih elemenata prometnog sustava, mogu ostvariti značajne društveno-ekonomske koristi u odnosu na trošak realizacije zahvata.

Samo izmjenom prometnih traka utječe se i ne samo na društveno ekonomsku korist nego i na ostale definirane ciljeve koji su važni za EU, a koji ovdje nisu izračunati.

## 8. Literatura

- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52011DC0144>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013R1315>
- Cf. Commission Communication “A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050”, COM (2011)112.
- <https://www.google.com/maps>
- Studija varijantnih rješenja; HRVATSKE CESTE d.o.o., TD 1079-P8-01-02
- [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Labour\\_costs\\_per\\_hour\\_in\\_euro,\\_whole\\_economy\\_\(excluding\\_agriculture\\_and\\_public\\_administration\)\\_T1.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Labour_costs_per_hour_in_euro,_whole_economy_(excluding_agriculture_and_public_administration)_T1.png)
- <https://tradingeconomics.com/croatia/gdp-per-capita/forecast>
- [https://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/CroInFig/croinfig\\_2016.pdf](https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/CroInFig/croinfig_2016.pdf)



# **Modalna razdioba putovanja – utjecajni faktori (Influencing Factors of Modal Split)**

Autori:

**doc. dr. sc. Marko Ševrović**

E-mail: marko.sevrovic@fpz.hr

Fakultet prometnih znanosti,  
Zavod za prometno planiranje,  
Vukelićeva 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

**doc. dr. sc. Marko Šoštarić**

E-mail: marko.sostaric@fpz.hr

Fakultet prometnih znanosti,  
Zavod za prometno planiranje,  
Vukelićeva 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

**Dijana Beganović, mag. ing. traff.**

E-mail: dijana.beganovic@fpz.hr

Fakultet prometnih znanosti,  
Zavod za prometno planiranje,  
Vukelićeva 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

**Ivica Krajnović, mag. ing. traff.**

E-mail: ikrajnovic@fpz.hr

Fakultet prometnih znanosti,  
Zavod za prometno planiranje,  
Vukelićeva 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

**Mateo Uravić, mag. ing. traff.**

E-mail: muravic@fpz.hr

Fakultet prometnih znanosti,  
Zavod za prometno planiranje,  
Vukelićeva 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

## **Sažetak**

Procjena modalne razdiobe putovanja je ciljana vrijednost koju određuju prometni planeri. Stoga su ponuda javnog prijevoza, postojeća prometna mreža i sadašnje vrijednosti modalne razdiobe neki od karakterističnih faktora područja koje treba uzeti u obzir pri odlukama.

Svrha rada je prikazati utjecajne faktore na modalnu razdiobu putovanja u prometu. Analizom dosadašnjih istraživanja zaključeno je da su planirani projekti

ključne mjere za procjenu vrijednosti modalne razdiobe u budućem razdoblju, a kroz koje je potrebno definirati modove putovanja koji će se poticati. Zadovoljstvo korisnika se povećava te ih se potiče na korištenje onog oblika prijevoza kojem se pridaje najviše pažnje kroz ulaganja. Sve češća praksa kod izrade prometnih modela je prikupljanje podataka o psihološkim značajkama korisnika u putovanjima jer su stavovi prema izboru moda prijevoza dio percepcije i motivacije korisnika.

Daljnjom analizom utjecajnih faktora zaključeno je da je povećanje javnog prijevoza u ukupnoj modalnoj razdiobi rezultat poticanja održivih oblika prometa, no samo u slučaju paralelne provedbe destimulacijskih mjera motoriziranog prometa.

*Ključne riječi - modalna razdioba putovanja, psihološke značajke korisnika, faktori utjecaja, održivi oblici prometa*

## **Abstract**

Modal split estimation is a target value determined by traffic planners. Therefore, public transport supply, existing transport network and present modal split values are some of the characteristic values of areas which need to be considered in decisions.

The purpose of this paper is to present the influencing factors on the modal distribution of travel in traffic. Former research analysis concluded that the planned projects are the key measures for estimating the value of modal distribution in the future, and through which it is necessary to define the modes of transport that will be encouraged. User satisfaction is increased, and they are encouraged to use the mode of transport that receives the most attention through investments. An increasingly common practice in traffic model development is the collection of data on the psychological characteristics of users in travels, as attitudes towards the choice of mode of transport are part of users' perception and motivation.

Further analysis of the influencing factors concluded that the increase in public transport in the overall modal distribution was the result of encouraging sustainable modes of transport, but only in the case of parallel implementation of the motorized traffic disincentives.

*Key words - modal split, psychological characteristics of users, influence factors, sustainable forms of transport*

## **1. Uvod**

Procjena modalne razdiobe putovanja jedna je od ciljanih vrijednosti koju određuju prometni planeri. Pri odlukama u obzir treba uzeti utjecajne faktore koji su karakteristični za to područje (ponuda javnog prijevoza, postojeća prometna mreža, sadašnje vrijednosti modalne razdiobe). Procjena buduće modalne razdiobe prvenstveno se temelji na trenutnim podacima. Procjene bi trebale biti optimistične za povećanje udjela održivih oblika putovanja, ali u onom postotku kojeg se može postići u narednom razdoblju. U obzir treba uzeti planirane projekte za razdoblje za koje se

rade procjene te sve ostale faktore koji svojim svojstvima i promjenama djeluju na konačnu odluku korisnika za izbor načina putovanja. Najčešće su to prostorne značajke, demografske, socioekonomske i psihološke značajke te strateške odluke.

Značajke prostora i stanje infrastrukture su prve koje se uzimaju u obzir [1] [2] [3]. Najčešće se promatrano područje promatra kroz zone namjene (stambene, gospodarske, obrazovne). Drugi utjecajni faktor su demografske i socioekonomske značajke (BDP, broj zaposlenih). Jedan od najvažnijih utjecajnih faktora je postojeća ponuda javnog prijevoza. Unutar ponude promatra se vrijeme dolaska vozila javnog prijevoza [4], udobnost, integracija [5], cijene karata te usluge informiranja [2]. Smatra se da će modalni udio javnog prijevoza biti viši ako se utječe na kvalitetniju ponudu javnog prijevoza [6]. Stavovi prema izboru putovanja dio su percepcije i motivacije korisnika te se sve češće pridaje pažnja istraživanju psiholoških značajki korisnika u putovanjima. Podaci o korisničkim navikama i ponašanjima su složeni za prikupljanje i analizu, ali su temeljni zahtjev za izradu svakog prometnog modela [7].

Mjere koje su ključne za procijenjene vrijednosti modalne razdiobe u budućem razdoblju svakako su planirani projekti. Korisnici reagiraju na poboljšanja te ih se potiče na korištenje onog oblika prijevoza kojem se pridaje najviše pažnje kroz ulaganja [8] [9] [10]. Kroz prometne projekte potrebno je detaljno definirati što se želi postići te koji se modovi putovanja žele poticati. Dokazano je da se primjenom viših cijena cestarina za osobne automobile može utjecati na promjene u modalnoj razdiobi u korist javnog gradskog prijevoza (autobusnog), ali je isto tako dokazano da to nema utjecaja na javni prijevoz na duge udaljenosti (željeznica, međugradski autobusi) [11] [12]. U europskim gradovima analiza je pokazala da su najznačajniji faktori utjecaja: broj vlasnika automobila, BDP i broj studenata [13]. Na temelju analize utjecajnih faktora može se zaključiti da mjere poticanja održivih oblika putovanja mogu rezultirati promjenama u ukupnoj modalnoj razdiobi u korist javnog prijevoza samo ako se paralelno provode destimulacijske mjere automobilskeg prometa [14]. Stoga planeri trebaju biti oprezni pri donošenju kratkoročnih i dugoročnih ciljeva u modalnoj razdiobi jer ako se u budućnosti očekuju nagle promjene (političke, prostorne) procjene bi mogle biti netočne.

## **2. Modalna razdioba putovanja**

Modalna raspodjela tj. modalna razdioba putovanja (tzv. Modal Split ili Modal Share), može se definirati kao skup više različitih modaliteta prijevoza kao što su pješaćenje, bicikl, automobil i javni prijevoz (autobus, tramvaj, vlak, metro, itd.) koje ljudi koriste za jedno putovanje od njihova izvorišta do odredišta. Unutar jednog putovanja korisnik može promijeniti više modaliteta prijevoza zbog čega je potrebno točno definirati razinu multimodalnosti radi dobivanja relevantnih podataka. U znanstvenom istraživanju još uvijek ne postoji jedinstveni pristup za proračun modalne razdiobe što otežava komparaciju i valorizaciju rezultata. Zbog toga precizno determiniranje utjecajnih faktora predstavlja veoma složen proces. Bez obzira na to modalna razdioba putovanja predstavlja važan čimbenik prilikom planiranja održivog prometnog sustava, osobito u urbanim sredinama. Današnji način života zahtijeva sverastuću svakodnevnu prostorno-vremensku distribuciju stanovništva i dobara, čime

se javlja povećana prijevozna potražnja. Zadovoljavanje te potražnje isključivo kroz individualni cestovni promet dovelo je do porasta broja osobnih vozila i sve većih negativnih utjecaja takve prometne politike. Prema navedenom, u većini gradova je udio putovanja osobnim automobilom neproporcionalno veći u odnosu na pješачenje, bicikliranje i javni prijevoz. Razlog tome je dizajniranje gradova i prometne infrastrukture u korist cestovnog prometa marginalizirajući pritom ostale oblike prometovanja. Potreba za energetsom, ekološkom i ekonomskom racionalizacijom prometnog sustava zahtjeva potpuno novi pristup u rješavanju prometnih problema u urbanim sredinama. Iz tog razloga posljednjih godina mnogim gradovima je cilj postizanje uravnoteženih vrijednosti modalne raspodjele u korist nemotoriziranog prometa i javnog gradskog prijevoza. Primjer održive modalne razdiobe je da se samo 1/3 putovanja na području grada obavlja osobnim automobilom, a ostalih 2/3 održivim oblicima prometovanja.

### 3. Utjecajni faktori

Karakteristični faktori određenog područja koji imaju značajan utjecaj na modalnu raspodjelu putovanja u gradovima su:

1. prostorne značajke i stanje infrastrukture (stambene, gospodarske, obrazovne zone namjene)
2. demografske i socioekonomske značajke (BDP, broj zaposlenih, broj vlasnika automobila i broj studenata)
3. ponuda javnog prijevoza (dostupnost, pristupačnost, udobnost, integracija, cijene karata te usluge informiranja)
4. postojeća prometna mreža (cestovna, biciklistička, pješačka)
5. sadašnje vrijednosti modalne razdiobe
6. održivi oblici prometa (paralelna destimulacija automobilskeg prometa)
7. planirani projekti i sl.

Prostorne značajke i planiranje namjene zemljišta ima značajan utjecaj na modalnu razdiobu. Skandinavske zemlje, Nizozemska, Njemačka, Švicarska i Austrija koordinacijom planiranja namjene zemljišta s razvojem javnog prijevoza strogo kontroliraju namjenu zemljišta kojom ograničavaju širenje male gustoće i potiču kompaktan razvoj oko stajališta javnog prijevoza. Skandinavske zemlje kao i Nizozemska i Njemačka, koordiniraju planove namjene zemljišta između svih razina vlasti **Error! Reference source not found..**

Mnogi gradovi koriste održive strategije razvitka parkirnog sustava kako bi utjecali na modalnu razdiobu putovanja. Upravljanje parkirališnom politikom tako da se smanji broj uličnih parkirnih mjesta u središtima grada, povećaju cijena parkiranja i uvode vremenska ograničenja pokazalo se kao efikasan način za destimulaciju korištenja osobnih automobila. Prihodi ostvareni od naplate parkiranja mogu se koristiti za sufinanciranje razvitka održivih načina prometovanja. Politike i strategije kojima se promovira i potiče korištenje javnog gradskog prijevoza također imaju značajan utjecaj na izbor moda prijevoza. Kvantiteta i kvaliteta pruženih usluga igraju najznačajniju ulogu pri izboru javnog gradskog prijevoza. Većina gradova proširila je i povećala

uslugu javnog prijevoza od 1990. godine, proširila mrežu ruta, produljila radno vrijeme i osigurala češću uslugu. Također su modernizirana vozila i stajališta te optimizirani vozni redovi, cijene i rute različitih modova prijevoza i operatera što je omogućilo brže i jednostavnije transfere. Bolje informiranje korisnika o regionalnim, državnim i međunarodnim rutama, voznim redovima i cijenama također igra značajnu ulogu kao i informacije u stvarnom vremenu na željezničkim i autobusnim stajalištima te u vozilima javnog prijevoza. Popusti za djecu, studente i starije osobe su isto tako dobre stimulacijske mjere kao npr. znatno snižene mjesečne i godišnje karte dostupne svim skupinama korisnika. Većina velikih gradova imaju institucije javnog prijevoza koja integriraju cijene, prodaju karata, djelovanje i financiranje između operatora i jurisdikcija Integracija javnog prijevoza u cijeloj regiji **Error! Reference source not found..**

Naplaćivanje naknade zbog zagušenja u Londonu i Stockholmu motornim vozilima za vožnju u određenim središnjim gradskim zonama dobivaju se vrlo dobri rezultati smanjenja automobilskeg prometa. Također, u nekim njemačkim gradovima uvode se ekološke zone u koje je dopušten ulazak samo certificiranim vozilima s niskom razinom emisije. Ostale destimulacijske restrikcije usmjerene prema motoriziranom prometu su i ograničavanje brzine te smirivanja prometa. Stambene ulice u mnogim nizozemskim i njemačkim gradovima smiruju promet ograničavanjem brzine na 30 km/h ili manje, na 20 km/h u shared space zonama i do 7 km/h na nekim stambenim ulicama. Osim na autocestama i glavnim magistralama, ograničenje brzine na gradskim ulicama je uglavnom 50 km/h. Prostorna pokrivenost i organizacija cestovne mreže također jedan od utjecajnih faktora na odluku odabira načina putovanja. Autoceste rijetko prodiru u gradska središta, a mnoge ceste u naseljima obeshrabruju tranzitni promet ograničavanjem brzine od 30 km/h i projektno-oblikovnim elementima poput sužavanja ceste i postavljanja zavoja, šikana, uspornika prometa, povišenih raskrižja i sl. **Error! Reference source not found..**

Utjecaj na modalnu razdiobu putovanja imaju i mjere unaprjeđenja nemotoriziranog prometa. Jedna od takvih mjera je uvođenje zona bez automobila pa su tako mnogi gradski centri pretvoreni u prostore usmjerene na pješake gdje je zabranjen ulaz automobilima za koje su osigurane parkirališne garaže na periferiji grada. Smirivanje brzine motoriziranog prometa pozitivno utječe na poticanje pješčenja i bicikliranja. Osim toga, povećanje broja pješaka i biciklista može se postići revitalizacijom urbanog prostora i uvođenjem raznih javnih sadržaja za korisnike. Relevantni utjecajni faktori za odabir bicikla kao prijevoznog sredstva uključuju širenje mreže biciklističkih staza i traka, unaprjeđenje prometne signalizacije, uvođenje javnih parkirališta za bicikle, servisne stanice i sl. Uz navedeno bitna je i integracija s javnim prijevozom, a pješačke i biciklističke rute trebale bi voditi do stajališta javnog prijevoza uz koje je moguće parkiranje bicikala. Prometna edukacija, posebno u sjevernim europskim gradovima, nudi se u mnogim školama s naglaskom na sigurno pješčenje i vožnju biciklom od kuće do škole **Error! Reference source not found..**

Iako se relativno malo spominje, važan utjecajni faktor na modalnu razdiobu putovanja je i cijena goriva. Na ograničenje upotrebe automobila djelomično utječe cijena goriva. U 2015. godini, maloprodajna cijena goriva u većini zapadnih europskih zemalja bila je dvostruko viša od cijene goriva u SAD-u, a na više od polovice



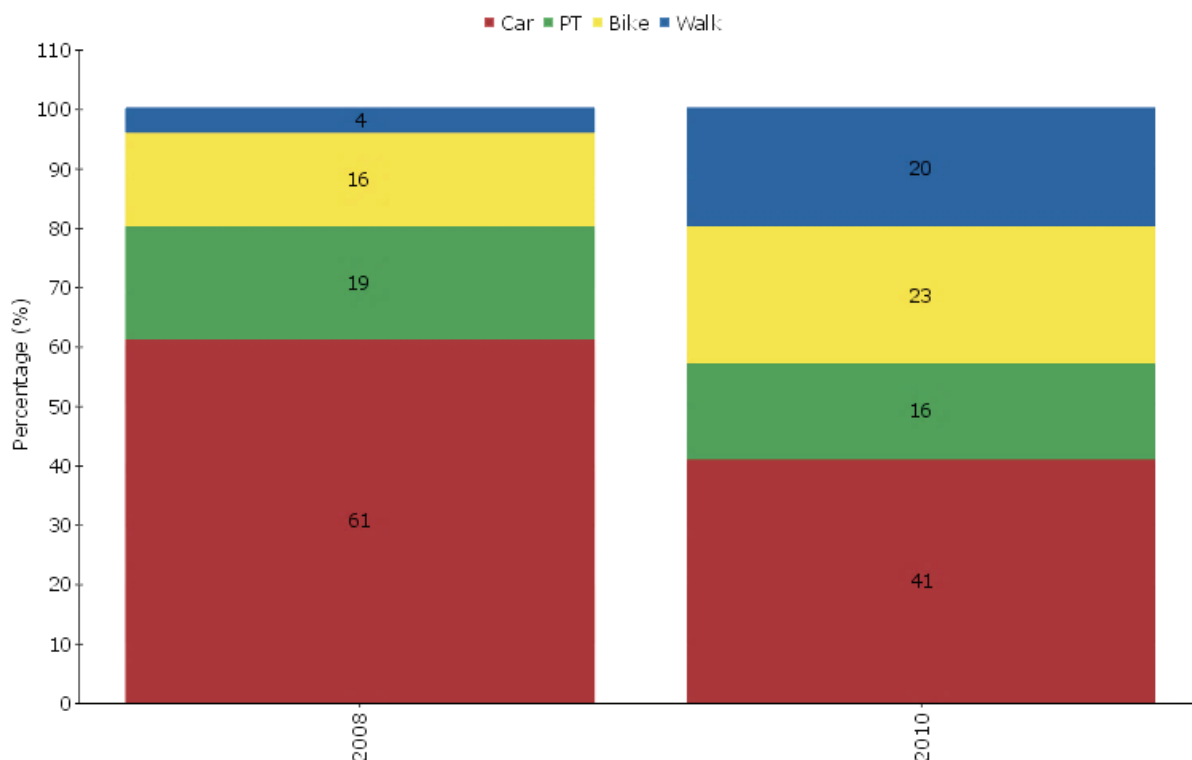
maloprodajne cijene utjecali su porezi. Nadalje, jedan od načina smanjenja broja osobnih automobila u gradovima je strogo i skupo osposobljavanje kandidata za vozače te probne vozačke dozvole za mlade vozače. Ostvarivanjem većih prihoda od poreza i naknada za korisnike cesta od rashoda cesta moguće je osigurati važan izvor prihoda svake europske nacionalne vlade. **Error! Reference source not found..**

U svrhu jasnijeg definiranja modalne razdiobe i prikaza njezinih utjecajnih faktora analizirana su tri europska grada: Antwerpen, Beč i Graz.

### 3.1. Antwerpen, Belgija

Strategija i politika prometnog razvoja grada Antwerpena u Belgiji opisana je u Urbanističkom razvojnom planu koji se sastoji od Plana mobilnosti (Masterplan 2020) te aktivne biciklističke politike (Plan biciklističke politike 2015.-2019.). Planom mobilnosti definiran je čitav niz mjera za smanjenje prometnog opterećenja, proširenje mreže javnog prijevoza putnika, izgradnju novih, sigurnih biciklističkih mreža te također mjera za razvoj vodnog prometa **Error! Reference source not found..**

Masterplanom je također postavljen vrlo specifičan cilj: do 2020. godine barem polovica cjelokupnog prometa u aglomeracije Antwerpena trebala bi se obavljati javnim prijevozom, pješice ili biciklom. Poticanje održivih oblika prometa kao što je izgradnja opsežne mreže biciklističkih staza i uvođenje sustava dijeljenja bicikala najveća su dostignuća Antwerpena u tom pogledu. Tu je još prisutstvo biciklističke kulture, osjećaj sigurnosti biciklista i uvažavanje biciklista u planiranim projektima obnove grada. Jasna politička volja, razvoj strategija i vizije, pružanje infrastrukture za pješaćenje i biciklizam, biciklistička kultura i svijest itd. su ključni čimbenici koji promiču pješaćenje i vožnju biciklom **Error! Reference source not found..**



Slika 1. Usporedba modalne razdiobe putovanja grada Antwerpena iz 2008. i 2010. godine

Izvor: **Error! Reference source not found.**

Antwerpen je glavna luka u Belgiji i na površini od 205 km<sup>2</sup> ima 506.000 stanovnika te 383 osobnih automobila na 1.000 stanovnika. Modalna razdioba putovanja u Antverpenu (slika 1.) za 2010. godinu prikazuje da je najveći udio putovanja (41%) obavljen osobnim automobilom. Zatim slijedi bicikl kao drugo najkorištenije prijevozno sredstvo (23% putovanja), pa pješčenje (20% putovanja) te javni prijevoz s najmanjim udjelom obavljenih putovanja 2010. godine (16%). Vidljiva je značajna razlika u izboru moda putovanja stanovnika grada Antwerpena u samo dvije godine. Prema slici jasno je vidljiva implementacija mjera zadanih prema strategiji Urbanističkog razvojnog plana. Udio automobila smanjio se za 20%, udio pješčenja povećan za čak 16% te bicikliranja za 7%, dok je udio javnog prijevoza pao za oko 3%.

### 3.2. Beč, Austrija

Grad Beč ima jasnu strategiju razvoja aktivne mobilnosti (javni prijevoz, pješčenje i biciklizam) utvrđenu Planom urbanog razvoja STEP 2025 i Planom urbane mobilnosti. Strategije navedene tim planovima temelje se na Nacionalnom masterplanu pješčenja i Nacionalnom masterplanu biciklizma koji uključuje brojne vrste ciljeva i mjera za poboljšanje infrastrukture te sigurnosti pješaka i biciklista. Za aktivnu promociju aktivne mobilnosti gradska uprava je 2011. osnovala Agenciju za mobilnost **Error! Reference source not found.**

Bečki program sigurnosti u cestovnom prometu ima za cilj prepoloviti broj prometnih nesreća do 2020. godine i dugoročnu viziju 0 smrtnih slučajeva. Bečki program zaštite klime postavio je cilj smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 21% po stanovniku do 2020. Kako je većina emisija stakleničkih plinova uzrokovana cestovnim prometom (1,68 milijuna tona CO<sub>2</sub> u 2006. godini), mobilnosti i gradskoj infrastrukturi daje se najveća važnost, točnije mjerama za smanjenje ili izbjegavanje prometa te prelasku na održive načine mobilnosti. Poticanje pješčenja i biciklizma omogućeno je strateškim razvojem, jasnom političkom voljom te pružanjem potrebne infrastrukture za pješčenje i biciklizam **Error! Reference source not found.**



Slika 2. Usporedba modalne razdiobe putovanja grada Beča u periodu od 1993. do 2016. godine

Izvor: **Error! Reference source not found.**

Glavni grad Austrije, Beč, na površini od 415 km<sup>2</sup> ima 1.840.226 stanovnika te 372,5 automobila na 1.000 stanovnika. Slikom 2. prikazana je modalna razdioba putovanja za period od 1993. do 2016. godine. Sa slike je vidljivo da je najveći udio putovanja 2016. godine objavljen javnim prijevozom (39% putovanja), zatim slijedi pješaćenje i putovanja osobnim automobilom (jednak udio od 27% putovanja) te na zadnjem mjestu biciklizam (7% putovanja). Od 1993. godine vidljivo je smanjenje korištenja osobnog automobila za 13%, udio pješaćenja se također smanjio za 1%, dok je udio javnog prijevoza povećan za 10% i udio biciklizma za 4%.

### 3.3. Graz, Austrija

S 250.000 stanovnika i 40.000 studenata, Graz je drugi najveći grad u Austriji i svakim danom oko 130.000 ljudi gravitira prema gradu. Rezultat toga su sve veća prometna zagušenja koja za sobom nose brojne negativne učinke. Čelnici grada prepoznali su utjecaj parkirne politike u formiranju održivog prometnog sustava te su 2004. godine krenuli s reorganizacijom i proširenjem zone naplate parkiranja s ciljem smanjenja udjela motornih vozila na području grada.

Strategija razvoja parkirne politike grada Graza u koordinaciji je s ostalim mjerama razvoja održivog prometnog sustava koji su objedinjeni u integriranoj prometnoj strategiji pod nazivom „Space for people“.

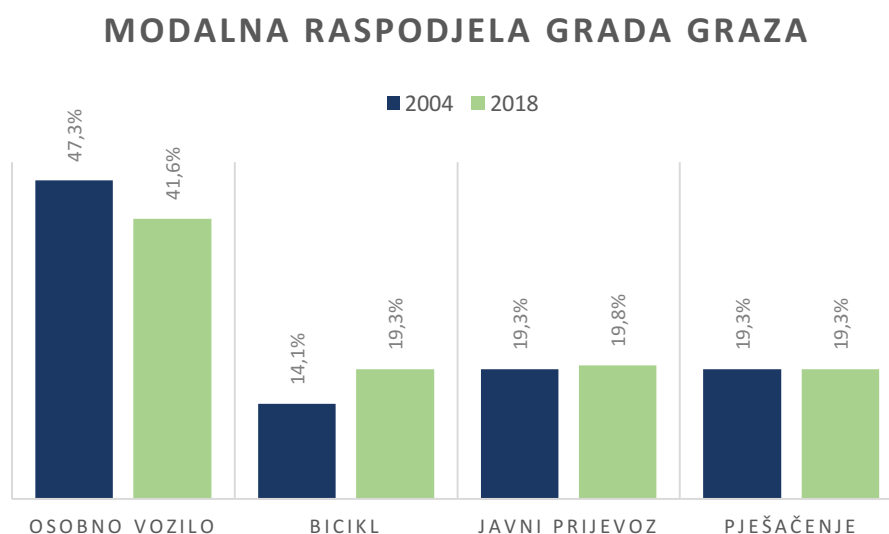
Sažeti prikaz provedenih mjera iz strategije:

- uvedena je zona nemotoriziranog prometa u strogom centru grada
- potpuna zabrana parkiranja na većem dijelu strogog centra grada
- nadzor i provođenje naplate parkiranja dodijeljeno je privatnoj tvrtki

U 2014. godini prihodi od parkirnog sustava u gradu Grazu iznosili su 182.000.000 kn od čega 136.700.000 kn od naplate parkiranja, a ostatak od kazni. Nakon podmirenja svih rashoda oko 28.000.000 kn je uloženo u park & ride sustave i unaprjeđenje usluge javnog gradskog prijevoza.

Uz uvođenja naplate uličnog parkiranja izgrađeno je više podzemnih garaža u središtu grada s ciljem izmještanja uličnih parkirnih mjesta u svrhu oslobađanja prostora za pješake i bicikliste. Oko 2.000 uličnih parkirnih mjesta uklonjeno je iz središta grada.

Promjena modalne raspodjele putovanja provođenjem mjera unaprjeđenja održivog prometnog sustava u gradu Grazu prikazano je na slici (Slika 3 **Error! Reference source not found.**)



Slika 3. Usporedba modalne raspodjele grada Graza 2004. i 2018. godine  
Izvor: Izradio autor

Prema slici (Slika 3) ustanovljena je preraspodjela putovanja između osobnog vozila i bicikla. Putovanja osobnim vozilom smanjena su za 5,7%, dok su biciklistička putovanja porasla za 5,2%.

#### **4. Zaključak**

Modalna razdioba putovanja definira se kao skup različitih modaliteta prijevoza kao što su pješčenje, bicikl, automobil i javni prijevoz (autobus, tramvaj, vlak, metro, itd.) koje korisnici koriste za jedno putovanje od izvorišta do odredišta. Znanstvenici još uvijek nisu odredili jedinstveni pristup za proračun modalne razdiobe putovanja. Proizlazeći iz važnosti determinacije modalne razdiobe putovanja, u obzir treba uzeti karakteristične utjecajne faktore područja kao što su ponuda javnog prijevoza, postojeća prometna mreža, sadašnje vrijednosti modalne razdiobe, planirani projekti, infrastrukturne, prostorne, demografske, socioekonomske i psihološke značajke te strateške odluke i postojeće vrijednosti modalne razdiobe putovanja.

Zadovoljavanjem potražnje cestovnog prometa širenjem infrastrukture isključivo za individualni cestovni promet došlo je do negativnih utjecaja takve prometne politike. U većini gradova je udio putovanja pješčenjem, bicikliranjem i javnim prijevozom neproporcionalno manji u odnosu na osobni automobil. Iz tog razloga posljednjih godina mnogim gradovima je cilj postizanje uravnoteženih vrijednosti modalne raspodjele u korist nemotoriziranog prometa i javnog gradskog prijevoza.

Slijedom navedenog, kao faktori visokog utjecaja na modalnu razdiobu putovanja također se smatraju: cijena goriva, ograničenja brzine i mjere smirivanja prometa, parkirališne površine, osposobljavanje vozača, troškovi i prihodi cesta, naplaćivanje zagušenja, ekološke zone, kvantiteta i kvaliteta usluge JGP-a, informiranje korisnika, popusti, integracija područja, zone bez automobila, biciklistička i pješačka infrastruktura, integracija s JGP-om, proces planiranja i itd.

Zaključno, napravljena je analiza modalne razdiobe putovanja u 3 grada, u Antwerpenu, Beču i Grazu. Svaki grad ima svoju prometnu politiku koje su u suštini slične, a naglasak se daje na održive oblike prometa, na poboljšanje i izgradnju infrastrukture javnog prijevoza, pješačke i biciklističke infrastrukture te destimulaciju prometa osobnim automobilima. Prema priloženim grafikonima vidljiva je promjena udjela u izboru načina prijevoza u korist održivih oblika prometa u sva tri grada.



## Literatura

- [1] C. Robert, "Built environments and mode choice: toward a normative framework," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 7, no. 4, pp. 265–284, 2002.
- [2] N. Limtanakool, M. Dijst, and T. Schwanen, "The influence of socioeconomic characteristics, land use and travel time considerations on mode choice for medium- and longer-distance trips," *J. Transp. Geogr.*, vol. 14, no. 5, pp. 327–341, 2006.
- [3] R. Moeckel, R. Fussell, and R. Donnelly, "Mode choice modeling for long-distance travel," *Transp. Lett.*, vol. 7, no. 1, pp. 35–46, 2014.
- [4] L. J. Tian, H. Yang, and H. J. Huang, "Tradable credit schemes for managing bottleneck congestion and modal split with heterogeneous users," *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 54, pp. 1–13, 2013.
- [5] R. Mu, M. de Jong, B. Yu, and Z. Yang, "The future of the modal split in China's greenest city: Assessing options for integrating Dalian's fragmented public transport system," *Policy Soc.*, vol. 31, no. 1, pp. 51–71, 2012.
- [6] L. Mendiola and P. González, "Temporal dynamics in the relationship between land use factors and modal split in commuting: A local case study," *Land use policy*, vol. 77, no. July 2017, pp. 267–278, 2018.
- [7] K. I. Wong *et al.*, "Estimation of origin-destination matrices for a multimodal public transit network," *J. Adv. Transp.*, vol. 39, no. 2, pp. 139–168, 2005.
- [8] F. Zhang, N. Zheng, H. Yang, and N. Geroliminis, "A systematic analysis of multimodal transport systems with road space distribution and responsive bus service," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 96, no. September, pp. 208–230, 2018.
- [9] M. Killi *et al.*, "Competition and substitution between public transport modes," *Res. Transp. Econ.*, vol. 69, no. May, pp. 51–58, 2018.
- [10] T. Feng, J. Zhang, and A. Fujiwara, "An integrated modeling framework for environmentally efficient car ownership and trip balance," *IATSS Res.*, vol. 32, no. 2, pp. 95–108, 2008.
- [11] C. R. Bhat and R. Sardesai, "The impact of stop-making and travel time reliability on commute mode choice," *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 40, no. 9, pp.

709–730, 2006.

- [12] S. Algers, P. Bergström, M. Dahlberg, and J. Lindqvist Dillén, “Mixed Logit Estimation of the Value of Travel Time,” *Framework*, no. May 2014, pp. 1–33, 1998.
- [13] G. Santos, H. Maoh, D. Potoglou, and T. von Brunn, “Factors influencing modal split of commuting journeys in medium-size European cities,” *J. Transp. Geogr.*, vol. 30, pp. 127–137, 2013.
- [14] J. Pucher, “Urban transport in germany: Providing feasible alternatives to the car,” *Transp. Rev.*, vol. 18, no. 4, pp. 285–310, 1998.
- [15] R. Buehler, J. Pucher, A. Altshuler, „Vienna's path to sustainable transport“, *International Journal of Sustainable Transportation*, 2017.
- [16] „Facts on Active Mobility - Antwerp / Belgium“, *Physical Activity Through Sustainable Transport Approaches Project*, 2017.
- [17] <http://www.epomm.eu/tems/index.phtml> (pristupljeno u siječnju 2020.)
- [18] „Facts on Active Mobility - Vienna / Austria“, *Physical Activity Through Sustainable Transport Approaches Project*, 2017.

# PROMETNO TEHNIČKA ANALIZA TURBO KRUŽNIH RASKRIŽJA U GRADU OSIJEKU

## TRAFFIC TECHNICAL ANALYSIS OF TURBO ROUNDBABOUTS IN THE CITY OF OSIJEK

**Ivan Molnar**, dipl. ing. prom.

**Elizabeta Hasilo**, dipl. ing. građ.

**Denis Šimenić**, dipl. ing. građ.

**Hrvoje Bošnjak**, dipl. ing. građ.

**“Rencon” d.o.o. OSIJEK**, Vijenac I. Mažuranića 8

rencon@rencon.hr

### Sažetak

*Pozitivna iskustva nakon izgradnje prvog turbo kružnog raskrižja u gradu Osijeku, kao što su znatno veća propusna moć radi većeg korištenja unutarnje prometne trake u kružnom raskrižju (u odnosu na klasične dvotračne kružne tokove), manji broj prometnih nesreća, te znatno manje posljedice istih, potaknula su odluku o izgradnji još tri turbo kružna raskrižja u Ulici kneza Trpimira u Osijeku. Međutim, protekom vremena na turbo kružnim raskrižjima su uočeni i pojedini segmenti koji se mogu dodatno poboljšati s ciljem zaštite biciklista kao jednih od najranjivijih sudionika, odnosno daljnjeg smanjenja broja prometnih nesreća uzrokovanih neprilagođenom brzinom.*

*U članku je, temeljem analize prometnih nesreća u razdoblju nakon izgradnje turbo kružnih raskrižja, predložena mogućnost njihovog daljnjeg unaprjeđenja. Predložene mjere se mogu primijeniti i na ostalim kružnim raskrižjima što može doprinijeti smanjenju broja nesreća.*

**Ključne riječi:** promet, turbo kružni tok, prometna sigurnost, Osijek

### Abstract

*Positive experiences after the construction of the first turbo roundabout in the city of Osijek, such as significantly higher traffic throughput due to the greater use of the internal traffic lane at the roundabout (compared to the classic two-lane roundabouts), less traffic accidents, and significantly fewer consequences of the accidents, thereof are the decision to build three more turbo roundabouts at Ulica kneza Trpimira street in Osijek. However, over time, on turbo roundabouts have also been observed some segments that can be further improved to protect cyclists as one of the most vulnerable traffic participants, or to further reduce the number of traffic accidents caused by unadjusted speed.*

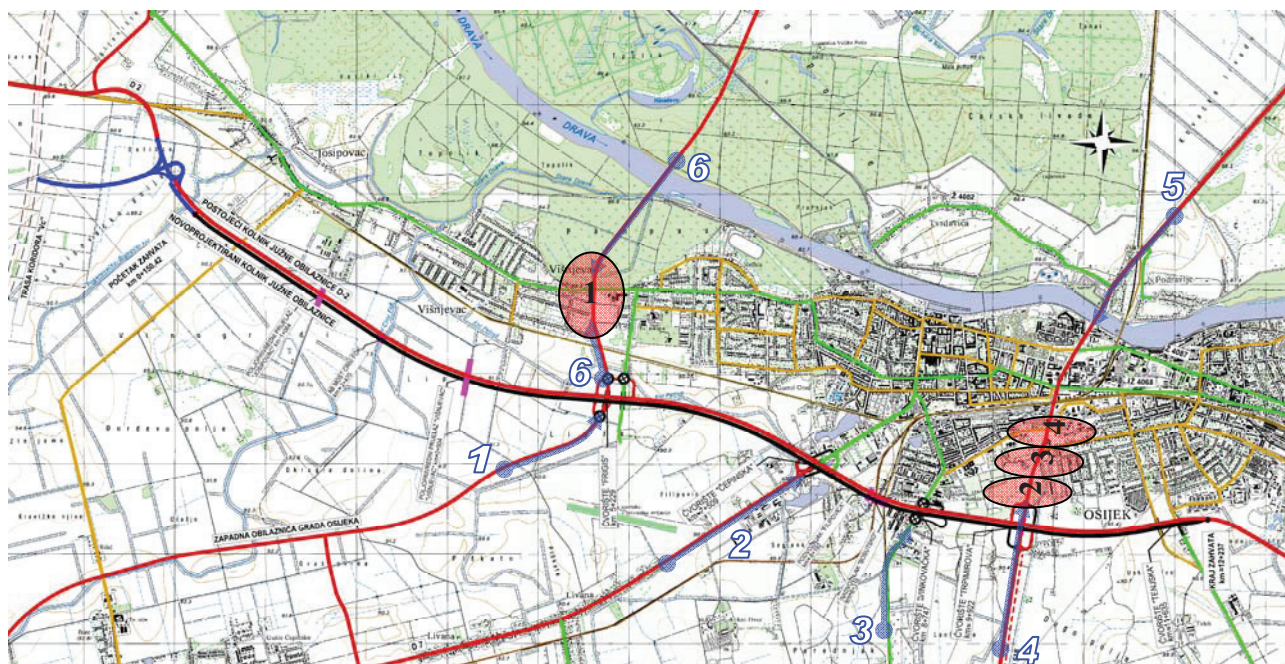
*In the article, based on the analysis of traffic accidents in the period after the construction of turbo roundabouts, the possibility of their further improvement is suggested. The proposed measures can also be applied at other roundabouts, which can contribute to reducing the number of accidents.*

**Key words:** traffic, turbo roundabouts, traffic safety, Osijek

## 1. UVOD

Grad Osijek ima formirano područje longitudinalno neposredno uz rijeku Dravu. Dimenzije gradskog područja su: oko 12 km dužine, 1,5 km do 2,5 km širine. Ovaj, u prometnom smislu, specifičan longitudinalni razvoj u pravcu istok – zapad je značajno ograničio prometne mogućnosti.

Ovakav teritorijalni razvoj je posljedica spajanja prijašnjih samostalnih cjelina Tvrđe, Retfale, Donjeg i Gornjeg grada. Na sjevernom rubu prirodna prepreka je rijeka Drava koja nije premošćena dovoljnim brojem mostova, dok je na južnom i jugozapadnom dijelu ograničavajući čimbenik južna obilaznica koja je visoko kategorizirana, pa se svaki prelazak iz ovog prostora mora obavljati objektima, odnosno križanjima u dvije razine.



Slika 1. Brza cesta južne zaobilaznice grada Osijeka, lokacije turbo kružnih raskrižja i glavni longitudinalni pravci

Na sl. 1 vidljiv je položaj grada Osijeka kao prirodnog raskrižja prometnih smjerova; longitudinalnog duž toka rijeke Drave (spoj Podravina – Podunavlje) i transverzalnog u smjeru Republika Mađarska – Republika Bosna i Hercegovina – Jadran.

Južna obilaznica Osijeka (DC2) predstavlja dio podravske magistrale s PDGP-om cca 22.000 vozila/dan. Smještena je na južni rub grada s ulogom da preuzme promet kojem su izvori i ciljevi izvan grada Osijeka, te da spoji glavne ulazno – izlazne pravce prema Našicama i Valpovu na zapadu, Đakovu i Vinkovcima na jugu, Vukovaru i Erdutu na istoku, te Belom Manastiru na sjeveru.

Izgradnja je počela 1973. god., a prva faza izgradnje završena 1989. god. što je podrazumijevalo izgradnju samo sjevernog kolnika koji je služio za odvijanje dvosmjernog prometa. Ukupna duljina južne obilaznice Osijeka iznosi 22,9 km u čijem je sklopu osam čvorišta („Josipovac“, „Frigis“, „Čepinska“, „Trpimirova“, „Tenjska“, „Elektroslavonija“, „Nemetin – Saponija“ i „Nemetin“). Čvorište Elektroslavonija je tip „truba“ dok su ostala denivelirana čvorišta „poludjeteline“.

Završetkom izgradnje zapadne obilaznice Osijeka (državna cesta DC7) 2007. godine, tranzitni prometa je u potpunosti izmješten iz grada i otvoren je novi transverzalni ulaz u grad preko čvora „Višnjevac“.



Dogradnjom južnog kolnika 2016. godine, južna obilaznica svojim tehničkim karakteristikama postaje brza cesta od priključka za autocestu do čvorišta „Tenjska“. Međutim, obilaznica i dalje ostaje u funkciji gradske aglomeracije (veći broj čvorišta na kratkoj dionici, uz dodatne sadržaje kao što su benzinske postaje). Brzina vožnje na navedenoj dionici brze ceste je 110 km/h, a na čvorištima 90 km/h.

U sklopu izgradnje brze ceste dograđena su sva čvorišta pa tako i čvorište „Trpimirova“. Dogradnjom čvorišta (u punu djetelinu), koja je uključivala novi nadvožnjak i formiranje četverotračne prometnice prema Ulici kneza Trpimira, ova prometnica postaje najkomfortniji i najbrži ulaz u centralni dio grada, kao i najbolji izlaz u smjeru Vinkovaca i Vukovara.



*Slika II. Čvorište "Trpimirova" na DC2  
- južna obilaznica Grada Osijeka*

Predmetna dionica Ulice kneza Trpimira je bila dijelom četverotračna, dijelom dvotračna, uz tri velika raskrižja; priključak za „Gradski vrt“ (dvorana i stadion NK Osijeka), Divaltovu ulicu te raskrižje za Sjenjak (najgušće stambeno naselje grada Osijeka s najviše višekatnica).

Kako bi se na zadovoljavajući način riješio spoj na čvorište „Trpimirova“, izrađen je projekt rekonstrukcije dijela Ulice kneza Trpimira u četverotračnu prometnicu, jedne od prometno najopterećenijih prometnica.

Projektom je bila predviđena rekonstrukcija postojećih klasičnih semaforiziranih raskrižja u standardna dvotračna kružna raskrižja. Radi problema s nedostatkom sredstava i ishodom potrebnih dozvola za građenje, projekti rekonstrukcije nisu realizirani određeni niz godina.

Tijekom tog vremena uočene su loše stane dvotračnih kružnih raskrižja po pitanju sigurnosti prometa. Zbog negativnih iskustava, pojedine članice Europske unije svojom regulativom zabranjuju projektiranje klasičnih dvotračnih kružnih raskrižja, a i iskustvo tvrtke Rencon, pri primjeni takvih rješenja u gradu Vukovaru, potvrđuje takva iskustva. Ovi kružni tokovi su naknadno unaprijeđeni uz pomoć uzdužne i okomite signalizacije u varijantu turbo kružnog raskrižja. Stoga je i projekt Trpimirove ulice, na inicijativu tvrtke Rencon, uz podršku grada Osijeka, osuvremenjen prema pozitivnim iskustvima izgrađenih turbo kružnih tokova u Osijeku (lokacija Višnjevac) i Puli. Potaknuti daljnjim razvojem turbo kružnih tokova u RH i dobrim iskustvima šireg okruženja, investitoru je predložena korekcija projekta u smislu zamjene standardnih dvotračnih kružnih raskrižja u turbo kružna raskrižja s čime se investitor i složio, budući da gradovi i općine imaju stalnu potrebu razvijanja i unapređivanja svog prometnog sustava.



Slika III. Turbo kružna raskrižja DC518 - Ul. Kneza Trpimira



Semaforizirano raskrižje

„VUKOVARSKA“

Turbo kružno raskrižje

„SJENJAK“

Turbo kružno raskrižje

„DIVALTOVA“

Turbo kružno raskrižje

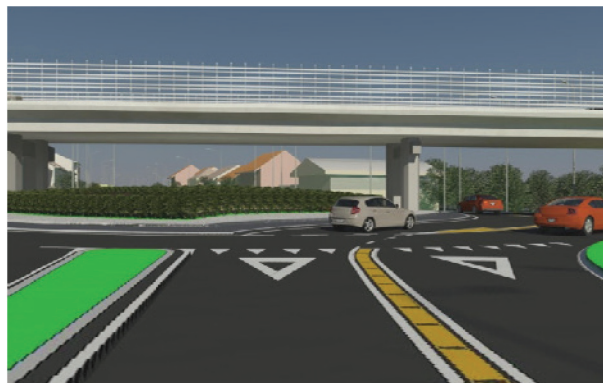
„GRADSKI VRT“

Čvorište „TRPIMIROVA“

Pozitivna iskustva nakon izgradnje prvog turbo kružnog raskrižja u gradu Osijeku, kao što su znatno veća propusna moć radi većeg korištenja unutarnje prometne trake u kružnom raskrižju (u odnosu na klasične dvotračne kružne tokove), manji broj prometnih nesreća, te znatno manje posljedice istih, potaknula su odluku o izgradnji još tri turbo kružna raskrižja na tri susjedna raskrižja u Ulici kneza Trpimira u Osijeku („Gradski vrt“, „Divalentova“ i „Sjenjak“). Nakon izgradnje i puštanja u promet, kao projektanti smo pratili ponašanje sudionika u prometu i uočili pojedine segmente koji se mogu unaprijediti s ciljem povećanja prometne sigurnosti.



*Slika IV. Raskrižje J.J.Stroosmayera-Višnjevac (2012. g.)*



*Slika V. Vizualizacija raskrižja  
J.J.Stroosmayera-Višnjevac (Rencon d.o.o.)*



*Slika VI. Turbo kružno raskrižje  
J.J.Stroosmayera-Višnjevac (2014. g.)*

Uočena pojava neodgovarajućeg ponašanja sudionika je dodatno istraživana, te se na temelju analize prometnih nesreća u članku predlažu mogućnosti unaprjeđenja.

## 2. GEOMETRIJA TURBO KRUŽNIH RASKRIŽJA

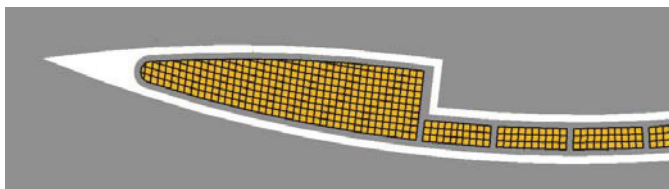
U Osijeku su izvedena ukupno 4 turbo kružna toka; od kojih su 2 srednje velika, polumjera vanjskog ruba kolničkog traka 25,25 m („Višnjevac“ i „Gradski vrt“) te 2 standardna, polumjera vanjskog ruba kolničkog traka 22,45 m („Divalentova“ i „Sjenjak“).

Vozni trak kod turbo rotora ima smaknut centar kružnih segmenata pod kutom od 180° (kod klasičnog su vozni trakovi raspoređeni kao koncentrirani krugovi), čime se postiže spiralni tok vožnje, odnosno tijekom vožnje ima mogućnost prijeći samo iz manjeg u veći radijus, što osigurava dobru provoznost.

Vozni trakovi su razdvojeni spiralnom horizontalnom signalizacijom i fizički elementima za razgraničenje što vozaču omogućuje da samo jednom bira voznu traku i to prije ulaska u rotor, čime se smanjuje broj konfliktnih točaka.



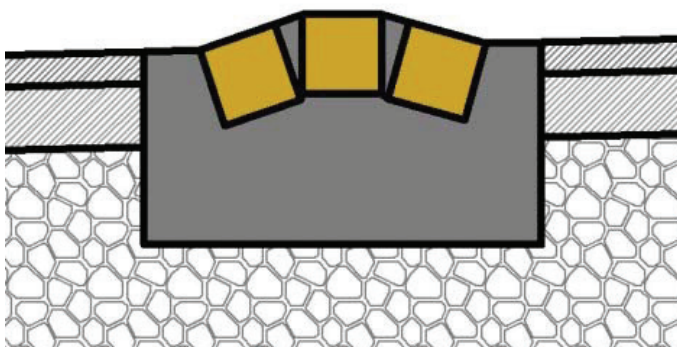
Kolničke trake u Višnjevcu su oblikovane izvedbom razdjelnog traka širine 30cm od tri reda kamene granitne kocke 10x10x10cm izdignute od 4 cm u odnosu na kotu asfalta, dok su na ostalim turbo kružnim raskrižjima oblikovane izvedbom razdjelnog traka širine 30cm od montažnih rubnjaka - delineatora. Predgotovljeni betonski elementi su ugrađeni na međusobnom razmaku od 5 cm kako bi se omogućilo otjecanje vode. Razlog uporabe granitnih kocaka u Višnjevcu je bio taj što na tržištu, u to vrijeme, nije bilo dostupnih predgotovljenih elemenata.



Slika VII. Detalj "kaplje" od granitne kocke



Slika VIII. Izvedena kaplje od granitne kocke



Slika IX. Detalj razdjelnog traka od granitne kocke

Na početku delineatora postavljena je tzv. špica koja sprječava prometno preplitanje prometnih tokova. Špica je izvedena od granitnih kocaka na podložnom betonu.

Geometrijski elementi su izvedeni tako da omoguće prolaz vozila maksimalnih očekivanih dimenzija (zglobni autobus, kamion dužine 16.5m). Na prilazima su izvedeni razdjelni otoci koji usmjeravaju promet i doprinose sigurnosti pješaka.

Uz unutrašnji rub kružnog kolničkog traka izveden je povozni dio širine 2,5m od sitne granitne kamene kocke. Kolnički trak i povozni dio razgraničen je položenim betonskim rubnjakom 24/18cm izdignutim 2+4,5cm. Središnji otok kružnog toka izveden je kao zelena površina koja se hortikulturno uređuje. Kružni otok je obrubljen izdignutim rubnjakom 18/24cm izdignutim 12cm u odnosu na kotu asfalta.

Na prilazima su izvedeni razdjelni otoci obrubljeni rubnjacima 18/24cm izdignuti 12cm koji usmjeravaju promet i doprinose sigurnosti pješaka. Razdjelni otoci su prekinuti na mjestima pješačkih prijelaza u širini 3m.

### 3. TURBO KRUŽNI TOK "VIŠNJEVAC"

Slika X. Turbo kružno raskrižje "Višnjevac"

Raskrižje „Višnjevac“ je smješteno ispod objekta državne ceste DC7 i moralo se rekonstruirati zbog potrebe integracije nastavka tramvajske pruge i produljenja četverotračne prometnice u smjeru Višnjevca. Raskrižje je bilo semaforizirano, četverotračno s dva jednosmjerna ulazna i dva jednosmjerna izlazna priključna kraka na DC7 u gornjoj razini. Ovo raskrižje predstavlja glavnu prometnu vezu Višnjevca i Retfale preko tranzitne državne ceste DC7 u smjeru Baranje i zapadno u svim ostalim smjerovima. Prilazne brzine na glavnom pravcu su bile znatno veće od ograničenja od 70 km/h što je, uslijed preplitanja motornog, tramvajskog, pješačkog i biciklističkog prometa, te smanjene preglednosti (zbog objekta iznad raskrižja), predstavljalo rizik od prometne nesreće za sve sudionike u prometu.



Zbog posebnosti mikrolokacije (raskrižje ispod objekta smanjene preglednosti) te svih prednosti turbo kružnih raskrižja odabran je, prvi puta u Osijeku upravo ovaj tip kružnog raskrižja. Rekonstrukcija raskrižja je izvedena 2014. godine kao kružni tok koji je prema tipu najoliki turbo rotor – na glavnom smjeru ima dva ulazna i dva izlazna vozna traka, a za sporedni smjer i na ulazu i na izlazu ima jedan vozni trak.

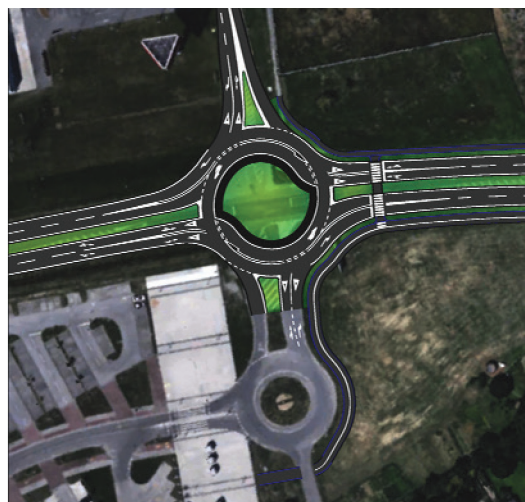
Specifičnost ovog turbo kružnog raskrižja je što se, paralelno s kolnikom, obostrano u zelenom pojasu, nalazi tramvajska pruga na udaljenosti cca 5 m od kružnog dijela. Tramvajska pruga prelazi preko jednosmjernih priključaka za DC7. S južne strane kolnika je izvedena dvosmjerna biciklistička staza širine 2,2 m, dok su s obje strane izgrađene pješačke staze širine 1,8 m. Predmetno raskrižje karakterizira izrazito gust lokalni promet, posebno u vrijeme dnevnih migracija.

### 4. TURBO KRUŽNI TOK "GRADSKI VRT"

Slika XI. Turbo kružno raskrižje "Gradski vrt"

Završetkom dogradnje južnog kolnika južne obilaznice, te prelaskom obilaznice iz dvotračnog kolnika u brzu cestu, nastavljeni su radovi dogradnje državne ceste DC518 (koja u nastavku prelazi u Ulicu kneza Trpimira) od čvorišta "Trpimirova" preko tri susjedna raskrižja sve do Vukovarske ulice (po fazama od raskrižja do raskrižja).

Rekonstrukcija je izvedena u vidu proširenja postojećih širina i broja prometnih traka (četiri prometne trake svaki širine 3,5 m), izgradnje razdjelnog pojasa širine 4,0 m u kojem su





smješteni elementi javne rasvjete, zelenog zaštitnog pojasa širine 2,0 – 2,5 m između ceste i pješačkih, odnosno biciklističkih površina.

Na raskrižju DC518 s priključkom za „Gradski vrt“ (dvorana i stadion NK Osijeka) i prema trgovačkom centru, izvedena je 2016. godine rekonstrukcija u turbo kružno raskrižje.

Specifičnost ovog raskrižja je povremeno izrazito prekomjeran promet, ovisno o događanjima na gradskom stadionu (utakmice NK Osijeka) ili u dvorani (koncerti, rukometne i ostale utakmice). Raskrižje je imalo nedovoljnu propusnu moć za vrijeme bilo kojeg događanja u „Gradskom vrtu“. Kod velikog broja dolaska/odlaska vozila promet je morala fizički regulirati policija.

Izvedbom turbo kružnog raskrižja je osiguran dominantan pravac državne ceste u smjeru sjever – jug.

## 5. TURBO KRUŽNI TOK "DIVALTOVA"

U drugoj je fazi 2017. godine rekonstruirano raskrižje Ulice kneza Trpimira s ulicama Divaltova i Gacka u duljini od 255m.

Predmetno raskrižje karakterizira izrazito gust lokalni promet, posebno u vrijeme dnevnih migracija, te je zbog toga odabrana rekonstrukcija semaforiziranog u turbo kružno raskrižje.

Veliki ograničavajući čimbenik kod projektiranja turbo kružnog raskrižja je bila dvosmjerna jednokolosječna tramvajska pruga na sjevernoj strani turbo kružnog toka. Upravo prolasku tramvaja kroz turbo kružno raskrižje koji po istim tračnicama ide u oba smjera je posvećena maksimalna pozornost. Kako bi skrenuli dodatnu pozornost vozača na nailazak tramvaja, postavljen je svjetlosni prometni znak u vidu treptaća žute boje koji se, nailaskom tramvaja, promjeni u crveno svjetlo, te time zaustavlja promet do prolaska tramvaja.



Slika XII. Turbo kružno raskrižje "Divaltova"

## 6. TURBO KRUŽNI TOK "SJENJAK"

U narednoj fazi 2018. godine je rekonstruirano raskrižje Ulice kneza Trpimira s ulicama Drinska i Sjenjak u duljini od 200 m.

Postojeće semaforizirano raskrižje na glavnoj trasi se rekonstruiralo u oblik turbo kružnog toka što je osiguralo dominantan pravac državne ceste u smjeru sjever – jug dok se na susjednom raskrižju na izlazu/ulazu u naselje Sjenjak izveo provozni mini kružni tok.



Slika XIII. Turbo kružno raskrižje "Sjenjak"



Predmetno raskrižje karakterizira izrazito gust lokalni promet koji je dodatno na sporednom pravcu iz naselja Sjenjak generiran kolektivnim stanovanjem, posebno u vrijeme dnevnih migracija.

## 7. STATISTIČKI POKAZATELJI PROMETNIH NESREĆA NA TURBO KRUŽNIM RASKRIŽJIMA U OSIJEKU

Pozitivan trend smanjenja ukupnog broja prometnih nesreća i posljedica istih u Republici Hrvatskoj se nastavlja. Jedan od razloga je i sanacija problematičnih mjesta i rekonstrukcija klasičnih raskrižja u kružna.

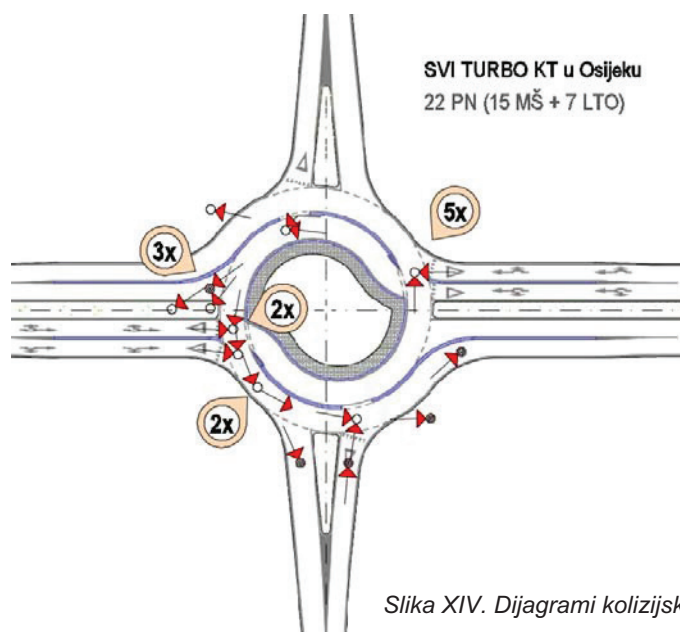
Analizom i očitavanjem statističkih pokazatelja objavljenih u Biltenima o sigurnosti cestovnog prometa (MUP RH od 2005. do 2018. godine), kružna raskrižja u Republici Hrvatskoj, prema ukupnom broju i posljedicama prometnih nesreća, daleko su najsigurniji oblik raskrižja u razini. Imaju najmanji ukupan broj prometnih nesreća, najmanji broj ozlijeđenih i poginulih osoba. Glavni razlog tome je izostanak čelnih sudara i općenito manja prilazna brzina vozila. Kružna raskrižja se, zbog "smirivanja" prometa, često projektiraju i kao mjera sanacije opasnih mjesta.

Praćenjem svjetskih i europskih trendova te zbog gore navedenih prednosti, može se zaključiti da je došlo do porasta izgradnje novih i rekonstruiranih raskrižja u raskrižje kružnog oblika.

Velikim povećanjem ukupnog broja kružnih tokova, povećao se i ukupan broj prometnih nesreća na istima što je osiguralo dovoljno podataka za analizu uzroka (statistički podaci MUP-a, praćenje od strane projektanta). Posljedice prometnih nesreća nisu dramatične, pa je izostao veći interes za prometno sigurnosne analize i preporuke s ciljem dodatnog smanjenja broja prometnih nesreća.

Za detaljniju analizu prometnih nesreća na turbo kružnim raskrižjima odabrali smo, kao ogledni primjer, grad Osijek obzirom da su četiri turbo kružna raskrižja izgrađena prije nekoliko godina i povremeno se događaju prometne nesreće najčešće s manjom materijalnom štetom.

Sam način na koji su se dogodile prometne nesreće, mikrolokacije i pogreške vozača upravo su specifične za turbo kružna raskrižja i reprezentativne su kao ogledni primjer za daljnje unapređenje.



Prema statističkim podacima MUP-a u gradu Osijeku na četiri turbo kružna raskrižja u razdoblju do pet godina nakon izgradnje evidentirane su ukupno 22 prometne nesreće, pretežno s materijalnom štetom. Najčešći uzrok je nepoštivanje prednosti prolaska u kombinaciji s neprilagođenom brzinom, nepropisno prestrojavanje (čak i preko delineatora).

Tablica I. Statistički podaci MUP-a o evidentiranim prometnim nesrećama (22 PN) na turbo kružnim raskrižjima u gradu Osijeku prema vrstama ozljeda

| LOKACIJA         |                   | 1.<br>VIŠNJEVAC<br>(2014-2019) | 2. GRADSKI<br>VRT<br>(2016-2019) | 3.<br>DIVALTOVA<br>(2017-2019) | 4. SJENJAK<br>(2018-2019) | UKUPNO |
|------------------|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------|
| VRSTA<br>OZLJEDA | Materijalna šteta | 7                              |                                  | 5                              | 3                         | 15     |
|                  | Lake TO           | 3                              | 1                                | 1                              | 2                         | 7      |

| LOKACIJA |                                 | 1.<br>VIŠNJEVAC<br>(2014-2019) | 2. GRADSKI<br>VRT<br>(2016-2019) | 3.<br>DIVALTOVA<br>(2017-2019) | 4. SJENJAK<br>(2018-2019) | UKUPNO |
|----------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------|
| UZROK PN | Nepropisna vožnja u nazad       | 1                              |                                  |                                |                           | 1      |
|          | Nepropisno prestrojavanje       | 3                              | 1                                | 1                              | 1                         | 6      |
|          | Neprilagođena brzina            | 2                              |                                  | 2                              | 1                         | 5      |
|          | Nepoštivanje prednosti prolaska | 4                              |                                  | 3                              | 3                         | 10     |

Tablica II. Statistički podaci MUP-a o evidentiranim prometnim nesrećama (22 PN) na turbo kružnim raskrižjima u gradu Osijeku prema vrstama PN

| LOKACIJA |                        | 1.<br>VIŠNJEVAC<br>(2014-2019) | 2. GRADSKI<br>VRT<br>(2016-2019) | 3.<br>DIVALTOVA<br>(2017-2019) | 4. SJENJAK<br>(2018-2019) | UKUPNO |
|----------|------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------|
| VRSTE PN | Vožnja u slijedu       |                                |                                  | 2                              |                           | 2      |
|          | Slijetanje             | 1                              |                                  |                                |                           | 1      |
|          | Udar u objekt na cesti | 1                              |                                  |                                | 1                         | 2      |
|          | Nalet na bicikl        | 2                              |                                  | 2                              | 2                         | 6      |
|          | Usporedna vožnja       | 3                              | 1                                | 1                              |                           | 5      |
|          | Bočni sudar            | 3                              |                                  | 1                              | 2                         | 6      |

Tablica III. Statistički podaci MUP-a o evidentiranim prometnim nesrećama (22 PN) na turbo kružnim raskrižjima u gradu Osijeku prema urocima PN

Lokacija 1: Turbo kružno raskrižje „Višnjevac“. Evidentirane prometne nesreće od 05.09.2014 - 31.07.2019. godine  
 Lokacija 2: Turbo kružno raskrižje „Gradski vrt“. Evidentirane prometne nesreće od 14.10.2016 - 31.07.2019. godine  
 Lokacija 3: Turbo kružno raskrižje „Divaltova“. Evidentirane prometne nesreće od 12.12.2017 - 15.04.2019. godine  
 Lokacija 4: Turbo kružno raskrižje „Sjenjak“. Evidentirane prometne nesreće od 23.07.2018 - 31.07.2019. godine

Povratne informacije, i od strane građana i Policije, su pozitivne jer je ostvarena znatno veća protočnost, a uz daljnju kalibraciju pojedinih detalja može se postići i daljnje povećanje sigurnosti prometa. Jedan od glavnih razloga događanja prometnih nesreća na turbo kružnim, i općenito kružnim, raskrižjima je superpozicija neprilagođene ulazne brzine u kružno raskrižje, nesnalaženja dijela vozača, nepoznavanje prometnih pravila te percepcije raskrižja općenito. Dio prometnih nesreća se događa i u konfliktu biciklist – vozilo. Razlog je što, zbog veće prilazne brzine i vozila i biciklista, vozači imaju smanjenu mogućnost percepcije stanja na raskrižju, a time i manje vremena za reagiranje, odnosno zaustavljanje. Ovaj konflikt nije zabilježen na raskrižjima prije rekonstrukcije iz razloga što prije rekonstrukcije nisu bile izgrađene biciklističke staze, a na pojedinim dionicama ni pješačke staze. Jedan dio biciklista ne slijedi prometna pravila na biciklističkim prijelazima; ne provjere mogu li prijeći raskrižje na siguran način, a „crveni tepih“ na prijelazima zlorabljuju za brži prolaz.

Najveću bojazan o mogućim prometnim nesrećama je izazivao tramvajski promet koji kroz kružno raskrižje „Divaltova“ prometuje po istom kolosijeku u oba smjera. Zahvaljujući postavljenoj svjetlosnoj signalizaciji, ali i povećanoj pozornosti vozača tramvaja, koji u kružno raskrižje ulaze minimalnom brzinom, nije bilo prometnih nesreća s ovom kategorijom vozila.

Bočni sudari uzrokovani nepropisnim prestrojavanjem se događaju uslijed neodabira odgovarajuće trake prije ulaska u turbo kružno raskrižje, nedovoljne koncentracije (vožnja napamet), nedovoljne edukacije o prometnim pravilima o vožnji u dvotračnim kružnim raskrižjima. Na sreću, posljedice prometnih nesreća nisu velike jer upravo turbo kružni tokovi, radi fizički izvedenih delineatora, ne dozvoljavaju velike brzine.



Slika XV. Prolazak tramvaja kroz turbo k. t. „Divalentova“

Uz sve gore navedeno turbo kružna raskrižja u gradskim uvjetima u Osijeku su polučila izvrstan rezultat. U Višnjevcu nema konflikata između tramvajskog, biciklističkog i ostalog prometa na vrlo specifičnoj lokaciji ispod objekta. Svaki od turbo kružnih raskrižja na Trpimirovoj ulici funkcionira, kako pojedinačno, tako i u cjelini izvrsno; Gradski vrt je riješio problem masovnih okupljanja (tijekom koncerata i sportskih priredbi u sportskoj dvorani i na stadionu), Divalentova je jedini kružni tok u RH koji uspješno funkcionira s tramvajem u oba smjera kroz kružni tok po istom kolosijeku, a Sjenjak je, osim što rješava vrlo intenzivan promet Ulice kneza Trpimira, kvalitetno riješio i izlaz/ulaz u najgušće naseljenu stambenu četvrt u Osijeku. Kao cjelina funkcioniraju na način da niti na jednom od njih nema gužvi i čekanja zahvaljujući vrlo velikoj propusnoj moći. Trenutno je problem gužvi i čekanja izražen na susjednom semaforiziranom raskrižju (Trpimirova i Vukovarska ulica) koje je trenutno u postupku analiziranja novog optimalnog rješenja prilagođenog novonastaloj situaciji.

## 8. MJERE ZA DODATNO UNAPREĐENJE TURBO KRUŽNIH RASKRIŽJA U OSIJEKU

Slika XVI. Uzdignuta ploha na privozu s DC7 u smjeru turbo kružnog toka "Višnjevac"



imovinskih odnosa nije bilo moguće proširiti koridor pristupnog kraka s državne ceste DC7 na turbo kružno raskrižje.

Dosadašnje prisilne mjere za smirivanje prometa u vidu prekomjernih "ležećih policajaca" izravno djeluju na komfor vožnje a imale su za posljedicu frustracije vozača koji poštuju ograničenje brzine a zbog sigurnog prijelaza preko pojedinih tipova uspornika moraju gotovo zaustaviti vozilo.

Na turbo kružnom raskrižju „Višnjevac“ zid upornjaka i čunj nasipa objekta su smanjivali vidljivost pješaka i biciklista na pješačko – biciklističkom prijelazu prilikom silaska vozila s objekta. Zbog nizbrdice i sigurnog zaustavljanja vozila prije pješačkog prijelaza (ukoliko prilazi većom brzinom od ograničene) bilo je potrebno izvesti mjere smirivanja prometa.

Zbog zaštite od buke, uvjeti smirivanja prometa nisu smjeli proizvoditi dodatnu buku od strane vozila (vibracijske i zvučne crte, dio kolnika izveden granitnim kockama i sl.). Zbog

Uspostava ravnoteže između prometne sigurnosti, brzine prometnih tokova i buke vozila, uz povećanje potrebne percepcije, bio je zadatak postavljen na turbo kružnom raskrižju "Višnjevac".

Zbog svega navedenog sukladno Smjernicama (za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama) eksperimentalno je izvedena mjera smirivanja prometa u vidu uzdignute plohe u kombinaciji s vodoravnom prometnom signalizacijom u vidu zig-zag oznaka (Pravilnik H55-3) koja ne „kažnjava“ vozače koji idu primjerenom brzinom.

Ograničenje brzine prometnim znakovima manje se poštuje od brzine uvjetovane okolišem i geometrijom prometnice. Brzina vozila i težina posljedica za pješake i bicikliste kod prometne nesreće je proporcionalna. Prilazna brzina na raskrižju utiče i na vozačevu percepciju iz vozila i opću mogućnost potrebne percepcije.

Na temelju analize prometnih nesreća na turbo kružnim raskrižjima u Osijeku, predlažu se mjere poboljšanja u vidu dodatnog smirivanja prilazne brzine na gradskim avenijama prije ulaska u kružno raskrižje zbog povećanja potrebne percepcije i smanjenja posljedica prometnih nesreća. Posebno se preporuča primijeniti ove mjere i na svim ostalim kružnim raskrižjima na privozima dominantnog pravca ili ukoliko iz određenog privoza postoji mogućnost ulaska i prolaska kroz kružno raskrižje znatno većom brzinom zbog geometrije raskrižja.

Smanjenje visine rubnjaka na biciklističkim prijelazima i označavanje uzdužnom signalizacijom „crveni tepih“ je u skladu s Pravilnikom o biciklističkoj infrastrukturi (NN 28/19), ali i tu postoje mogućnosti unapređenja na način da se prometnom signalizacijom sugerira biciklistima da, prvenstveno zbog svoje sigurnosti, svakako provjere mogu li prijeći raskrižje na siguran način (kao što takav podsjetnik postoji u praksi pojedinih država).

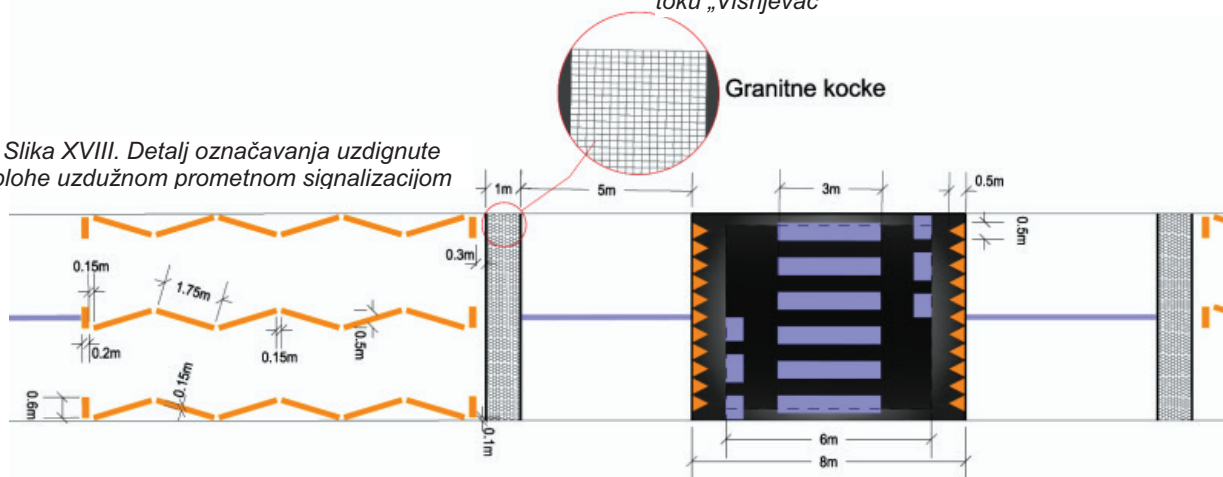
Dodatne mjere unapređenja u duhu su novog pristupa sigurnosti prometa s osnovnim ciljem „Vizija 0“, te znatno povećavaju općenito prometnu sigurnost i sigurnost biciklista kao trenutno najugroženije skupine sudionika u prometu.

Ovim predloženim mjerama cilj je potaknuti i daljnji eksperimentalni dio istraživačkog rada o alternativnim tipovima i mogućnostima primjene kvalitetnijih mjera smirivanja prometa na hrvatskoj cestovnoj mreži.



Slika XVII Izvedena uzdignuta ploha na turbo kružnom toku „Višnjevac“

Slika XVIII. Detalj označavanja uzdignute plohe uzdužnom prometnom signalizacijom





## 9. ZAKLJUČAK

Sanacijom problematičnih mjesta, izgradnjom novih prometnica, rekonstrukcijom postojećih raskrižja u kružna raskrižja znatno se povećava propusna moć gradske mreže, prosječna brzina kretanja, smanjuju troškovi u eksploataciji vozila individualnog i javnog gradskog prometa, smanjuje zagađenje okoliša, a time izravno djeluje na komfor vožnje i smanjenje ukupnog broja prometnih nezgoda, poginulih i teško ozlijeđenih.

Određeni potencijal povećanja sigurnosti cestovnog prometa je upravo u daljnjoj kalibraciji unapređenja pojedinih detalja prometne infrastrukture.

Posebnost turbo kružnih raskrižja je znatno veći kapacitet u odnosu na klasična i dvotračna kružna raskrižja i manji broj kolizijskih točaka zbog fizičkog razdvajanja prometnih tokova unutar kružnog raskrižja što vozačima povećava doživljaj sigurnosti na raskrižju.

Problem slabijeg snalaženja dijela vozača u kružnim raskrižjima ukazuje na potrebu dodatne edukacije vozača od strane instruktora vožnje, ali i medija posebno prije puštanja u promet.

Provedenim analizama prometnih nesreća na turbo kružnim raskrižjima u razdoblju nakon izgradnje, ponuđena je unaprijeđena varijanta koja je valorizirana obzirom na prometne prednosti, prometno-tehničke, zauzimanje prostora, sigurnosne, te troškove realizacije.

Predložene dodatne mjere unapređenja u vidu dodatnog smirivanja prilaznih brzina na dvotračnim kružnim raskrižjima neće u potpunosti eliminirati prometne nesreće, ali će doprinijeti povećanju opće prometne sigurnosti uz neznatna financijska ulaganja. Vodoravna i okomita signalizacija ili prometna oprema ne može znatno smanjiti prilaznu brzinu kao što to može fizička denivelacija.

Slijedom razmatrane problematike na analiziranim lokacijama u gradu Osijeku, držimo da će, nakon dodatnih mjera smirivanja prilazne brzine na turbo kružnim raskrižjima, doći do izražaja sve navedene prednosti u odnosu na trenutno stanje. Sukladno tome, bit će nužno analizirati ponašanje sudionika u prometu i implementirati pozitivna rješenja i na ostala dvotračna i klasična kružna raskrižja, a posebno na onim kružnim raskrižjima gdje, zbog prostornih i imovinskih ograničenja, nije bilo moguće postići željene geometrijske elemente oblikovanja ili imaju određen broj prometnih nesreća uzrokovan neprilagođenom prilaznom brzinom.

Razmjena znanja i pozitivnih iskustava u kontinuiranom praćenju novih tehnologija i sustava, kao i njihovoj primjeni u projektiranju, doprinijet će daljnjem povećanju razine sigurnosti svih sudionika u prometu.

## 10. LITERATURA

- [1] T. Tollazzi, Kružna križišća, Fakultet za gradbeništvo, Maribor, 2000.
- [2] Z. Kenjić, Kružne raskrsnice – rotori, Udruženje konzultanata inženjera BIH, Sarajevo, 2009.
- [3] K. Hrapović, Osnove izgradnje kružnih raskrsnica (prva knjiga) Vöcklabruck, Austrija, 2016.
- [4] K. Hrapović, Osnove izgradnje kružnih raskrsnica (druga knjiga) Vöcklabruck, Austrija, 2016.
- [5] Rencon d.o.o. Osijek; Glavni i izvedbeni projekti turbo kružnih raskrižja i južne zaobilaznice grada Osijeka, 2012.
- [6] Baza statističkih podataka MUP, PU Osječko-baranjska i PPP Osijek, Osijek, 2019.
- [7] Rencon d.o.o. Osijek; Izvedbeni projekti Sanacija opasnih mjesta na državnim i županijskim cestama RH, 2009-2019.
- [8] Smjernice za projektiranje i opremanje raskrižja kružnog oblika – rotora, Institut prometa i veza, Zagreb, 2002.
- [9] Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2014.
- [10] Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2014.



# **DOSTUPNOST I KVALITETA PARKIRALIŠTA U TURISTIČKIM DESTINACIJAMA**

## **AVAILABILITY AND QUALITY OF PARKING IN TOURIST DESTINATIONS**

**Doc. dr. sc. Robert Maršanić**

Rijeka promet d.d., Fiumara 13, Rijeka, Hrvatska  
e-mail: marsanic@rijekapromet.hr

**Slavica Vinko Štajdohar, mag.ing.traff.**

e-mail: nedjelja@gmail.com

**Red. prof. dr. sc. Ljudevit Krpan**

Sveučilište Sjever Koprivnica, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica  
e-mail: ljudevit.krpan@unin.hr

**Doc. dr. sc. Predrag Brlek**

Sveučilište Sjever Koprivnica, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica  
e-mail: pbrlek@unin.hr

### **SAŽETAK**

Zadovoljiti prometno-turističku potražnju za kretanjem i mirovanjem u kvalitativnom i kvantitativnom smislu bitna je odrednica šireg konteksta mobilnosti u turističkoj destinaciji. Odgovarajuće „zbrinjavanje“ automobila turističkih posjetitelja od strane turističkih destinacija smanjuje nezadovoljstvo gostiju, pri čemu im se otvara mogućnost da se kreću po destinaciji neopterećeni brigom o svom automobilu. Oni se tada mogu fokusirati na aktivnosti koje su planirali (rekreaciju, sport, zabavu, odmor, ...), sadržaje koje su imali namjere posjetiti (povijesni i kulturni lokaliteti, događaji, gastronomska i enološka ponuda, ...) ne stavljajući planove u kontekst „gdje ću parkirati, hoću li pronaći slobodno parkirno mjesto, što ću učiniti ako se to dogodi, koliko dugo mogu ostaviti automobil, koliko ću platiti parkiranje? U ovom radu obrađeno je nekoliko osnovnih tema o problemima koje stvara manjak parkirališnih mjesta, njihova dostupnost i kvaliteta u turističkim destinacijama. U tu svrhu provedeno je istraživanje putem web anketiranja na uzorku od 615 ispitanika. Na temelju provedenog istraživanja potvrđene su pretpostavke da je dostupnost i kvaliteta parkirališnog mjesta itekako važan čimbenik pri odabiru turističke destinacije.

**Ključne riječi:** parkiranje, dostupnost, kvaliteta, turističke destinacije.

### **ABSTRACT**

Satisfying traffic and tourist demand for movement and rest in qualitative and quantitative terms is an essential determinant of the broader context of mobility in a tourist destination. Properly “caring” the car of tourist visitors by tourist destinations

reduces the dissatisfaction of guests, thus opening the possibility for them to move around the destination unburdened by the care of their car. They can then focus on the activities they planned (recreation, sport, entertainment, vacation,...), the content they intended to visit (historical and cultural sites, events, gastronomic and oenological offer,...) without placing the plans in the context of "where will I park, will I find a free parking space, what will I do if that happens, how long can I leave the car, how much will I pay for parking? This paper deals with several basic topics about the problems posed by lack of parking spaces, their accessibility and quality in tourist destinations. For this purpose, a survey was conducted through a web survey on a sample of 615 respondents. Based on the conducted research, the assumptions were confirmed that the availability and quality of a parking space is a very important factor in choosing a tourist destination.

**Keywords:** parking, availability, quality, tourist destinations.

## 1. UVOD

Turistička destinacija višeznačan je pojam, a za potrebe ovog rada istaknut će se da su osnovni ciljevi turističke destinacije osigurati kvalitetu gostima i dugoročnu egzistenciju domicilnog stanovništva. Ti se ciljevi osiguravaju kvalitetnim upravljanjem na način da se optimizira turistička ponuda, prvenstveno u smislu da se nađe optimalna kombinacija kvantitativnih i kvalitativnih čimbenika. Mnogo je čimbenika i pokazatelja koji jasno ukazuju na nekonzistentan razvitak i planiranje parkirališnih mjesta u funkciji turizma mnogih većih ili manjih turističkih destinacija. Uz nedostatak parkirališnog prostora u razvitku turizma svakako postoje i neki drugi problemi, primjerice uska grla u prometu turističkih destinacija. Da bi se ispravilo takvo nepovoljno stanje za razvoj turizma, nužno je izučiti problem mirovanja prometnih sredstava u turističkoj destinaciji i oblikovati optimalni razvojni model.

Njegovo rješavanje iziskuje kompleksan pristup, odnosno iznalaženje dostatnog prostora za parkiranje u neposrednoj blizini turističkih objekata, usmjeravanje teretnih vozila na objekte prometne infrastrukture izvan turističke destinacije te organizacija pješackog prometa i prometa u kretanju.

Uloga koju promet ima u turizmu sve se više prepoznaje, no preciznih i na znanstvenim istraživanjima utemeljenim saznanjima o intenzitetu tog međuodnosa, dakle o stvarnoj važnosti koju turisti pridaju prometu i parkiranju kao njegovoj bitnoj sastavnici u destinaciji gotovo da i nema.

U tom je smislu potrebno istaknuti rezultate istraživanja Instituta za turizam iz Zagreba koji je u više navrata s vremenskim razmakom od nekoliko godina, istražujući zadovoljstvo gostiju turističkom ponudom u Hrvatskoj, istraživao i stupanj zadovoljstva prometnom dostupnošću destinacije i prometom u destinaciji. Prometnom dostupnošću turisti su uglavnom srednje zadovoljni, usprkos činjenici da se povezanost Hrvatske s emitivnim tržištem ostvaruje mrežom novoizgrađenih autocesta koje karakteriziraju najviši svjetski standardi. Među elementima koji ih najviše smetaju navode prometne gužve i buku, što upućuje na loše organiziran promet u gradovima te turističkim destinacijama i kroničan nedostatak parkirnih mjesta.

## 2. POJAM I TERMIN TURISTIČKA DESTINACIJA

Pojam destinacija koristio se u životu uopće, a zatim i u turizmu i ranije, ali uvijek kao sinonim za odredište, odnosno cilj putovanja. Razvojem turizma i formiranjem odgovarajuće specifične terminologije, termin destinacija počeo se sve više upotrebljavati s određenim i ponešto drugačijim sadržajem, kao „država, regija, grad i drugo područje koje posjećuju turisti“. O važnosti zemljopisne jedinice kao turističke destinacije, govore tri primarna čimbenika: atraktivnost, prirodne pogodnosti i pristupačnost. Oni se označavaju pojmom kvaliteta destinacije. Nigdje se pobliže ne definiraju granice niti se određuju konačne dimenzije prostorne jedinice koja kvalificira takvu prostornu jedinicu za naziv turistička destinacija. To može biti točka u prostoru (primjerice, turističko mjesto ili lokalitet), a može biti i teritorij cijele države.

U takvom je kontekstu pojam turistička destinacija bio prisutan u turističkoj teoriji i u svijetu turističke prakse, sve do trenutka dok turizmom nisu ovladali masovnost i razvijeni organizirani oblici turističkih putovanja. Dakle, dok suvremenim turističkim kretanjima (posebno u Europi) nisu ovladali turoperatori. Točka u prostoru, kakva je turističko mjesto i pogotovo turistički lokalitet, ubrzo su svojim opsegom postali suviše mali da bi mogli zadovoljiti interese i potrebe turista koji dolaze u takvo mjesto ili turistički lokalitet na višednevni turistički boravak. Takva su gledišta bila podloga za ideju koja je naišla na mnogo pobornika među teoretičarima, a sve sa svrhom da se pokuša preciznije definirati onaj širi prostor koji bi zadovoljio narasle potrebe turista u pojedinom turističkom odredištu. Američki teoretičar i profesor Claire Gunn zastupa mišljenje da su takve prostorne jedinice turistička zona i turistička regija. No, sve je više i onih koji u terminu turistička destinacija nalaze pravi sadržaj za ono što se želi naglasiti: da se radi o turistički organiziranom i prepoznatljivom prostoru, o „prodajnoj turističkoj jedinici“, u kojoj turisti nalaze sve ponudbene kapacitete i sadržaje koji će ih najprije privući, a onda i zadržati na duljem boravku. S druge strane, takva prostorna jedinica će pak kroz objektivno više mogućih i raznovrsnijih sadržaja omogućiti takvu potrošnju turista, koja će osigurati odgovarajuće (zadovoljavajuće) prihode lokalnom stanovništvu.

Turistička destinacija postaje temeljni institucionalni okvir u osmišljavanju koncepta turističkog razvoja. Ona odražava i bitnu promjenu u filozofiji turističke politike koja težište razvoja prebacuje od smještajnog objekta na čitav prostor turističke destinacije s njenom sveukupnom gospodarskom strukturom bilo da se radi o užem ili širem lokalitetu, županiji, pokrajini ili čitavoj državi. Destinacija je šira ili uža prostorna jedinica koju ne obilježava samo neki prirodni raritet, kulturni spomenik ili izuzetna manifestacija, već raspolaže nekim uporišnim, stožernim elementima „na kojima se gradi cjelovitost sadržaja, turistički razvitak i tržišna predodžba određene turističke destinacije“.

O strategiji razvoja turističke destinacije ovisi odabir modela prometnog razvoja. S jedne strane, zapažanja o krizi koncepta masovnog turizma kao da nameću nužnost radikalnih zahvata u bitna obilježja postojećih destinacija. S druge strane, one i nadalje funkcioniraju kao da se gotovo ništa nije dogodilo. Ponekad se stječe dojam da promjene u turističkoj potražnji nisu niti izbliza toliko drastične kao što bi se moglo očekivati iz nekih analiza o krizi masovnog turizma. To naravno ne znači da se razvoj destinacije treba zasnivati na modelu masovnog turizma. Dostupnost turističke destinacije sastavni je dio atraktivnosti turističkog proizvoda. Dinamika i struktura

promjena ovisit će od promjena koje se odvijaju u širem socijalnom okruženju u kojem se odvija turističko djelovanje. Prema tome, da bi se pružilo odgovore na pitanja o dinamici i smjeru promjena koje su potrebne turističkoj destinaciji potrebno je analizirati promjene u onim varijablama koje bitno utječu na profiliranje težnji, motivacije, potreba i očekivanja na turističkom putovanju.

Prema tome, turistička destinacija obuhvaća sve statičke i dinamičke elemente ponude, posebno elemente atraktivnosti turističkog proizvoda, pozitivne i negativne reakcije i dojmove posjetitelja i konačno veličinu turističkog prometa i prihoda koji joj određuju i potvrđuju određeni imidž i identitet izražen u visokom stupnju zadovoljstva posjetitelja.

### **3. PARKIRALIŠNI PROSTORI – ELEMENTI KVALITETE TURISTIČKE DESTINACIJE**

Čovjek je primarni generator prometnih potreba i odvijanja prometa, ali i trpi posljedice njegova lošeg odvijanja. Konflikti između pješaka i vozila su najteži prometni problemi, kako u prometu suvremenih gradova, tako i u prometu turističkih destinacija. U obalnim turističkim destinacijama, zbog masovnog turizma, taj problem narastao je do te mjere da ozbiljno umanjuje atraktivnost turističke ponude. Nositelji turističke i uopće razvojne politike bili su usmjereni na povećanje kapaciteta smještaja turista u hotelima, kampovima i privatnim sobama, a povećanjem broja turista i noćenja vrlo malo uloženo je u rješavanje prometa u kretanju, prometa u mirovanju i potreba pješaka.

Nedovoljno parkirališnog prostora za automobile i parkiranje na parkirališnim površinama, oduzimanje mjesta pješacima - parkiranim vozilima na pješačkim stazama te konflikt između pješaka i vozila trajni su i rastući problemi u svim većim i velikim gradovima, turističkim destinacijama i na otocima, osobito u turističkoj sezoni. U svim većim i velikim gradskim središtima ti su problemi prisutni cijele godine. Sve je manje prostora za vozila i, za čovjeka. Oskudni parkirališni prostor najčešće nije zaštićen od negativnih atmosferskih utjecaja, krađe stvari iz vozila, dijelova vozila ili njihova oštećenja (nepostojanje ili premalo javnih garaža, organiziranih i čuvanih parkirališta) u svim većim i velikim središtima i turističkim naseljima. Pretijesne i neplanski izvedene ulice, zbijene zgrade i malo slobodnog prostora u starim gradskim jezgrama dodatno potenciraju nedostatak parkirališnog prostora.

Potražnja za parkirnim uslugama nije konstantna, već varira od najmanje do najveće. Veličina raspona između najveće i najmanje potražnje te dinamičnost promjena osnovni su čimbenici koji utječu na veličinu parkirnih kapaciteta i financijski učinak. Također, za razliku od prometnih sredstava koja se, u slučaju većeg odstupanja od planiranog prometa mogu iznajmiti ili unajmiti, prodati ili kupiti i na taj način, privremeno ili trajno, prilagoditi veličini kapaciteta potražnji, za parkirne površine koje su u funkciji parkiranja i definirane lokacijom i namjenom, a investicijska ulaganja i vijek trajanja dug — to isto nije moguće. Zbog toga je pri izgradnji parkirnih lokacija potrebno uzeti u obzir i dugoročnu prognozu parkirnih potreba i potražnje, prognozu cikličnih oscilacija (dolazak turista tijekom turističke sezone zahtijeva veći broj parkirnih mjesta u odnosu na ostali dio godine) te eventualnu mogućnost nadograđivanja parkirnih kapaciteta sukladno potrebama.

U receptivnim turističkim državama, u koje turisti uglavnom dolaze automobilom, manja će potražnja biti za prijevoznim kapacitetima, ali će potražnja za prometnim kapacitetom infrastrukture biti veća proporcionalno turističkom prometu. Poznavanje oscilacija potražnje za određenom vrstom kapaciteta u prometu odlučujuće je za pravilno dimenzioniranje veličine kapaciteta te je stoga istraživanje oscilacija turističkog prometa i turističkih tokova nezaobilazna polazna osnova. Turističke oscilacije tijekom sata, dana ili godine značajan su čimbenik koji utječe na dimenzioniranje parkirnih kapaciteta.

Turistički promet znatno se razlikuje u velikim turističkim gradovima u odnosu na manje turističke gradove. Naime, dok se veliki gradovi s intenzivnim turističkim prometom, a osobito problemom nedostatka parkirnih kapaciteta, susreću tijekom cijele godine, dotle manji turistički gradovi navedene probleme imaju samo tijekom turističke sezone.

Stoga je razvitak turističkih destinacija potrebno promišljati ne samo kroz turističke kapacitete i ponudu, već i kroz kapacitete prometa u mirovanju i kretanju.

#### **4. ISTRAŽIVANJE O DOSTUPNOSTI I KVALITETI PARKIRALIŠTA U TURISTIČKIM DESTINACIJAMA**

Kako bi se dobili određeni pokazatelji o dostupnosti i kvaliteti parkirališta u turističkim destinacijama na području Republike Hrvatske provedeno je istraživanje na uzorku od 615 osoba u trajanju od 40-tak dana, odnosno od 05. ožujka do 11. travnja 2019. godine u sklopu diplomskog rada jednog od autora ovog članka. Za potrebe ispitivanja formirana je on-line anketa s ukupno 17 pitanja koja je podijeljena na 3 dijela. Anketa je bila anonimna, a pristupili su joj ispitanici iz različitih županija diljem Republike Hrvatske.

Cilj istraživanja bio je saznati koliko je ispitanika i u kojoj mjeri zadovoljno postojećim stanjem, dostupnošću i kvalitetom parkirališta u turističkim destinacijama na javnim površinama, kao i parkirališnom ponudom kod smještajnih objekata. Utječe li ponuda parkirališta i prometna zagušenja na izbor turističke destinacije i u kojoj mjeri.

U prvom dijelu ankete tražili su se opći podaci i profil ispitanika poput spola, dobi, obrazovanja i slično. U drugom dijelu ankete obrađena su pitanja vezana uz situacije i promišljanja na temu dostupnosti i kvalitete parkirališta u turističkim destinacijama gdje je fokus istraživanja bio na javnim parkiralištima. U trećem dijelu obrađen je sličan niz pitanja, ali je fokus istraživanja bio na dostupnosti i kvaliteti parkirališta uz smještajne objekte gdje turisti borave (poput hotela, apartmana, bungalova, turističkih naselja, soba, kampova i slično). U zadnjoj točki ankete, ispitanicima je bilo omogućeno da iznesu svoje prijedloge glede poboljšanja trenutne situacije, kao i osvrt na postojeće stanje.

U nastavku se (prema mišljenju autora i za potrebe ovog rada) prikazuju rezultati samo najvažnijih pitanja koja su postavljena ispitanicima, i to putem grafikona, kao što su:



- 1) Kakav je način putovanja prema turističkoj destinaciji ?
- 2) Imate li problema sa parkiranjem Vašeg vozila tijekom boravka u odabranoj turističkoj destinaciji?
- 3) Jeste li zadovoljni načinom na koji je riješeno parkiranje za Vaše vozilo u sklopu smještajnog objekta?
- 4) Slažete li se sa tvrdnjom da se kvaliteta turističke destinacije može ocjenjivati i brojem parkirnih mjesta, odnosno mogućnošću parkiranja neposredno uz smještajni objekt?
- 5) Kako biste ocijenili kvalitetu turističke destinacije ako se uzme kao kriterij dovoljan broj parkirnih mjesta?
- 6) Kako i na koji način bi riješili problem nedostatka parkirališnih mjesta u turističkim destinacijama?

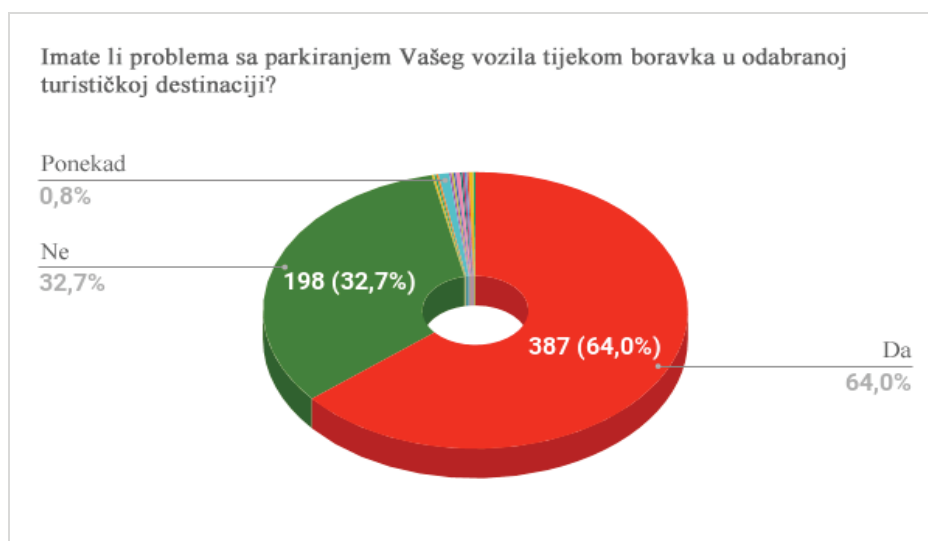
**Grafikon 1. Odgovori na anketno pitanje kakav je način putovanja prema turističkoj destinaciji**



**Izvor:** Štajdohar - Vinko, Slavica: Dostupnost i kvaliteta parkirališta u turističkim destinacijama (diplomski rad, neobjavljen), Sveučilište Sjever Koprivnica, str. 59., Koprivnica, 2019.

Iz grafikona 1 vidljivo je da put prema željenoj turističkoj destinaciji 567 ispitanika (93,7%) planira uglavnom u vlastitom aranžmanu, dok samo 48 ispitanika (6,3%) putuje organiziranim načinom prijevoza, što potvrđuje činjenicu da javni turistički prijevoz nije dovoljno konkurentan, ugodan i kao takav nije prihvatljiv za veći broj turista.

Grafikon 2. **Odgovori na anketno pitanje o problemu parkiranja u odabranoj turističkoj destinaciji**



**Izvor:** Štajdohar - Vinko, Slavica: Dostupnost i kvaliteta parkirališta u turističkim destinacijama (diplomski rad, neobjavljen), Sveučilište Sjever Koprivnica, str. 60., Koprivnica, 2019.

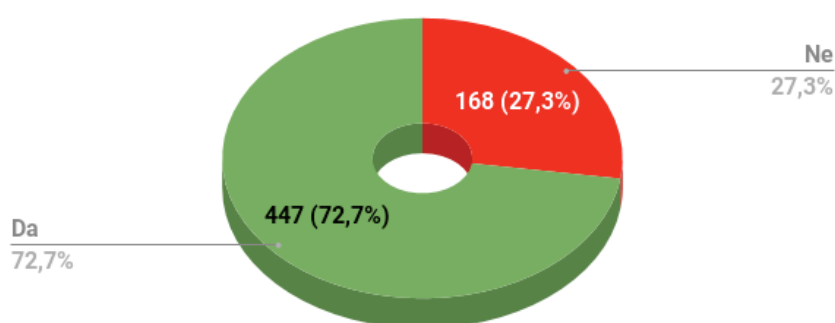
Na anketno pitanje imaju li ispitanici probleme s parkiranjem tijekom boravka u odabranoj turističkoj destinaciji, očekivanja su se potvrdila, odnosno 387 ispitanika (64%) ima probleme s parkiranjem, dok njih 198 (32,7%) nema probleme s parkiranjem, što je vidljivo iz grafikona 2. Prema njihovim kasnijim obrazloženjima, oni ljetuju u manjim mjestima gdje se još uvijek nekako snalaze ili ostave automobil kod smještajnih objekta u kojem noće i ne pomiču ga tijekom godišnjeg odmora. Ostatak od njih, odnosno 30 ispitanika (3,3%) te probleme ima povremeno, ovisno u kojem turističkom mjestu borave.

Postotak od 64% nezadovoljnih ispitanika i ako tome pridodamo još 3,3% koji imaju povremene probleme s pronalaskom parkirnog mjesta u realnom vremenu predstavlja izrazito veliki broj koji ukazuje na postojeći problem s kojim se sve više suočavaju turističke destinacije. Njihovo rješavanje u velikoj je mjeri prepušteno lokalnoj zajednici koja bez potrebne podrške stručnjaka rješava te probleme neuspješno ili manje uspješno. U razgovoru s domicilnim stanovništvom često možemo čuti neskriveno nezadovoljstvo nastalom situacijom. S jedne strane sve je veći stupanj motorizacije, pa tako i domicilno stanovništvo posjeduje sve više automobila, a kada tome pridodamo osobna vozila turista koji također žele svoje vozilo sigurno i bezbrižno parkirati u prostor koji je ograničen i često ne postoji mogućnost širenja istog, dolazi do konflikta između želje i ponude, odnosno između ponude i potražnje. Takvo stanje, odnosno nezadovoljstvo posjetitelja može brzo negativno utjecati na recenzije i sav napor turističke zajednice da destinaciju promovira kao poželjnom. Loša iskustva prenose se u povratku kući svojoj obitelji i prijateljima i nekontrolirano se šire. Stoga je potrebno promišljati i pronaći odgovarajuća rješenja te ugledati se na države koje su takve i slične probleme uspješno riješile ili rješavaju. Ponekad je čak i zabrana ulaska u središte destinacije bolje rješenje nego kruženje vozilom po vrućinama u traženju parkirnog mjesta. No,

ako postoji zabrana, potrebno je organizirati javni putnički prijevoz kako bi takve destinacije bile posjećene u mjeri u kojoj to i zaslužuju.

**Grafikon 31. Odgovori na anketno pitanje o zadovoljstvu načinom parkiranja u sklopu smještajnog objekta**

Jeste li zadovoljni načinom na koji je riješeno parkiranje za Vaše vozilo u sklopu smještajnog objekta?

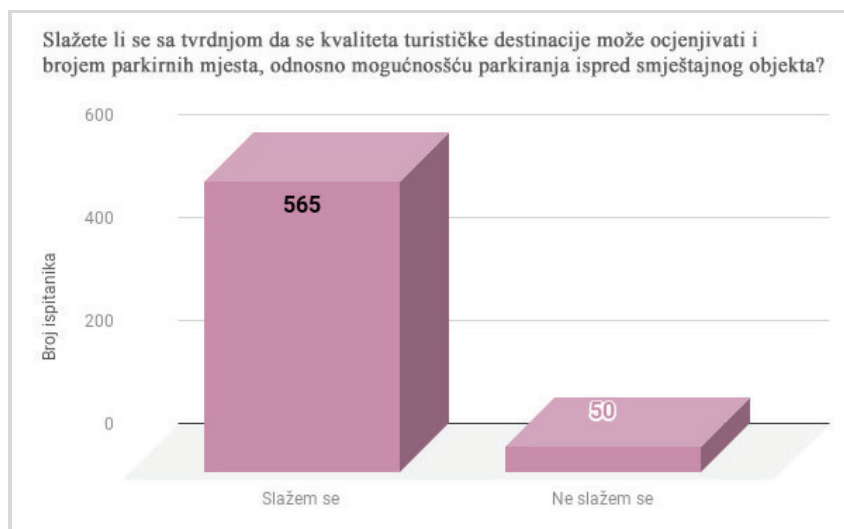


**Izvor:** Štajdohar - Vinko, Slavica: Dostupnost i kvaliteta parkirališta u turističkim destinacijama (diplomski rad, neobjavljen), Sveučilište Sjever Koprivnica, str. 70., Koprivnica, 2019.

Na pitanje u kojoj mjeri su posjetitelji zadovoljni ponuđenim parkirališnim mjestom u sklopu smještajnog objekta, prilično iznenađuje odgovor od 168 ispitanika (27,3%) koji kažu da nisu istim zadovoljni, što je vidljivo iz grafikona 3. Ovako veliki postotak, odnosno gotovo trećina ispitanika iskazuje svoje nezadovoljstvo ponuđenim i ukazuje zapravo na alarmantno stanje u turističkoj ponudi.

Očekivanje svakog turista je parkirno mjesto u sklopu smještajnog objekta na nekoliko metara od svog smještajnog objekta radi lakšeg manevriranja s osobnom prtljagom, zaštite automobila od vremenskih uvjeta, posebice u vrućim ljetnim mjesecima kada zrake sunca ugriju vozilo do te mjere da se rukama ne može uhvatiti volan. Svaki gost očekuje da ima dovoljno mjesta kako bi sigurno parkirao svoje vozilo, s dovoljno manevarskog prostora, bez straha kada mora pomaknuti svoje vozilo (primjerice, prilikom odlaska u nabavu ili razgledavanje) ili da će ostati bez njega. Također, očekuje da ima dovoljno mjesta za nesmetan ulazak i izlazak s parkirnog mjesta i da ne mora stati iza drugog parkiranog vozila i strepiti hoće li se morati pomaknuti. Sve to zajedno utječe na ocjenu zadovoljstva načinom parkiranog vozila.

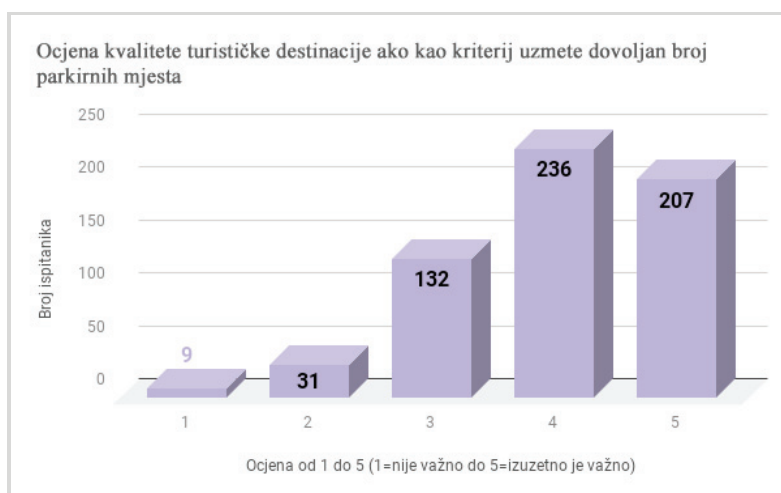
Grafikon 4. **Odgovori na anketno pitanje o važnosti ocjenjivanja kvalitete turističke destinacije u ovisnosti s dostupnim brojem parkirališnih mjesta**



**Izvor:** Štajdohar - Vinko, Slavica: Dostupnost i kvaliteta parkirališta u turističkim destinacijama (diplomski rad, neobjavljen), Sveučilište Sjever Koprivnica, str. 70., Koprivnica, 2019.

Čak 565 ispitanika (91,9%) se slaže s tvrdnjom da se kvaliteta turističke destinacije može ocjenjivati brojem parkirnih mjesta, odnosno mogućnošću parkiranja ispred smještajnog objekta, dok 50 ispitanika (8,1%) od 615 misli da to nije bitno, što znači da neće ocjenjivati kvalitetu turističke destinacije prema broju parkirališta, čak i bez obzira na moguće probleme s parkiranjem na koje su naišli tijekom posjete, što je vidljivo iz grafikona 4.

Grafikon 5. **Odgovori na anketno pitanje o ocjeni kvalitete turističke destinacije ako se uzme kao kriterij dovoljna broj parkirnih mjesta**



**Izvor:** Štajdohar - Vinko, Slavica: Dostupnost i kvaliteta parkirališta u turističkim destinacijama (diplomski rad, neobjavljen), Sveučilište Sjever Koprivnica, str. 76., Koprivnica, 2019.

U kojoj mjeri je posjetiteljima turističkih destinacija kriterij „dovoljan broj parkirališnih mjesta“ važan i određuje kvalitetu destinacije, odgovor daje grafikon 5. Tek malom, zanemarivom broju od 9 ispitanika (1,4%) to nije važno i ne ocjenjuju kvalitetu destinacije prema tom pokazatelju. Slijedećih 31 ispitanika (5%) kaže da je to manje važan kriterij, dok je srednje važno njima 132 (21,4%). Ipak, pretežni broj ispitanika, njih 443 (72%) smatra da je to vrlo ili izuzetno važan kriterij pri ocjenjivanju kvalitete turističke destinacije. Ovaj podatak se ne bi trebao zanemariti i dobar je pokazatelj koliko je važno baviti se ovim problemom u punom većem opsegu nego se to radilo do sada. Činjenica je da su turisti sve zahtjevniji, ponuda u svijetu je sve raznolikija i bogatija i ne smije se zaostajati za tim trendom, kako ne bi došlo do stagnacije turizma.

**Grafikon 6. Mišljenja ispitanika glede rješavanja problema nedostatka parkirališnih mjesta u turističkim destinacijama**



**Izvor:** Štajdohar - Vinko, Slavica: Dostupnost i kvaliteta parkirališta u turističkim destinacijama (diplomski rad, neobjavljen), Sveučilište Sjever Koprivnica, str. 77., Koprivnica, 2019.

Na kraju ankete ispitanicima je ponuđena mogućnost da po želji daju osvrt na problematiku i predlože neko svoje rješenje. Tu mogućnost je iskoristilo 240 ispitanika (40%), dok se njih 60% nije izjasnilo, što je vidljivo iz grafikona 5.

Tako je daleko najviše ispitanika mišljenja da je budućnost u izgradnji garažno-parkirnih objekata. Čak 100 (41,6%) ispitanika dijeli to mišljenje. Slijedi izgradnja novih parkirališnih površina prema mišljenju 39 ispitanika (16,2%). Rješenje u poboljšanom javnom prijevozu vidi ukupno 27 ispitanika (11,2%). Planiranje parkirališnih kapaciteta prije gradnje objekata predlaže njih 24, odnosno 10%, a ukupno 22 ispitanika (9,1%) predlaže „Park & Ride“ sustav izvan središta turističke destinacije. Prenamjenu parkirališta u privremena parkirališta predlaže njih ukupno 12, odnosno 5%, a da nema nikakvog rješenja kaže njih ukupno 14 (5,8%).



## 5. ZAKLJUČAK

U Hrvatskoj, državi kojoj turizam predstavlja jednu od glavnih gospodarskih grana, prometno povezivanje turističkih odredišta osnovni je uvjet razvoja turizma. Stoga su promet i turizam komplementarni u pogledu daljnjeg razvoja i povećavanja kvalitete usluga. Međutim, specifičnosti turističkih odredišta s nizom povijesnih i prirodnih zanimljivosti u pretpostavci kvalitetne ponude negiraju prisutnost prometnih sredstava ili ih prihvaćaju u broju i opsegu u kojem se ne narušava bit i svrha turističke destinacije. Pojava prometa na takvim mjestima višestruko smanjuje kvalitetu turističkog mjesta jer vozila vizualno narušavaju ljepotu lokaliteta. Ekološki problemi posebno su naglašeni kroz buku i emisiju ispušnih plinova. Zagušenja ili manji zastoji nisu rijetki budući da je pristup prirodnim ljepotama ili povijesnim posebnostima često nepristupačan ili znatno otežan.

Postojeća organizacija i regulacija prometa i parkiranja u turističkim destinacijama redovito nije rezultat proučavanja i studiranja ove problematike, već je najčešće kao što je to kod nas praksa, rezultat fragmentarnog rješavanja uočenih problema. To je posebno izraženo u jadranskim turističkim naseljima jer je to izrazito turističko područje na kojemu se prepliću tokovi turističkog i ostalog prometa. Tranzitnim su prometom posebno opterećeni veći i srednje veliki gradovi i primorska mjesta u kojima se nalaze trajektne luke za povezivanje otoka s kopnom.

Upravljanje prometom u turističkim destinacijama stoga postaje prvorazredni problem ne samo prometnim planerima, nego i turističkim djelatnicima jer se promet, koji je zapravo omogućio turizam kakav danas imamo, pojavljuje kao potencijalan njegov uništavatelj na pojedinim lokacijama. Razvoj turizma na nekom području stoga je najuže vezan uz razvoj i organizaciju prometa. Realno je očekivati da će se prometni problemi s ubrzanim razvojem turističkih putovanja još više povećavati pa njihovo rješavanje podrazumijeva intenzivan angažman svih onih koji mogu pridonijeti njegovu rješavanju, a to su u prvom redu prometni i turistički stručnjaci, koji zajedničkim radom trebaju dimenzionirati poželjan rast turizma i pripadajućeg prometa u skladu s načelima održivoga razvoja.

U ovom radu potvrđena je pozitivna veza između konkurentnosti turističke destinacije i turističke potražnje s fokusom na kvalitetno riješenom parkirnom smještaju u turističkim destinacijama i potvrđeno je da upravo konkurentnost turističkih destinacija postaje ključna determinanta turističke potražnje. No, kako na turističku potražnju ne utječe samo jedna dimenzija, već konkurentnost određuje više pokazatelja, potrebno je osim rješavanja problema prometa u mirovanju baviti se i drugim pitanjima koji zajedno s pozitivnim rješavanjem prometa u mirovanju utječu na ukupnu kvalitetu turističkih destinacija, a time i na odluku o dolasku, ponovnom dolasku, ili preporuci turističke destinacije.

## LITERATURA

- [1] Bulat, G., Maršanić, R., Pupavac, D.: Parkiranje – čimbenik turističke ponude u turističkim destinacijama, 3. Međunarodna znanstveno-stručna konferencija: Izazovi današnjice – Održivi obalni i pomorski turizam, Veleučilište u Šibeniku, Šibenik, 2017.

- [2] Čorak S. et al: Istraživanje stavova i potrošnje turista u Hrvatskoj, TOMAS, Institut za turizam, Zagreb, Hrvatska, 2011, 2013., 2015., 2017.
- [3] Maršanić, R.: Parkiranje u turističkim destinacijama, IQ Plus d.o.o., Kastav, 2008.
- [4] Maršanić, R.: Kultura parkiranja • Organizacija – Tehnologija – Ekonomika –
- [5] Maršanić, R.: Organizacija parkiranja u urbanim područjima, Naklada Kvarner i Sveučilište Sjever Koprivnica, Novi Vinodolski – Koprivnica, 2019.
- [6] Maršanić, R., Mrnjavac, E.: Role of parking in the hotel supply chain managemet, LogForum, Scientific Journal of Logistics, 2015, 11(4), Poznan, Polska, 2015.
- [7] Maršanić, R., Mrnjavac, E.: Effect on capacity optimization of parking logistics flows in tourism destinations, Scientific Project LOGISTICS FLOWS MANAGINS IN TOURISM DESTINATION 2012, University of Rijeka Faculty of Tourism and Hospitality Management Opatija, Opatija.
- [8] Maršanić, R.: The importance of parking space quality in tourist destination, 6<sup>th</sup> International Scientific Conference, Management in the Fuction of Increasing the Tourism Consumption, Faculty of Tourism and Hospitality Management, Conference proceedings, Opatija, Croatia.
- [9] Mrnjavac, E.; Maršanić, R.: Parking – An Element of Hotel Product Quality, Scientific Project Supply Chain Management in Hospitality Industry, University of Rijeka, Faculty of Tourism and Hospitality Managemnt Opatija, Opatija, 2018.
- [10] Pupavac, D., Maršanić, R., Krpan, Lj.: Significance of stationary traffic as factor in logistics systems in tourist destinations, 1. znanstvena konferencija o inovativnim pristupima suvremenim ekonomskim problemima, DIEM 2013., Sveučilište u Dubrovniku, Odjel ekonomike i poslovne ekonomike, Dubrovnik, 2013.
- [11] Štajdohar - Vinko, Slavica: Dostupnost i kvaliteta parkirališta u turističkim destinacijama (diplomski rad, neobjavljen), Sveučilište Sjever Koprivnica, Koprivnica, 2019.

# Comparisons of travel speeds between different sustainable modes in Ljubljana

## Author:

Simon Koblar; Urban Planning institute of the Republic of Slovenia; [simonk@uirs.si](mailto:simonk@uirs.si)

Luka Mladenovič, dr.; Urban Planning institute of the Republic of Slovenia; [lukam@uirs.si](mailto:lukam@uirs.si)

## Summary

Travel time is one of the most important factors when choosing a travel mode. Cycling is considered the fastest travel mode in city, but we lack empirical data to prove that. In the article we compare travel times between public transport, cycling with private bike, using bike sharing system and walking in Ljubljana. In order to use realistic origins and destinations, we analysed bus passenger's smart card data and determined alighting stops using a proven algorithm for a chosen typical day. This gave us a matrix of origins and destinations with respective travel times, that we used as a basis for our analysis. Travel times for cycling, bike sharing and walking were calculated with UIRS accessibility atlas. Then we ran some statistical analyses to find out strengths and weaknesses of each travel mode regarding different factors. The results of the study can be used to encourage people to use fastest mode of transport for respective distance, improve public transport on some corridors or add new bike sharing stations.

**Keywords:** Ljubljana, public transport, cycling, bike sharing, walking, travel speed

## Naslov stručnog rada na hrvatskom

Usporedba brzina putovanja između različitih održivih načina putovanja u Ljubljani

Podaci o autorima rada

Simon Koblar; Urban Planning institute of the Republic of Slovenia; [simonk@uirs.si](mailto:simonk@uirs.si)

Luka Mladenovič, dr.; Urban Planning institute of the Republic of Slovenia; [lukam@uirs.si](mailto:lukam@uirs.si)

## Sažetak na hrvatskom

Trajanje putovanja jedan je od najvažnijih čimbenika pri odabiru načina putovanja. Vožnja biciklom smatra se najbržim načinom putovanja u gradu, ali nedostaju nam empirijski podaci koji bi to dokazali. U članku uspoređujemo trajanje putovanja između javnog prijevoza, vožnje vlastitog bicikla, korištenja sustava dijeljenih bicikala i pješčenja u Ljubljani. U svrhu korištenja realnih ishodišta i odredišta, analizirali smo podatke pametnih kartica autobusa i utvrdili izlazna stajališta koristeći provjereni algoritam za odabrani tipični dan. To nam je dalo matricu ishodišta i odredišta s odgovarajućim trajanjima putovanja koje smo koristili kao osnovu za svoju analizu. Trajanja putovanja za biciklistički promet, dijeljenje bicikla i pješački promet izračunano je atlasom pristupačnosti UIRS. Zatim smo proveli neke statističke analize

da bismo odkrili prednosti i slabosti svakog načina putovanja s obzirom na različite faktore. Rezultati studije mogu se koristiti za poticanje ljudi na najbrži način prijevoza za određenu udaljenost, poboljšanje javnog prijevoza na nekim koridorima ili dodavanje novih stanica za dijeljenje bicikala.

**ključne riječi:** Ljubljana, javni prijevoz, biciklistički promet, dijeljenje bicikla, pješački promet, brzina putovanja

## Introduction

Understanding residential travel habits and mechanisms behind them play an important role within sustainable mobility planning. The objectives of sustainable mobility measures are usually associated with the aim of influencing the travel habits by reducing the use of car in favour of other, so called sustainable transport modes, such as public transport, cycling and walking. People that are inclined to use sustainable modes are then faced with a dilemma which travel mode to choose. Furthermore, users often change their travel patterns and make changes among other modes of transport. For example, people who cycle in good weather are often switching to use bus more frequently in the winter months. Change of work or family structure are another common situation when changes in travel habits happen most commonly. It is therefore important to understand the reasoning of citizens when developing a travel habit, mechanisms that can lead to a change of habits and elements of transport modes that can have influence on the change.

Numerous studies have addressed characteristics affecting mode choice decisions such as relationship between land-use and accessibility or travel related attributes such as cost and time. But such fundamental factors are only the first layer of understanding what drives the habit.

Morris and Guerra [1] find that auto travel produces more positive feelings than transit travel due to factors like protection from the elements; feelings of power, mastery, control, prestige, and self-esteem, convenience, reliability, privacy, greater control over one's environment (such as climate control), and personal comfort. Other studies have found that walking and cycling are associated with relatively positive emotions as well. Stradling et al [2] prepared an overview of factors which are most influencing choice of mode in studies on transportation, such as comfort, cleanliness, information or safety.

Several studies focused on factors related to individual modes. For instance, factors specifically related to public transport which might prevail are frequency of travel, fare, or staff performance. Carreira et al. [3] tried to determine which aspects influence a positive public transport travel experience and categorized the conceptual domain of the travel into the 11 dimensions: cleanliness, comfort, easy accessibility, information provision, off-board services, on-board entertainment, safety, social environment, staff's skills and visibility of the scenery. Gatersleben and Appleton [4] focused on factors related to motivation for cycling. In their interviews with regular and occasional cyclists' factors such as fitness improvements, having fun, being outside, flexible form of transport, inconveniences related to bike use and traffic safety have been identified as important when considering cycling as a daily mode of transport [5]

One of important factors, when considering different travel options, remains travel time. Increased amounts of time spent commuting have been found to not only negatively impact trip satisfaction [6], but also to reduce a commuter's well-being and social participation [7]. Morris and Guerra found that travellers dislike the commute significantly more than other types of travel. In some cases, obviously mostly related to other than commuting related trips, travel can have also positive benefits, including aesthetic enjoyment (watching scenery), the thrill of high speed, the satisfaction of curiosity, feelings of mastery and control, escape from the stresses of work and home, etc. [1]. But what needs to be considered is, that this variety of factors only become relevant once alternatives are comparable in terms of convenience, acceptability, price and after all also time needed for the trip.

The main focus of the paper is travel time comparison between different sustainable transport modes. Several studies already compared actual trips within urban environment. For instance, Andersen [8] compared trips done by new Copenhagen metro line extension with cycling. Comparison showed that on the level of short urban trips cycling is the fastest travel mode. Public transport becomes the fastest mode on longer distances, for instance on connections of the city with surrounding [8]

The paper builds on a hypothesis that actual trips done in the city often don't reflect the optimal travel mode in terms of time. The study presents results of travel time comparison for different travel modes in City of Ljubljana. Within the research we tried to determine whether actual trips, done by residents using bus service could be done quicker with other travel modes. We also tried to identify which trip distances within the city are quicker if done by bus in comparison to other modes. Furthermore, we tried to determine on which distances walking and cycling are usually a better choice regarding travel time.

## Methodology

Data used in the study was collected from bus trips within the City of Ljubljana. Ljubljana is the largest city in Slovenia and its capital, with a population of 280,940, an area of 163.8 km<sup>2</sup> and a gross population density of 1,715.5 people/km<sup>2</sup> [9]. Bus operator in Ljubljana is Ljubljanski potniški promet (LPP). In 2018 just under 37 mio. passengers travelled with city bus lines [10].

## Data and software used

The basis for comparison were validations done on city busses. The data was kindly provided by the operator LPP. Data was collected in electronic payment system at the bus boarding stations and registered in centralised database. Important fields for data analysis are card ID, date and time, line and stop. Unfortunately, users only register at boarding station, so alighting stop is not recorded and had to be calculated. This was done for a typical day. Therefore, we analysed all validations from year 2016 to find a typical day with average number of validations, no rain and other special events – e.g. big concerts, public gatherings, start of school year, etc. Wednesday of 18. 5. 2016 was chosen. In total 142.181 validations occurred on that day, out of which 113.985 were included in analysis of destination stops, others did not meet required entering criteria to have more than one validation per card that day and ability to link trips to schedules data.



For calculation of alighting stops we used proven and well working algorithm [11]. Calculation was done with a custom script using PHP and MySQL. More details about calculation of alighting stops for Ljubljana can be found in previously published work [12], [13]. In total alighting stops were found for 110.069 validations – 96,5 % of all that met input criteria.

Next step was to link multipart trips into one journey. We used a criterion of less than 60-minute transfer time between alighting time and next boarding time and less than 800 m of walking distance between alighting stop and next boarding stop. That gave us 74.269 origin-destination pairs. Distance traveled was calculated from GTFS schedules based on shapes.txt file. Schedules valid in May 2016 were provided by LPP in a GTFS file.

Street network graph was constructed from OpenStreetMap, downloaded from geofabrik server [14] on 10. 10. 2019. Data for Ljubljana is detailed enough and exceeds other publicly available sources [12], [15], [16]. OpenStreetMap also includes data about all bike sharing locations in Ljubljana. Travel times for walking, cycling and rented bicycle were calculated by UIRS accessibility atlas that runs OpenTripPlanner software [17] with GTFS and OpenStreetMap for Ljubljana. We used general settings for trip time calculations. Calls to the OpenTripPlanner were done in R studio using otp package based on Youngs [18] approach. Separate tables with travel times and distances calculated by OpenTripPlanner were joined and analysed in Microsoft Access.

Figure 1 shows travel time comparison for one origin-destination pair. This procedure was repeated for all 74.269 origin-destination pairs. Bus time is calculated from actual validations, while travel times for other modes are simulated in UIRS accessibility atlas. Because we added extra 5 minutes to the bus trip for walking, we can't directly compare travel times for a single origin-destination pairs, as the bus trip is 400 m longer because of walking. Therefore, we aggregated result based on effective distance travelled.



Figure 1: comparison of trip times for selected trip. Note: added extra 5 minutes to bus trip for waiting for arrival and 5 minutes to walk to bus stop; 2 minutes for cycling for unlocking and locking the bike; 1 minute to bike sharing for bike rental.

### Calculation of trip times and speeds

Travel speeds gathered from validations represented best case scenario with origin and destination of trip on the location of bus stop and no waiting time required to board first bus. Therefore, we added an extra penalty time. Bus users are usually walking to the bus stop [19]. Celcer [20] assumed that 80 % of users walk to a bus stop 400 m or less, with an average speed of 5 km/h, which means approximately 5 minutes of walking [20]. Tiran et al. [16] found that propensity to walk to bus station in Ljubljana is very high up to 3 minutes and falls to 67 % at 5 minutes. Therefore, we decided to add 5 minutes to each trip for so called “first and last mile”. Changes to this value would have a big effect on travel speed on short distances. We also added another 5 minutes of waiting time. This estimate is done on the basis of previous analyses of public transport in Ljubljana [12], [21]–[23]. This represents average waiting time for the line that has interval of 10 minutes. On lines with longer interval, users usually

check timetables before going to the bus stop [24], but still arrives a few minutes before in case of early bus arrival.

Time spent on one trip is calculated by summarising all drive times and transfer times and is calculated as:

$$t_{trip} = \sum_1^n t_{drive} + \sum_1^n t_{transfer}$$

Total time spent on one trip includes extra time for walking “first and last mile” and waiting for the first bus to arrive and is calculated as:

$$t_{trip\ total} = t_{trip} + t_{waiting} + t_{walking}$$

Where:  $t_{waiting} = 5\ minutes$  and  $t_{walking} = 5\ minutes$

Travel speed is function of travel time and distance. Bus trip speed includes only trip time with no “penalties” and is calculated as:

$$v_{bus\ trip} = \frac{t_{trip}}{\sum_1^n d_{drive} + \sum_1^n d_{transfer}}$$

Where  $d_{drive}$  is the actual travelled distance on bus line and  $d_{transfer}$  is distance walked between alighting stop on previous line used on trip and next line used.

Total travel speed includes total time spent on one trip and total distance travelled, including 400 m for walking.

$$v_{bus\ trip\ total} = \frac{t_{trip\ total}}{\sum_1^n d_{drive} + \sum_1^n d_{transfer} + 400\ m}$$

Calculating walking distance usually results in shortest distances, as the street network where walking is allowed is the densest. Distance between two points on a bus route can be significantly longer than the shortest distance between these two points. We determined walking distance from origin to destination as “real” travelled distance and used this value to calculate real bus travel speed. It is calculated as:

$$v_{bus\ trip\ total\ effective} = \frac{t_{trip\ total}}{d_{walking} + 400\ m}$$

Where  $d_{walking}$  is walking distance between origin and destination points.

Bike trip time is calculated with added extra 2 minutes to each bike trip – time used to unlock and lock the bike and walk to the destination. This time is a bit longer, to take into consideration extra time spent walking from location where bike is locked to destination because it is not always possible to lock bike directly at the destination. This is based on our own experiences, Andersen [8] also used same values in his calculations, however, to get a more precise value additional research would be required. Bike speed is calculated as:

$$v_{bike\ effective} = \frac{t_{bike} + 2\ minutes}{d_{walking}}$$

For bike sharing we added extra minute for renting and returning the bike.

$$v_{bike\ share\ effective} = \frac{t_{bike\ share} + 1\ minute}{d_{bike\ share}}$$

Walking speed was calculated as:

$$v_{walking\ effective} = \frac{t_{walking}}{d_{walking}}$$

## Results

### Travel speed

Figure 2 shows histograms, mean values and standard deviations of effective travel speeds. Bicycle is fastest with average effective speed of 12,9 km/h and standard deviation of 2,32. Bus is slower with average effective speed of 8,8 km/h and standard deviation of 3,5. That means bus it is not only slower than cycling but has more variations in average effective speed. On some trips speed exceeds 20 km/h, but there are also trips with average effective speed below walking speed of 4,8 km/h. Reason for high differences is in bus line structure, where a line is significantly longer than shortest distance between origin and destination, as demonstrated on figure 1. Average effective speed is also falling by the number of transfers, but only 4 % of trips were completed with more than one transfer. Rented bicycle has average effective speed of 7,2 km/h and a low standard deviation of 2. There is a peak in histogram around walking speed of 4,8 km/h – trips where walking is faster than renting a bicycle due to distance to closest bicycle rent stations. Walking is the slowest mode with

average speed of 4,7 km/h. The only thing affecting walking speed are slopes, but inhabited part of Ljubljana is flat, thence low standard deviation of 0,2.

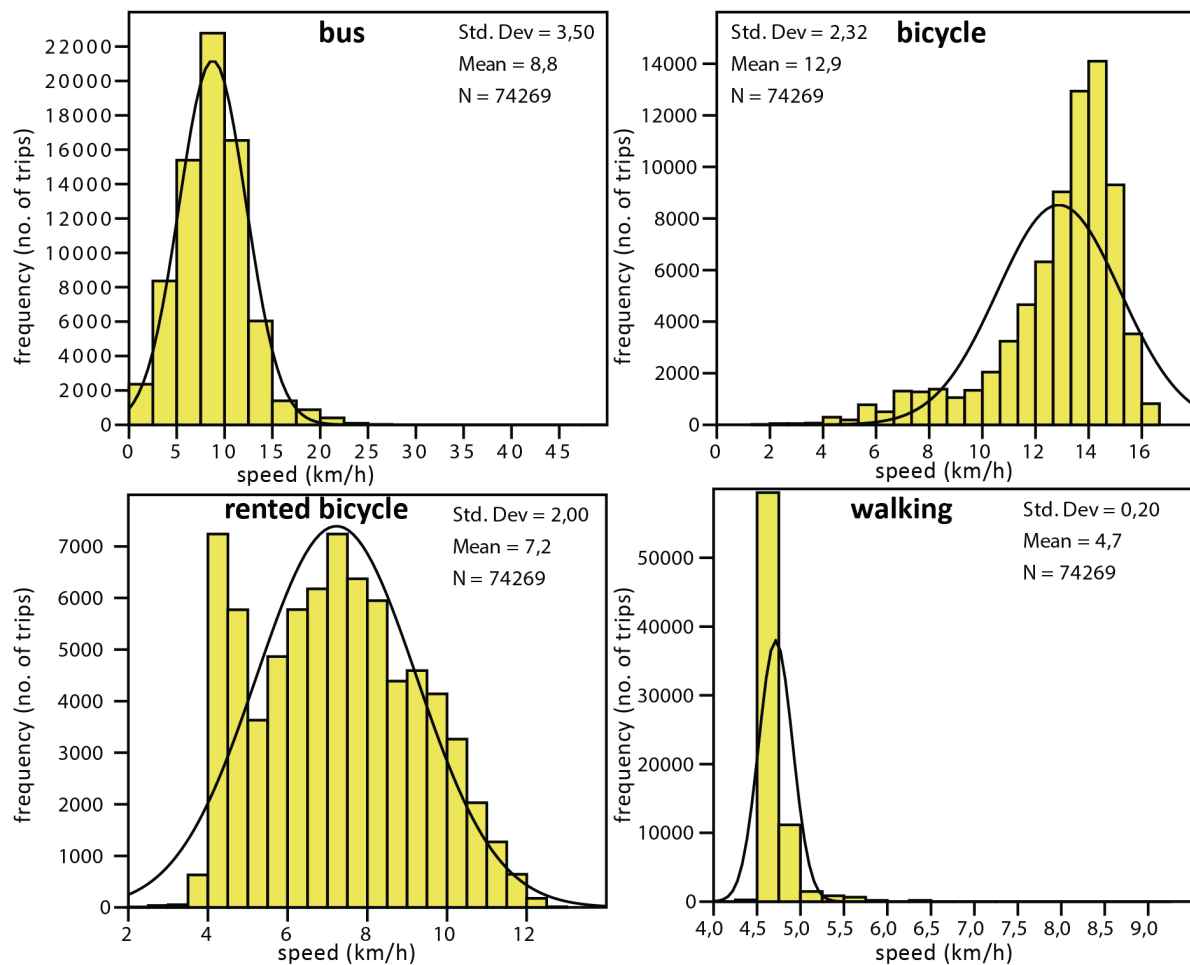


Figure 2: histogram of effective travel speeds for bus, bicycle, rented bicycle and walking

### Travel speed vs. distance

Average speed also varies by the trip distance. Especially with modes that have added fixed penalty time. That is also the reason average speeds for short trips are quite low. Figure 3 shows relation between average effective travel speed and trip distance for short trips. Walking is the fastest mode up to around 270 m. It stays second fastest up to 950 m, where rented bicycle and bus become a bit faster. Rented bicycle is faster than cycling up to 200 m, because we added extra 2 minutes to each bike trip and only 1 minute to rented bicycle trip. With bike sharing, trips can be completed only by walking, without renting the bike, which is usually the case for distances up to 300 m. Cycling becomes fastest mode at around 300 m.



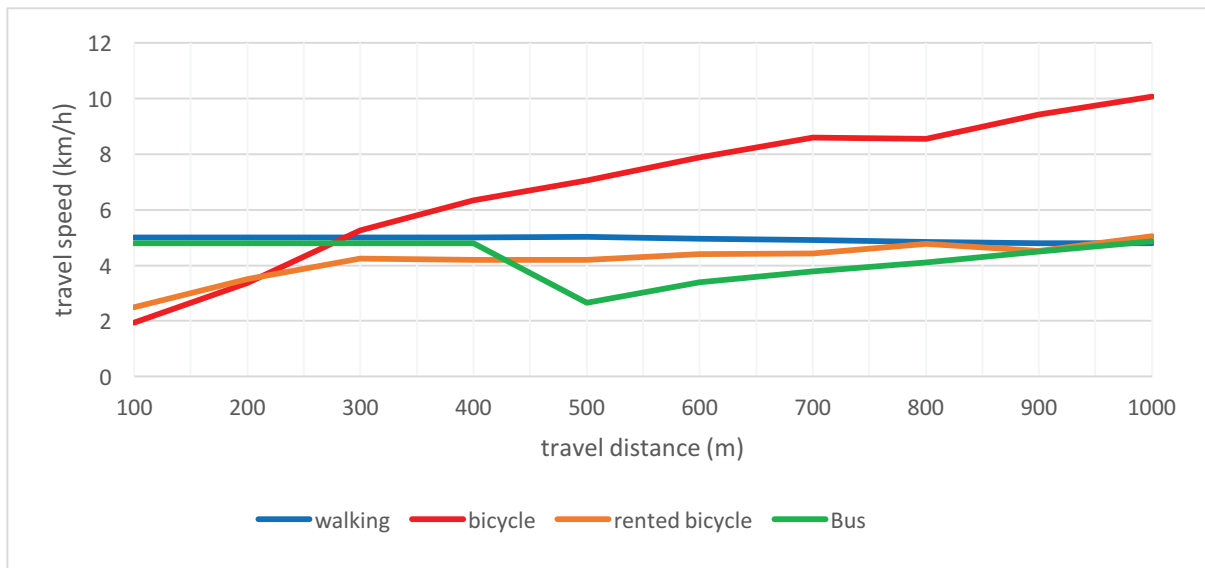


Figure 3: trip distance and average effective travel speeds for short trips. Note that extra walking distance of 400 m for bus trips determine travel speed at walking speed of 4,8 km/h.

Figure 4 shows average speeds for longer trips. At 1 km cycling is already the fastest mode and stays the fastest up to 13 km, where bus becomes slightly faster. Walking speed does not change by the distance. More interesting is rented bicycle. The speed increases for trips up to 5 km and starts to decline afterwards. This is because there are no renting stations on edge of the city, therefore more walking is required. Speeds would be significantly higher if we would limit origin-destination matrix on the area covered by bike sharing system.

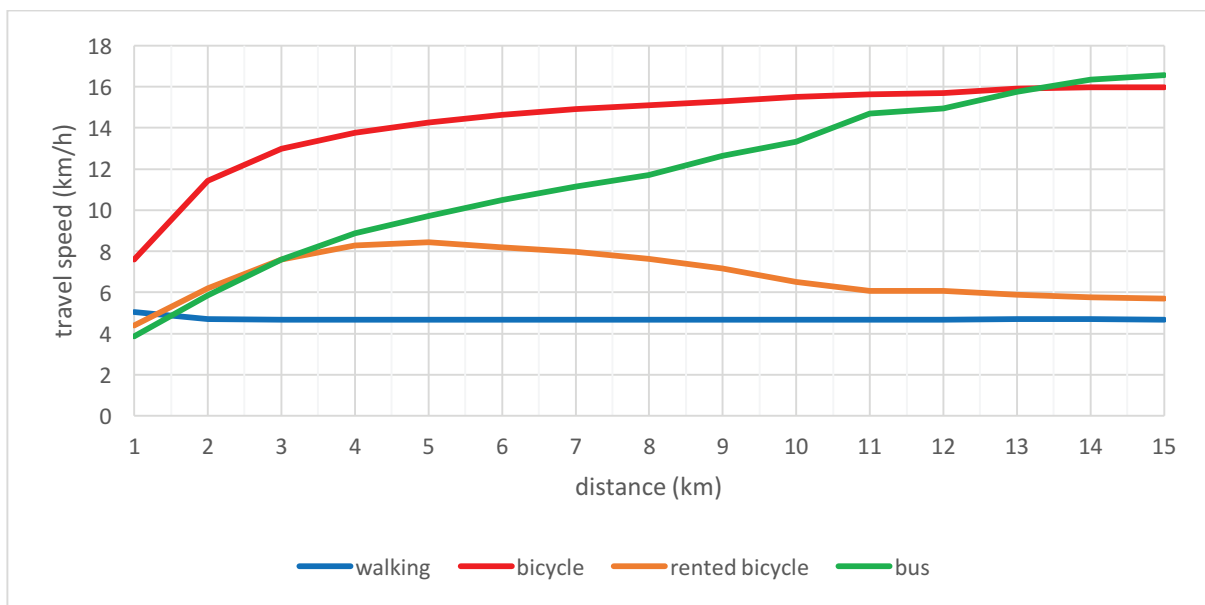


Figure 4: trip distance and average effective travel speeds for longer trips

## Distance travelled

Travel speed can sometimes be difficult to understand. Thus, we calculated distance that can be travelled in 15, 30 and 45 minutes, shown on figure 5. In 15 minutes, using rented bicycle and bus results in only slightly longer distance travelled than walking. This is largely affected by 400 m and 5 minutes of walking added to bus trip and 5

minutes of waiting time. At 30 minutes, distance travelled with rented bicycle becomes much bigger than walking. With bus, you can travel almost 3 times further than by walking. Cycling is the fastest with 7,6 km travelled and is also fastest at 45 minutes, although only slightly faster than bus.

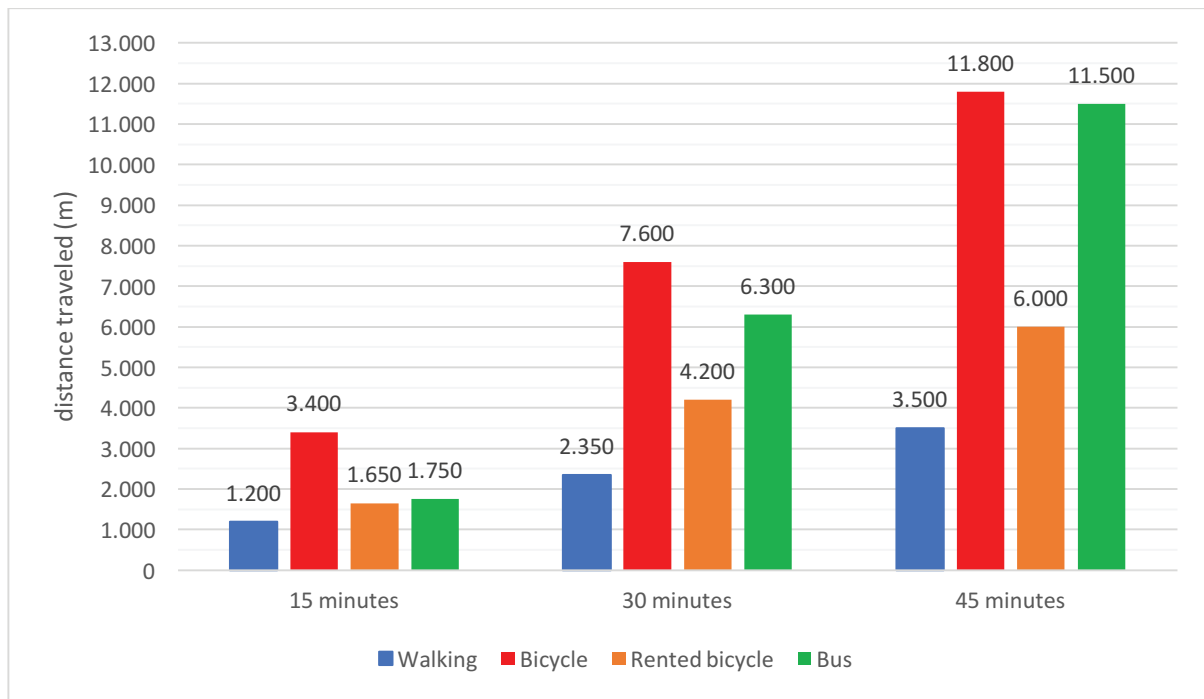


Figure 5: distance travelled in 15, 30 and 45 minutes.

## Discussion

The study presents new insight into data concerning travel time and options for City of Ljubljana, which is relevant also for other comparable cities in the region. For analysis we used data driven approach to confirm well known facts. Most of results are in line with field observations and previous studies, but new insights are possible with available data.

Average bus speed on the system was slowly increasing in recent years, partially because of changes in ticketing system, introduction of dedicated bus lanes and new newer buses. In 2005 average bus speed on whole system was around 17 km/h and highest average speed on individual line was just above 26 km/h in out of peak time [25]. Data for 2011 [26] show that average bus travel speed measured on some lines in morning and afternoon peak hour was 15 km/h, and average travel speed on whole system 18 km/h. But this are drive speeds, that does not reflect real travelled speed, that includes transfer and waiting time, walking and differences in shortest path between origin and destination and bus line. Our study show, that from the passenger perspective the travel speed depends on the distance of the trip and can only on longer distances reach the average speeds from previous studies. For shorter distances within the city, it is usually much lower. Average bus travel speed from our study is 17,1 km/h – including driving and transfer times and average effective travel speed is 8,8 km/h with average effective distance travelled of 3.950 m.

Data shows that walking is the fastest travel mode only on distances up to 270 m. From that distance on the bicycle becomes the fastest and leads up to more than 12 km. this is a good argument to promote this two, so called active travel modes, on short distances, not only to save time, but also to promote health among citizens and reduce congestion on busses.

For a city the size of Ljubljana the distance of 12 km represents most of the urban area, parts of suburban surrounding but also some closer surrounding towns, such as Domžale, Medvode and Škofljica. With high quality cycling infrastructure commuting by bike could become a viable option from several directions.

Rented bicycle is not the fastest travel mode on any distance, due to relatively long distances that a user needs to walk to and from the bike sharing station. More stations on the edge of the city would make it better alternative for trips done by bus. With fourth generation (dockless) bike sharing and electric scooters, which are also appearing within the city, the situation in our model could change and these two modes could become comparable to bikes in terms of speed.

Data shows that bus becomes the quickest mode only on longer distances. Local bus connections are also very important for keeping good mobility alternatives for those who cannot cycle. Users with reduced mobility, elderly residents and other citizen need alternatives and a good and competitive bus service on short distance is more important for them than other modes. This indicates that Ljubljana needs more dedicated bus lanes, and less time spent on stations waiting for passengers to board the bus and reorganisation of bus network. It also indicates that more focus should be done on improvements and promotion of cycling for shorter trips within the urban area.

Comparison of modes presented in the paper focused on travel time and speed. Of course, at this point we need to return to other factors influencing the travel decisions and habits as well. Costs related to travel might be as important as time for commuters. For people with reduced mobility the ability to use might prevent them from using all modes. Younger residents might be more open to new services and prefer renting over owning a transport mean.

Additional research with available data in future could focus on adding trip costs as a factor and convert it to time. This would give us basis for travel mode choice. Origin-destination matrix could also be grouped based on specifics e.g. focusing on trips along major roads with frequent bus lines.

## Acknowledgments

Authors thank for the financial support from projects ASTUS – funded by Interreg Alpine space and DG MOVE – SUMI in which some of the presented work was done. Many thanks also to Jošt Šmajdek from Ljubljanski potniški promet for providing the data needed, and Matej Žebovec for help with calculations of alighting stations.

## References

- [1] E. A. Morris and E. Guerra, "Mood and mode: does how we travel affect how we feel?," *Transportation*, vol. 42, no. 1, pp. 25–43, Jan. 2015, doi: 10.1007/s11116-014-9521-x.

- [2] S. Stradling, M. Carreno, T. Rye, and A. Noble, "Passenger perceptions and the ideal urban bus journey experience," *Transport Policy*, vol. 14, no. 4, pp. 283–292, Jul. 2007, doi: 10.1016/j.tranpol.2007.02.003.
- [3] R. Carreira, L. Patrício, R. Natal Jorge, and C. Magee, "Understanding the travel experience and its impact on attitudes, emotions and loyalty towards the transportation provider—A quantitative study with mid-distance bus trips," *Transport Policy*, vol. 31, pp. 35–46, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.tranpol.2013.11.006.
- [4] B. Gatersleben and K. M. Appleton, "Contemplating cycling to work: Attitudes and perceptions in different stages of change," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 41, no. 4, pp. 302–312, May 2007, doi: 10.1016/j.tra.2006.09.002.
- [5] A. T. M. Oakil, D. Ettema, T. Arentze, and H. Timmermans, "Bicycle commuting in the Netherlands: An analysis of modal shift and its dependence on life cycle and mobility events," *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 10, no. 4, pp. 376–384, Apr. 2016, doi: 10.1080/15568318.2014.905665.
- [6] C. Loong and A. El-Geneidy, "It's a Matter of Time: Assessment of Additional Time Budgeted for Commuting to McGill University Across Modes," *Transportation Research Record*, vol. 2565, no. 1, pp. 94–102, Jan. 2016, doi: 10.3141/2565-11.
- [7] E. A. Morris and E. Guerra, "Are we there yet? Trip duration and mood during travel," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 33, pp. 38–47, Aug. 2015, doi: 10.1016/j.trf.2015.06.003.
- [8] M. C. Andersen, "Bikes Beat Metro in Copenhagen," 2014. [Online]. Available: <http://www.copenhagenize.com/2014/04/bikes-beat-metro-in-copenhagen.html>. [Accessed: 30-Jan-2020].
- [9] "Statistical Office of the Republic of Slovenia," 2018. [Online]. Available: <https://www.stat.si/StatWeb/en>. [Accessed: 30-Jan-2020].
- [10] "Letno poročilo 2018." Ljubljanski potniški promet, 2019.
- [11] A. Alsger, B. Assemi, M. Mesbah, and L. Ferreira, "Validating and improving public transport origin–destination estimation algorithm using smart card fare data," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 68, pp. 490–506, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2016.05.004>.
- [12] S. Koblar, *Predlog alternativnega omrežja javnega potniškega prometa v Ljubljanski urbani regiji: magistrsko delo*. Ljubljana: [S. Koblar], 2017.
- [13] S. Koblar and M. Žebovec, "Analiza potovalnih vzorcev uporabnikov mestnega potniškega prometa v Ljubljani," in *Pokrajina v visoki ločljivosti*, R. Ciglič, Ed. Ljubljana: Založba ZRC, 2018, pp. 165–173.
- [14] "Geofabrik Download Server," Spring-2019. [Online]. Available: <https://download.geofabrik.de/>. [Accessed: 14-Jan-2020].
- [15] J. Kozina, "Modeliranje prostorske dostopnosti do postajališč javnega potniškega prometa v Ljubljani," *Geografski vestnik*, vol. 82, pp. 97–107, 2010.
- [16] J. Tiran, M. Lakner, and S. Drobne, "Modelling walking accessibility: A case study of Ljubljana, Slovenia," *Moravian Geographical Reports*, vol. 27, no. 4, pp. 194–206, Dec. 2019, doi: 10.2478/mgr-2019-0015.
- [17] "OpenTripPlanner," 08-May-2019. [Online]. Available: <https://www.opentripplanner.org/>. [Accessed: 05-Aug-2019].
- [18] M. Young, *OpenTripPlanner - creating and querying your own multi-modal route planner*. 2019.

- [19] D. Paliska, D. Fabjan, and S. Drobne, "Večstopenjski model določanja uniformnih storitvenih območij avtobusnih postajališč," in *GIS v Sloveniji 2005–2006*, D. Perko, J. Nared, M. Čeh, D. Hladnik, M. Krevs, T. Podobnikar, and R. Šumrada, Eds. 2006, pp. 271–277.
- [20] E. Celcer, "Merila za oceno kakovosti poteka prog javnega prometa," PhD Thesis, Univerza v Ljubljani, 2009.
- [21] J. Tiran, L. Mladenovič, and S. Koblar, "Dostopnost do javnega potniškega prometa v Ljubljani: razvoj, stanje in izzivi," *Premiki za prihodnost*, p. Str. 10–11, 2016.
- [22] J. Tiran, L. Mladenovič, and S. Koblar, "Dostopnost do javnega potniškega prometa v Ljubljani po metodi PTAL = Accessibility to public transport using the PTAL method," *Geodetski vestnik*, vol. 59, no. 4, p. str. 723–735, 2015.
- [23] J. Tiran, L. Mladenovič, and S. Koblar, "Računanje dostopnosti do javnega potniškega prometa v Ljubljani z metodo PTAL," in *Digitalni prostor*, R. Ciglič, Ed. Ljubljana: Založba ZRC, 2014, p. Str. 155–162.
- [24] P. Mees, *Transport for suburbia: beyond the automobile age*. Earthscan, 2010.
- [25] M. Bajt, "Kvaliteta storitev javnega prevoza na primeru mestnega prometa v Ljubljani. Magistrsko delo," PhD Thesis, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2005.
- [26] J. Šmajdek, "Uvajanje sodobnega plačilnega sistema v javnem mestnem potniškem prometu: specialistično delo," Fakulteta za pomorstvo in promet, 2011.



# **Električni romobili – utjecaj na modalnu razdiobu putovanja (Electric Scooters – Impact on Modal Split Distribution)**

## **Autori:**

**doc. dr. sc. MARKO ŠOŠTARIĆ**

E-mail: [marko.sostaric@fpz.hr](mailto:marko.sostaric@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

**doc. dr. sc. MARKO ŠEVROVIĆ**

E-mail: [marko.sevrovic@fpz.hr](mailto:marko.sevrovic@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

**DIJANA BEGANOVIĆ, mag. ing. traff.**

E-mail: [dijana.beganovic@fpz.hr](mailto:dijana.beganovic@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

**MARIJAN JAKOVLJEVIĆ, mag. ing. traff.**

E-mail: [marijan.jakovljevic@fpz.hr](mailto:marijan.jakovljevic@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

**JURAJ LEONARD VERTLBERG, mag. ing. traff.**

E-mail: [juraj.vertlberg@fpz.hr](mailto:juraj.vertlberg@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

**IVAN KRMPOTIĆ, mag. ing. traff.**

E-mail: [ikrmpotic@fpz.hr](mailto:ikrmpotic@fpz.hr)

University of Zagreb,

Faculty of Transport and Traffic Sciences

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia

## Sažetak

Modalna razdioba putovanja (Modal Split) prikazuje udio putnika koji koriste određenu vrstu prijevoza na promatranom području, a zbog podataka koje pokazuje, ima značajnu ulogu u prometnom planiranju. Trendovi promjena modalne razdiobe kroz povijest su se mijenjali, a prometna istraživanja pridaju im sve više pažnje te se razvijaju modeli kako bi se povećala njihova točnost. Na vrijednosti modalne razdiobe utječe i pojava električnih romobila u dosadašnja istraživanja održivih oblika putovanja najčešće su uključivala javni prijevoz, korištenje bicikala i pješaćenje.

Svrha rada je prikazati sve učestalije korištenje električnih romobila. U sklopu izrade članka provedeno je terensko istraživanje s ciljem definiranja skupine korisnika koji su prešli na električne romobile (s nekog drugog modaliteta). Dobiveni podaci mogu koristiti pri daljnjim istraživanjima te istraživanju metoda za definiranje modalne razdiobe putovanja i novih oblika modaliteta.

Ključne riječi: *modalna razdioba putovanja, električni romobili, održivi oblici putovanja*

## Abstract

Modal split distribution shows share of passengers that use particular type of transport in catchment area, and plays significant role in traffic planning because of the data it shows,. Modal split trends have been changing in time and contemporary traffic researches pay ever more attention to them. Models are developed that increase their accuracy. Ever greater use of electric scooters in everyday transportation influences the outcomes of modal split distribution. Researches of sustainable urban transportation modes to date have most often included public transportation, cycling and hiking.

The purpose of this paper is to show the increasing use of electric scooters. A field research was conducted to identify a group of users who switched to electric scooters (from some other mode of transport). The data obtained can be used for further research and exploration of methods for defining modal split and new forms of modality.

*Key words: Modal Split Distribution, Electric Scooters, Sustainable Modes of Transport*

## 1. Uvod

Modalna razdioba putovanja prikazuje postotak putnika koji koriste određenu vrstu prijevoza (javni prijevoz, osobni automobil, bicikl, pješaćenje, električne romobil) na promatranom području. Sadašnje vrijednosti najčešće se procjenjuju na temelju povijesnih podataka promatranog područja (demografski, ekonomski, prometni) i terenskim istraživanjima (brojanjem i anketiranjem putnika).

Posljednjih desetljeća 20. stoljeća korisnički zahtjevi uzrokovali su naglu promjenu modalne razdiobe u korist osobnih automobila [1] [2], što je bila posljedica veće dostupnosti automobila i neprestanog ulaganja u automobilsku industriju i infrastrukturu. Smatra se da je tada postignut vrhunac korištenja automobila [3]. Međutim, tada je uočena i mogućnost nastanka prometnih problema (prometna zagušenja i zastoji) u budućnosti te je bila nužna modalna promjena u korist održivih oblika putovanja-javnog prijevoza, bicikala i pješaćenja [3]. Gradovi poput Amsterdama, Freiburga i Tallinna postigli su smanjenje korištenja osobnih automobila ulaganjem u uređivanje prometnog sustava u korist održivih oblika putovanja. Među održivim oblicima putovanja pojavljuju se i električni romobili kao način prijevoza za svakodnevna putovanja.

Od 2010. godine do danas javlja se značajniji trend porasta korištenja održivih oblika prometa posebice bicikala i električnih romobila. Tako da danas pri planiranju, osim bicikala u obzir treba uzeti i sve popularnije električne romobile koji su nerijetko izbor za svakodnevne mobilnosti te dio turističke ponude pri obilascima urbanih dijelova gradova. Pri definiranju budućih vrijednosti modalne razdiobe neizostavno je objektivno ocijeniti sadašnje stanje izbora načina putovanja [4] [5].

Posljednja istraživanja u području električnih romobila rađena su 2019. godine s ciljem definiranja udjela električnih bicikala i romobila u ukupnoj modalnoj razdiobi putovanja. Dokazano je da se pojavom novih načina putovanja smanjuju putovanja osobnim automobilima [6]. U području načina prikupljanja podataka najnovija dostignuća su u korištenju podataka iz mobilne telefonije, anonimiziranim praćenjem kretanja mobilnih telefona u prostoru [7] za definiranje načina putovanja. Metodologija obuhvaća prikupljanje podataka od mobilnih operatera o kretanju korisnika u prostoru i vremenu.

Rad obuhvaća analizu utjecaja električnih romobila na modalnu razdiobu putovanja u Gradu Zagrebu. Za potrebe rada provedeno je terensko istraživanje metodom brojanja električnih romobila.

## **2. Korištenje električnih romobila – utjecaj na modalnu razdiobu putovanja**

Pojava održivog, manje onečišćujućeg i ekološki prihvatljivijeg, te prije svega jeftinijeg prijevoznog sredstva, potiče stanovnike urbanih sredina da istraže dodatne mogućnosti prijevoza. Jedan od novih načina prijevoza u današnje vrijeme postaje vožnja električnim romobilom. Sukladno navedenom, koncept urbane mobilnosti, koji se u posljednjem desetljeću zagovara kroz različite mjere prometne politike, službeno poprima mjerljive značajke na području urbanih sredina.

Električni romobili privlače nove korisnike inovativnošću, funkcionalnošću te relativno jednostavnom i praktičnom uporabom. Uz navedeno, izrazito niska cijena prijevoza električnim romobilom upućuje na mogućnost razvoja novog moda prijevoza na području urbanih sredina. Prednosti korištenja električnih romobila su smanjenje broja osobnih vozila na prometnicama, smanjenje zagađenja zraka i okoliša, te brži i učinkovitiji način prijevoza na gradskom području. Vožnja romobila na kraće udaljenosti u gradu konkurira ostalim oblicima prijevoza brzinom putovanja i cijenom. Isto tako, povećanje broja električnih romobila na prometnicama utječe na povećanje udjela održivih oblika svakodnevnih putovanja.

Nedostaci uporabe električnih romobila očituju se u nepostojanju tehničke organizacije i regulacije takve vrste prijevoza na prometnicama. Isto tako, razina razvijenosti prometne infrastrukture za sigurno kretanje održivih oblika prometa smatra se ključnim nedostatkom. Također, vožnja električnim romobilom ograničena je uslijed nepovoljnih vremenskih uvjeta (hladnoća, oborine).

Sve veća dostupnost i učestalost korištenja električnih romobila kao novog moda prijevoza znatno utječe na modalnu raspodjelu putovanja. Vožnja električnim romobilom predstavlja potpuno nov način putovanja koji utječe na izračun i prikaz modalne raspodjele na gradskom području. Udio putovanja osobnim automobilom, javnim prijevozom ili biciklom smanjuje se rastom broja putovanja ostvarenih električnim romobilom. Uzimajući u obzir organizaciju i način rada javnog prijevoza, stanje cestovne i željezničke prometne infrastrukture te konstantna prometna zagušenja, želja korisnika za korištenjem novog moda prijevoza poput električnog romobila u potpunosti je opravdana.

Kao što je spomenuto ranije, utjecaj električnih romobila na modalnu raspodjelu je značajan, posebice zbog činjenice da predstavlja nov i neistražen način prijevoza u gradu. Istraživanje koje je provedeno i iskazano detaljnije, ukazuje na sve veće korištenje i zainteresiranost građana za vožnju električnih romobila. Dodatna istraživanja trebala bi utvrditi konkretan značaj električnih romobila u postojećem prometnom sustavu na području Grada Zagreba. Sukladno rezultatima provedenog istraživanja potrebno je kvalitetno analizirati i redefinirati varijable koje služe kao ulazni podaci prilikom određivanja modalne raspodjele putnika u gradu.



### 3. Metodologija

U sklopu istraživanja modalne raspodjele prijevoza putnika na području Grada Zagreba obavljeno je terensko brojanje električnih romobila. Brojanje je izvršeno krajem studenog 2019. godine u vremenskom razdoblju od 06:00 do 21:00 sati. Prilikom istraživanja sudjelovalo je 30 studenata *Fakulteta prometnih znanosti*. Metoda brojanja obavljena je bilježenjem na obrasce. Smjer kretanja električnih romobila nije definiran, već su promatrani kao ukupno opterećenje po pojedinoj lokaciji brojanja.

#### 3.1 Brojanje na presjecima cesta

Lokacije na kojima su se brojali električni romobili predstavljaju najznačajnije i najopterećenije prometne tokove na području grada, što uključuje centralne gradske prometnice, mostove te autobusni i željeznički kolodvor. Lokacije su izabrane zbog pretpostavke da na tim mjestima postoji najveće prometno opterećenje i veći broj putnika. Isto tako, smatra se da su na lokacijama brojanja značajna križanja cestovnih, biciklističkih i pješačkih tokova. Prilikom terenskog istraživanja vladali su iznimno teški vremenski uvjeti – hladnoća i manje oborine. Može se pretpostaviti da je broj električnih romobila tijekom ljetnih mjeseci zasigurno veći od izmjerenih vrijednosti.

#### 3.2 Rezultati brojanja na presjecima

Brojanje na presjecima cesta odabranih lokacija na području Grada Zagreba iskazano tabličnim prikazom. Tablica 1. prikazuje broj zabilježenih romobila po lokaciji i vremenskom rasponu od jednog sata brojanja. Također, prikazuje i ukupan zbroj zabilježenih električnih romobila po satu

*Tablica 1. Prikaz brojanja električnih romobila po lokacijama brojanja*

|                    | 6h-7h | 7h-8h | 8h-9h | 9h-10h | 10h-11h | 11h-12h | 12h-13h | 13h-14h | 14h-15h | 15h-16h | 16h-17h | 17h-18h | 18h-19h | 19h-20h | 20h-21h | Ukupno |
|--------------------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Most slobode       | 5     | 15    | 3     | 4      | 2       | 1       | 7       | 5       | 8       | 3       | 6       | 5       | 7       | 2       | 3       | 76     |
| Masarykova         | 2     | 3     | 4     | 4      | 3       | 5       | 8       | 2       | 3       | 3       | 4       | 2       | 3       | 4       | 2       | 52     |
| Vukovarska         | 1     | 10    | 9     | 8      | 2       | 1       | 1       | 2       | 2       | 1       | 2       | 1       | 1       | 2       | 0       | 43     |
| Zrinjevac          | 1     | 2     | 2     | 3      | 4       | 4       | 4       | 2       | 3       | 4       | 4       | 3       | 0       | 3       | 1       | 40     |
| Cibona             | 1     | 2     | 3     | 3      | 3       | 2       | 2       | 1       | 2       | 6       | 10      | 3       | 1       | 0       | 0       | 39     |
| Autobusni kolodvor | 2     | 2     | 3     | 1      | 3       | 1       | 6       | 4       | 2       | 0       | 4       | 2       | 1       | 2       | 0       | 33     |
| Glavni kolodvor    | 1     | 3     | 4     | 3      | 4       | 2       | 2       | 2       | 1       | 1       | 2       | 1       | 3       | 1       | 1       | 31     |
| Most mladosti      | 1     | 5     | 6     | 1      | 0       | 2       | 1       | 1       | 2       | 2       | 3       | 2       | 2       | 1       | 1       | 30     |
| Avenija Dubrovnik  | 0     | 4     | 2     | 0      | 2       | 1       | 2       | 2       | 2       | 1       | 2       | 1       | 2       | 2       | 1       | 24     |
| Zagrebačka avenija | 0     | 1     | 5     | 0      | 0       | 1       | 2       | 0       | 3       | 3       | 2       | 1       | 1       | 0       | 0       | 19     |
| Zvijezda           | 0     | 1     | 3     | 2      | 1       | 0       | 0       | 1       | 1       | 2       | 2       | 1       | 1       | 0       | 0       | 15     |
| Zapadni kolodvor   | 2     | 0     | 1     | 0      | 1       | 0       | 2       | 1       | 1       | 2       | 2       | 2       | 0       | 1       | 0       | 15     |
| Dubrava            | 1     | 2     | 1     | 0      | 1       | 0       | 0       | 1       | 0       | 1       | 1       | 1       | 1       | 0       | 1       | 11     |
| Jadranski most     | 0     | 0     | 0     | 2      | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 2       | 2       | 0       | 0       | 0       | 10     |
| Branimirova        | 0     | 1     | 0     | 0      | 0       | 0       | 1       | 0       | 1       | 1       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 5      |
| Ukupno             | 17    | 51    | 46    | 31     | 27      | 20      | 38      | 24      | 31      | 33      | 46      | 27      | 23      | 19      | 10      | 443    |

*Izvor: [autori]*

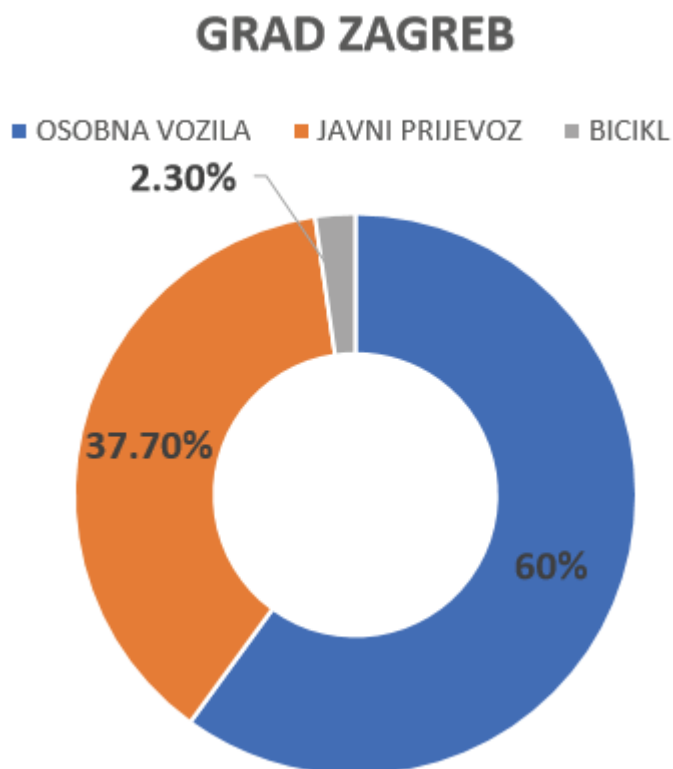
Iz tablice 1. vidljivo je da su na svim lokacijama brojanja zabilježeni električni romobili, što u većoj, a što u manjoj mjeri. Promatrajući po lokacijama, najviše električnih romobila zabilježeno je na Mostu slobode te u Masarykovoј ulici, Vukovarskoј ulici, na Zrinjevcu i na Savskoj cesti kod Ciboninog tornja. Osim Mosta slobode, koji spaja Novi Zagreb, navedene lokacije na kojima je zabilježeno najviše električnih romobila nalaze se u užem gradskom središtu.

Promatrajući vremensku raspodjelu broja električnih romobila po lokacijama uočava se da je najveći broj romobila zabilježen u jutarnjim i popodnevnim vršnim satima. Najveći broj električnih romobila (15) u jednom satu zabilježen je na Mostu slobode u razdoblju od 7h do 8h. Također, u navedenom razdoblju pojavljuje se 10 električnih romobila na Vukovarskoј ulici u blizini Nacionalne sveučilišne knjižnice.

Najmanji broj električnih romobila uočen je na Branimirovoj ulici, Jadranskom mostu te u blizini okretišta Dubrava. Razlozi toga mogu biti nedovoljno razvijena pješačka i biciklistička prometna infrastruktura na navedenim prometnicama, kao i udaljenost od središta tj. centralnog dijela grada Zagreba.

### 3.3 Validacija podataka

Modalna raspodjela na području Grada Zagreba istraжена je i prikazana u Master planu Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije. Na slici 1. iskazan je udio pojedinih oblika prijevoza prema učestalosti korištenja.



Slika 1. Modalna raspodjela na području Grada Zagreba [8]

Na slici 1. prikazan je udio korištenja osobnih automobila, javnog prijevoza i bicikla u modalnoj raspodjeli putovanja na području Grada Zagreba. Podaci su prikazani u predstavljanju Nacrta Master plana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije. Slika 1. prikazuje dominantnost prijevoza osobnim automobilom i javnog prijevoza putnika. Osim toga, Slika 1. je vrlo važna jer prikazuje i mali, ali vrlo značajan udio biciklista u modalnoj raspodjeli. Prijevoz biciklom odlikuje se sličnim osobinama kao i prijevoz električnim romobilom, a to su održivost i urbana mobilnost.

Povećanje broja korisnika električnih romobila prati i povećanje broja oblika održivih načina putovanja poput vožnje bicikla i pješaćenja. Podaci terenskog istraživanja o brojanju električnih romobila povezani su s udjelom korisnika bicikala na području Grada Zagreba. Korisnici električnih romobila djelomično su i korisnici bicikala, ali u manjoj mjeri zasigurno i korisnici javnog prijevoza i osobnih automobila.

## **4. Diskusija**

Kao što je spomenuto ranije, utjecaj električnih romobila na modalnu raspodjelu je značajan, posebice zbog činjenice da predstavlja nov i neistražen način prijevoza u gradu. Prvenstveno u cilju kvalitete i održivosti planiranja prometnog sustava, potrebno je dodatno istražiti u kojoj mjeri uporaba električnih romobila utječe na modalnu raspodjelu. Istraživanje koje je provedeno ukazuje na sve veće korištenje i zainteresiranost građana za vožnju električnih romobila. Dodatna istraživanja trebala bi utvrditi konkretan značaj električnih romobila u postojećem prometnom sustavu na području Grada Zagreba. Sukladno rezultatima provedenog istraživanja potrebno je kvalitetno analizirati i redefinirati varijable koje služe kao ulazni podaci prilikom određivanja modalne raspodjele putnika u gradu.

Na temelju navedenih ulaznih podataka izrađuju se prometne prognoze koje se koriste prilikom planiranja prometnog sustava. Ključno je raspoznati utjecaj električnih romobila na modalnu raspodjelu putovanja zbog određivanja jasnih smjernica prometne politike u budućnosti. Također, potrebno je definirati koji su to korisnici električnih romobila, te s kojeg moda prijevoza najčešće prelaze.

Planiranje prometa u gradskom području podrazumijeva uključivanje svih čimbenika koji utječu na pravilno i sigurno funkcioniranje prometnog sustava, pa tako i pojavu električnih romobila na gradskim prometnicama. Nepostojanje zakonskog okvira o prometnim pravilima, ponašanju na cesti te uvjetima i načinu prijevoza električnim romobilom na gradskom području zbunjuje korisnike koji već koriste ili one koji potencijalno imaju želju koristiti električni romobil kao prijevozno sredstvo. Osim toga, neadekvatna prometna infrastruktura i neizbježna kolizija s drugim vidovima prijevoza odvrćaju potencijalne korisnike električnih romobila od svakodnevne uporabe. Kao i za svaki drugi način osobnog prijevoza poput vožnje osobnog automobila, motocikla, bicikla ili pješaćenja potrebno je jasno i nedvosmisleno urediti zakonski okvir.

## 5. Zaključak

Na temelju analize prikazanih rezultata brojanja električnih romobila moguće je zaključiti da se uporaba električnih romobila ozbiljno nameće kao novi način prijevoza na području Grada Zagreba. Istraživanje koje je provedeno ukazuje na sve veće korištenje i zainteresiranost korisnika za vožnju električnih romobila. Dodatna istraživanja trebala bi utvrditi konkretan značaj i utjecaj na sigurnost i odvijanje prometnog sustava.

Putovanje električnim romobilom u gradu donosi mnoge prednosti održivosti prometnog sustava poput smanjenja zagađenja okoliša i zraka, smanjenja broja osobnih automobila i smanjenja vremena putovanja u vršnim satima. Isto tako, veličina električnih romobila odlikuje se urbanim trendovima koji zagovaraju što manja vozila kako bi se stvorilo više prostora za ugodniji život u gradu. U skladu s navedenim, potreba za prostorom za parkiranje električnih romobila također je smanjena.

Dodatnim ulaganjem u razvoj koncepta prijevoza električnim romobilom u gradu može se utjecati na povećanje udjela održivih oblika putovanja u modalnoj raspodjeli. Razvoj infrastrukture za korištenje održivih oblika prijevoza poput bicikla, romobila ili pješaćenja znatno podiže kvalitetu života u gradu. Time se smanjuje broj korisnika osobnih vozila te ostavlja više prostora u urbanom središtu. Kvalitetna organizacija i regulacija prometovanja novih oblika prijevoza može podići razinu sigurnosti i povećati brzinu putovanja.

- [1] J. Scheiner, "Interrelations between travel mode choice and trip distance: trends in Germany 1976-2002," *J. Transp. Geogr.*, vol. 18, no. 1, pp. 75–84, 2010.
- [2] T. Holleczeck *et al.*, "Digital breadcrumbs : Detecting urban mobility patterns and transport mode choices from cellphone networks," pp. 1–14, 2013.
- [3] Y. Gao and P. Newman, "Beijing's Peak Car Transition: Hope for Emerging Cities in the 1.5 °C Agenda," *Urban Plan.*, vol. 3, no. 2, p. 82, 2018.
- [4] J. Strathman and K. Dueker, "Transit Service, Parking Charges, and Mode Choice for the Journey to Work: An Analysis of the 1990 NPTS," *J. Public Transp.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–38, 2018.
- [5] X. Ye, R. M. Pendyala, and G. Gottardi, "An exploration of the relationship between mode choice and complexity of trip chaining patterns," *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 41, no. 1, pp. 96–113, 2007.
- [6] P. Astegiano, F. Fermi, and A. Martino, "Investigating the impact of e-bikes on modal share and greenhouse emissions: A system dynamic approach," *Transp. Res. Procedia*, vol. 37, no. September 2018, pp. 163–170, 2019.
- [7] C. Llorca, J. Ji, J. Molloy, and R. Moeckel, "The usage of location based big data and trip planning services for the estimation of a long-distance travel demand model. Predicting the impacts of a new high speed rail corridor," *Res. Transp. Econ.*, vol. 72, no. October 2017, pp. 27–36, 2018.
- [8] Master plan prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije I. faza



# Prijedlog primjene pametnih rješenja za upravljanje prometnom infrastrukturom Grada Šibenika u cilju smanjenja prometnih gužvi za vrijeme turističke sezone

Ante Pražen<sup>1</sup>, Luka Olivari<sup>2</sup>, Darijo Šego<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grad Šibenik, Upravni odjel za komunalne djelatnosti, Trg palih branitelja Domovinskog rata br.1, 22 000 Šibenik, Hrvatska ([ante.prazen1@gmail.com](mailto:ante.prazen1@gmail.com))

<sup>2</sup>Veleučilište u Šibeniku, Trg Andrije Hebranga 11, 22 000 Šibenik, Hrvatska ([lolivari@vus.hr](mailto:lolivari@vus.hr), [darijo@vus.hr](mailto:darijo@vus.hr))

Grad Šibenik je posljednjih godina doživio turističku preobrazbu kroz revitalizaciju stare gradske jezgre, povećanje kulturnog i zabavnog sadržaja, te kapaciteta za turistički smještaj. Povećanim brojem turista i turističkih kretanja otvaraju se i problemi kolnog pristupa unutar gradske jezgre i nemogućnost parkiranja vozila za vrijeme turističke sezone. Navedeni problemi utječu na kvalitetu života stanovnika gradske jezgre i smanjuju zadovoljstvo turista. Primjenom digitalnih tehnologija i pametnih sustava može se postići optimalno rješenje koje će umanjiti negativne utjecaje povećanog broja turista. Prijedlog jednog takvog rješenja za Grad Šibenik je sustav koji bi u realnom vremenu upravljao prometnom infrastrukturom. Na temelju kategorije vozila i prikupljenih podataka dobivenih komunikacijom između važnijih prometnih točaka u gradu, sustav bi tražio trenutno optimalno rješenje te preusmjeravao promet u manje zagušene prometne zone i parking lokacije.

Ključne riječi: grad Šibenik, pametna rješenja, prometna zagušenost, parking

## ***The proposed application of smart solutions for managing the traffic infrastructure of the City of Šibenik in order to reduce the traffic jams during the tourist season***

*In recent years, the City of Šibenik experienced tourism transformation through the revitalization of the city core, the increase of culture and entertainment facilities and the capacity for tourist accommodation. Increased number of tourists and tourist movements also opens up the problems of access to the city core and the inability to park the vehicle during the tourist season. These problems affect the quality of life of the inhabitants of the city core and reduce the pleasure of the tourists. By applying digital technologies and smart systems an optimal solution that will reduce the negative impact of an increased number of tourists can be achieved. Proposal for such a solution for the city of Šibenik is a system that would control traffic infrastructure in real time. The system would seek the current optimal solution and redirect traffic to a less crowded traffic zone and parking space, based on the vehicle category and the collected data obtained through communication between major traffic points in the city.*

*Key words: City of Šibenik, smart city, traffic congestion, parking*

## 1. Uvod

Razvoj turizma u destinaciji ima višestruki pozitivan utjecaj, poput ekonomske koristi i razvoja destinacije, ali i negativan utjecaj kao što su prometne gužve, buka ili degradacija okoliša. Uspjeh razvoja turizma destinacije ovisi o više zavisnih čimbenika poput zadovoljstva turista, domicilnog stanovništva, nositelja ponude i kvalitete okoliša. Novije metode upravljanja turističkom destinacijom naglašavaju kvalitetu života lokalnog stanovništva, tj. brigu za dobrobiti rezidentnog stanovništva, jer turistički razvoj propada ako domicilno stanovništvo nije zadovoljno svojom ulogom.

Pozitivan stav domicilnog stanovništva prvenstveno ovisi o tome imaju li stanovnici ekonomsku korist od turizma, ali i o drugim čimbenicima kao što su razvoj infrastrukture, poticanje poduzetništva, povratak stanovništva te općenito da li turistički razvoj osigurava domicilnom stanovništvu ugodnu egzistenciju i životni prostor.

Negativan stav spram razvoja turizma razvit će se ako se domicilno stanovništvo osjeća ugroženo, tj. osjeća oduzetost vlastitog prostora, ako se uništavaju prirodni i kulturni resursi ili ako postoje problemi cjelogodišnjeg zapošljavanja u destinacija koje posluju sezonski. [1] Istraživanja provedena u Elena Rudan „Uloga lokalnog stanovništva u razvoju turizma destinacije“ pokazala su da su prometna gužva, nedostatak parkirališnog prostora (parkinga) neki od razloga zbog kojih domicilno stanovništvo smatra da turizam negativno utječe na kvalitetu života u destinaciji. [2]

Grad Šibenik, iako nije pogođen negativnim utjecajem sezonskih gužvi kao neki drugi gradovi na hrvatskoj obali, nije niti iznimka. Broj posjetitelja raste iz godine u godinu, te je potrebna pravovremena reakcija kako bi se negativni utjecaji sveli na najmanju moguću razinu. Sve većim brojem turista i turističkih kretanja javljaju se i veći problemi kolnog pristupa i nemogućnosti pronalaska parkinga, prvenstveno u gradskoj jezgri, ali i ostalim dijelovima grada. Potrebno je uskladiti kontinuirani razvoj turističke ponude s potrebama domicilnog stanovništva, kao što je pristup javnim službama ili svakodnevni odlazak na posao.

S ciljem očuvanja, ali i poboljšanja kvalitete života stanara u gradskoj jezgri, osmišljen je sustav koji bi primjenom digitalnih tehnologija i pametnih rješenja upravljao prometnom infrastrukturom. Primjenom predloženog sustava teži se smanjiti prometna gužva i zakrčenost prometnica, te organizirati promet u vidu novih inovativnih prometna rješenja koja će pozitivno utjecati na zadovoljstvo lokalnog stanovništva, ali i posjetitelja.

## 2. Grad Šibenik i turistički razvoj

Grad Šibenik je krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća imao razvijenu tešku industriju, koje su bile izvor prihoda velikom broju šibenskih obitelji, ali su na žalost istovremeno i narušavale su vizuru grada. U tim i narednim godinama turisti su posjećivali Šibenik dnevnim izletima, ali bi noćili u okolnim mjestima. Nakon propasti industrije sredinom devedesetih godina prošlog stoljeća Šibenčani su se počeli

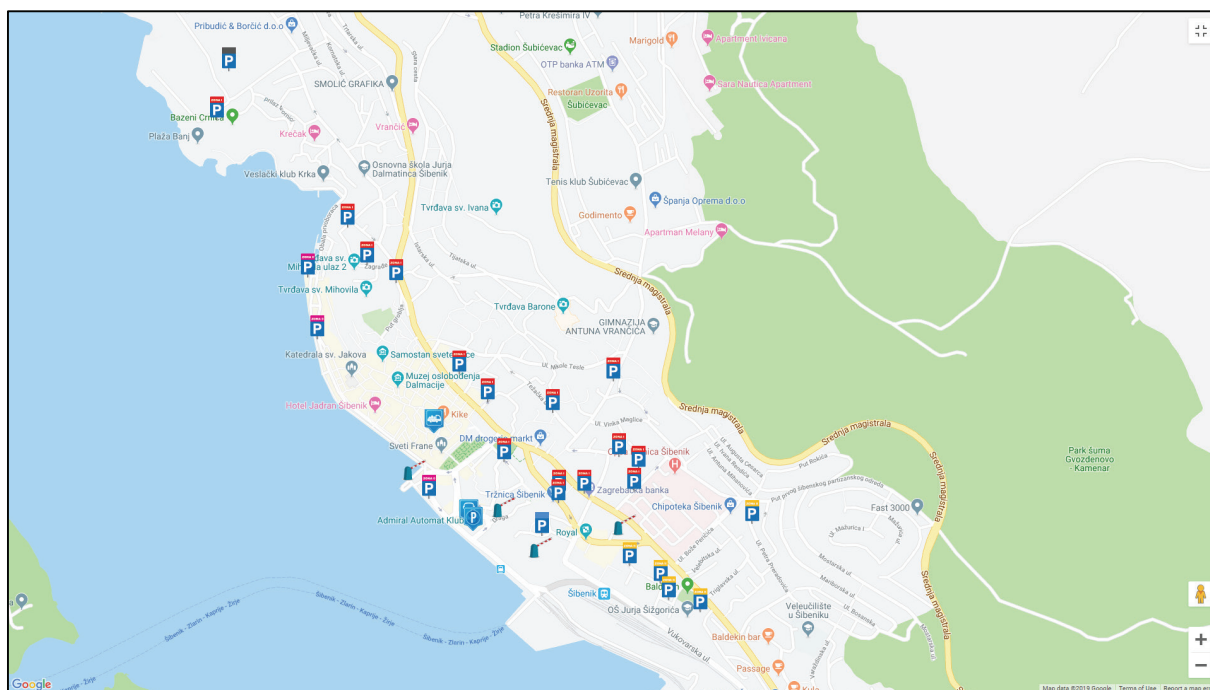
okretati turizmu. Šibenik, koji se prije mogao opisati kao industrijski grad, sada se vidi prvenstveno kao turistička destinacija. Grad Šibenik se u posljednjih nekoliko godina značajno turistički razvio, posebno od 2010. godine i dolaskom glazbenih festivala u Šibenik i okolna mjesta kao što su Terraneo, Superuho, Garden i drugi, te danas predstavlja značajnu i prepoznatljivu turističku destinaciju u Dalmaciji i Republici Hrvatskoj. Turistička atraktivnost Grada Šibenika temelji se na bogatoj kulturnoj i povijesnoj baštini, očuvanoj gradskoj jezgri s brojnim crkvama i kamenim kućama, obližnjim fortifikacijskim objektima, blizinom prirodnih ljepota poput dva nacionalna parka (Krka i Kornati) i oko tri stotine otoka i otočića. Šibenik je jedan od rijetkih gradova u svijetu s 2 spomenika svjetske baštine UNESCO-a. Prema Statističkom izvješću Državnog zavoda za statistiku, broj dolazaka i noćenja turista posljednjih godina je u stalnom porastu, tako je u 2017. godini Grad Šibenik posjetilo 233 723 turista, te je ostvareno 1 042 298 noćenja. [3]

Zadnjih nekoliko godina u Šibeniku su značajno porasli smještajni kapaciteti, otvoreno je nekoliko novih hotela poput D-resort, Life Palace, Kralj Krešimir, Belleuve, pet novih hostela i povećan je broj privatnih iznajmljivača. Porast smještajnih kapaciteta i broja noćenja podrazumijeva puno više turističkih kretanja u gradu te povećan broj cestovnih vozila, pogotovo automobila. S povećanim brojem turista dolaska turista i automobila dolazi do povećanog opterećenja gradske ulične mreže i cestovnih raskrižja na području grada koja su izvedena u jednoj razini. Neka od postojećih gradskih raskrižja su ili u fazi rekonstrukcije ili je rekonstrukcija planirana u skorije vrijeme. Rekonstrukcijom se nastoji smanjiti problem prometne zakrčenosti u vrijeme sezone. [4] Glavne prometnice zaobilaze povijesnu jezgru grada Šibenika, ali opći nedostatak parkirnih mjesta otežava život stanovnicima povijesne gradske koji na primjer nisu u mogućnosti samostalno dovoziti ili odvoziti veće objekte poput namještaja ili građevinskog materijala. Uz problem nedostataka parkirališnog prostora, povećan promet dovodi do žarišnih točaka zagušenja u gradskoj jezgri koji također nepovoljno utječu na život stanovnika gradske jezgre. [5]

Parkirališnim prostorom u Gradu Šibeniku upravlja gradska tvrtka Gradski parking d.o.o. Šibenik, koja gospodari uličnim i izvan-uličnim parkirališnim mjestima (parkirališta s rampom) na nekoliko lokacija u gradu (tablica 1, slika 1). Osim postojećih parkirališnih mjesta, u centru Grada Šibenika se izgrađuje podzemna garaža s 256 predviđenih parkirališnih mjesta što će povećati broj ukupni parkirališnih mjesta u gradu i omogućiti turistima i domicilnom stanovništvu parkiranja automobila u blizini stare gradske jezgre. Tablica 1. prikazuje parking kapacitete u Šibeniku prema podacima sa web stranice Gradski parking d.o.o. [6]

| <b>Ulična parkirališta (pm – parkirno mjesto)</b>                               |        |                                |               |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------|---------------|
| Sveta Nedjeljica                                                                | 40 pm  | Ulica fra Stjepana Zlatovića   | 9 pm          |
| Zagrađe                                                                         | 23 pm  | Obala Hrvatske mornarice       | 45 pm         |
| Ulica put groblja                                                               | 21 pm  | Ulica Ante Starčevića          | 18 pm         |
| Obala prvoboraca                                                                | 34 pm  | Ulica Ante Starčevića (sjever) | 13 pm         |
| Obala palih omladinaca                                                          | 87 pm  | Ulica Stjepana Radića          | 15 pm         |
| Ulica Kralja Zvonimira                                                          | 52 pm  | Ulica Karla Vipauca            | 21 pm         |
| Ulica Petra Grubišića                                                           | 14 pm  | Parkiralište Matije Gupca      | 15 pm         |
| Put gimnazije                                                                   | 17 pm  | Ulica Petra Preradovića        | 32 pm         |
| Težačka ulica                                                                   | 24 pm  | Ulica Stjepana Radića          | 40 pm         |
| <b>Izvan-ulična parkirališta (Parkirališta s rampom) (pm – parkirno mjesto)</b> |        |                                |               |
| Parkiralište Draga                                                              | 130 pm | Parkiralište Poljana           | 256 pm        |
| P. Željeznički kolodvor                                                         | 185 pm | Parkiralište Gat Vrulje        | 250 do 300 pm |
| Parkiralište Izgradnja                                                          | 52 pm  | Sezonsko parkiralište TEF      | 400 pm        |
| Parkiralište Gat Krka                                                           | 38 pm  |                                |               |

Tablica 1. izvor [<http://www.gradski-parking.hr>]



Slika 1 - Parking lokacije u gradu Šibeniku izvor: <http://www.gradski-parking.hr>

### 3. Sustav za upravljanje prometnom infrastrukturom

Za opisivanje Sustava za upravljanje prometnom infrastrukturom potrebno je definirati nove pojmove vezane uz sam Sustav. Svi navedeni pojmovi u tekstu su pisani velikim početnim slovom kako bi se razlikovali od općih imenica.

**Sustav za upravljanje prometnom infrastrukturom** (kratica **Sustav**): naziv navedenog sustava opisanog u radu.

**Zona ograničenog prometa** (kratica **ZOP**) su dijelovi grada u kojima je ograničen kolni pristup u cilju smanjenja prometnih gužvi i zaštite kvalitete života stanara i ostalih građana grada Šibenika. Zone se dijele na razine i označene su rimskim brojevima, na primjer, ZOP I, ZOP II, ZOP III i dalje (ZOP I predstavlja zonu najniže razine).

**Točka preusmjeravanja prometa** je lokacija na granici ZOP na kojoj se vozilo ili propušta u ZOP niže razine ili se preusmjerava.

**Kategorija vozila** predstavlja vozila koja imaju namjeru pristupiti nekoj od Zona ograničenog prometa na Točkama preusmjeravanja prometa (vozila se svrstavaju u određenu kategoriju). Pojedina kategorija vozila također je pisana velikim početnim slovom, npr. Stanari ili Građani (detaljnija podjela i objašnjenje nalaze su u nastavku rada).

**Točke interesa** su svi značajni infrastrukturni objekti i lokacije koje do kojih osoba želi stići svojim vozilom, a prvenstveno lokacije parkirališnih mjesta koje su uključene u Sustav za upravljanje prometnom infrastrukturom. Sve Točke interesa su umrežene što omogućuje prikupljanje podataka u realnom vremenu.

Sustav za upravljanje prometnom infrastrukturom sastoji se od opreme za prepoznavanje kategorije vozila, opreme za preusmjeravanje prometa, opreme za prikazivanje informacija u realnom vremenu, upravljačkog sustava i informativnih znakova koji obavještavaju vozača gdje se nalaze Točke interesa i kako im pristupiti. Zadatak opreme za prepoznavanje kategorije vozila jest prepoznati o kojoj kategoriji vozila se radi, te prenijeti informaciju upravljačkom sustavu. Upravljački sustav donosi odluku u realnom vremenu hoće li propustiti ili preusmjeriti vozilo na temelju unaprijed zadanih ograničenja i ulaznih podataka, tj. Kategorije vozila, trenutnog broja vozila u pojedinoj Zoni ograničenog prometa i trenutnom broju vozila na pojedinoj parking lokaciji. Zadatak opreme za preusmjeravanje prometa jest da na temelju donesene odluke upravljačkog sustava, fizički ograniči kretanje vozila u neželjenom pravcu odnosno propušta vozilo. Oprema za prikazivanje informacija obavještava vozača o donesenoj odluci upravljačkog sustava i kako bi vozač trebao postupiti (npr. nastaviti ravno, skrenuti ili sl.) te prikazuje broj slobodnih parkirnih mjesta na dostupnim parking lokacijama i vremensku udaljenost do njih. Informativni znakovi vode vozača do određene Točke interesa.

Interakcija korisnika sa Sustavom bi se obavljala preko mobilne aplikacije koja u realnom vremenu prikazuje dostupnost određenoj Zoni ograničenog prometa te broj slobodnih parking mjesta na pojedinoj parking lokaciji. Preko aplikacije mogu se kupiti karte za parking i javni prijevoz, te Stanari i Radnici mogu omogućiti pristup svojim Gostima.

### **3.1. Kategorije osoba i vozila u Sustavu za upravljanje prometnom infrastrukturom**



Sve osobe i vozila koja žele pristupiti nekoj od Zona ograničenog prometa ili Točaka interesa svrstavaju se u određenu Kategoriju osoba i vozila. Moguće Kategorije osoba i vozila su: Stanovnici, Radnici, Građani, Posjetitelji, Gosti i Posebna vozila.

**Stanovnici** koji imaju stalno prebivalište u određenom dijelu grada spadaju u kategoriju prve razine koju se prvenstveno nastoji zaštititi. Stanovnici s prijavljenim prebivalištem u blizini određene parking lokacije se u svim ostalim parking lokacijama smatraju Građanima. Na primjer stanovnik sa prijavljenim prebivalištem u gradskoj četvrti Crnica smatra se stanovnikom glede korištenja parkinga Zagrađe i Sv. Nedjeljica, dok se na svim ostalim parking zonama smatra Građanima. Također, korisnik koji ima prijavljeno prebivalište u određenoj Zoni ograničenog prometa u svim ostalim Zonama ograničenog prometa smatra se Građaninom. Vozila kategorije Stanari imaju određen broj parking mjesta rezervirano isključivo za njihovu kategoriju. Vozila kategorije Stanari koji imaju osiguran vlastiti parking ili garažu nemaju privilegirani pristup ostalim parking lokacijama. Na taj način se motivira stanovnike koji svoju garažu ne koriste u svrhu parkiranja da je vrate u prvobitnu funkciju.

**Radnici** također spadaju u kategoriju prve razine. Radnicima se smatraju oni korisnici koji imaju prijavljeno radno mjesto u određenoj Zoni ograničenog prometa ili neposrednoj blizini određene Točke interesa, tj. parking lokacije. Analogno kao i Stanari, Radnici se smatraju Građanima u svim ostalim Zonama ograničenog prometa i na ostalim Parking lokacijama. Vozila kategorije Radnici imaju određen broj parking mjesta rezervirano isključivo za njihovu kategoriju. Vozila kategorije Radnici koji imaju vlastiti parking nemaju privilegirani pristup ostalim parking lokacijama.

**Građani** spadaju u kategoriju druge razine. Građani su svi korisnici s prijavljenim prebivalištem na području općine Šibenik i okolice. Građani imaju omogućen pristup nekim užim zonama koje su zatvorene za Posjetitelje. Građanima se mora omogućiti pristup javni službama, poput bolnice, suda, porezne uprave i sl., ali isto tako ih se treba motivirati da ne koriste kolnike ili parking mjesta u gradskoj jezgri osim ako nije baš nužno. Željeni efekt se može postići vremenskim ograničenjem parkiranja ili porastom cijene parkinga za svaki sljedeći sat.

**Posjetitelji** spadaju u kategoriju treće razine. Posjetiteljima se smatraju svi oni korisnici koji nisu Stanovnici, Radnici ili Građani. Stanovnici i Radnici mogu omogućiti pristup posjetiteljima za određeni datum. U tom slučaju Posjetitelj se svrstava u kategoriju Gosti. U ovu kategoriju se nastoji svrstati sva vozila koja povećavaju turistička kretanja u gradu.

Vozila ostalih kategorija mogu biti privremeno svrstana u kategoriju **Gosti**. Pripadnici kategorije Stanari i Radnici koji imaju vlastiti parking, mogu omogućiti ograničenom broju ostalih vozila pristup Zonama ograničenog prometa ali ne i parking mjestima. Svrha ove kategorije je propuštanje vozila koji bi se inače svrstali u kategoriju Posjetitelji na privatne parking lokacije. Korisnici čija vozila spadaju u kategorije Stanari ili Radnici mogu omogućiti svrstavanje vozila neke druge kategorije u kategoriju Gosti ograničenom broju vozila na mjesečnoj ili kvartalnoj razini. Na ovaj način nastoje se omogućiti obiteljske i poslovne posjete u Zonama ograničenog prometa.

U kategoriju **Posebna vozila** spadaju sve iznimke koje se ne mogu svrstati u gore navedene kategorije, kao na primjer vozila javnih službi (hitna pomoć, vatrogasci, policija, odvoz otpada). Ovisno o situaciji u kategoriju Posebna vozila mogu se još svrstati taxi vozila, dostavna vozila, javni i međugradski prijevoz i sl., tj. vozila koja se zadržavaju kraće vrijeme. Obavezno mora postojati opcija propuštanja vozila u hitnim situacijama. Skupine vozila koje spadaju u kategoriju Posebna vozila potrebno je detaljnije raščlaniti po užim skupinama i za svaku odrediti pravila i uvjete kolnog pristupa i prava na korištenje parkinga. U ovom radu neće se detaljnije obrađivati kategorija Posebna vozila. Također, u radu se neće detaljnije raspravljati o uvjetima za stjecanje prava privatne ili poslovne osobe za svrstavanje u određenu kategoriju vozila, kao ni o broju mogućih prijavljenih vozila po osobi, obitelji, odnosno poslovnom subjektu.

### 3.2. Točke interesa i parking mjesta

Točkama interesa smatraju se sva parkirališta unutar i u blizini Zona ograničenog prometa. Parking mjesta, prema predloženom sustavu, bila bi podijeljena na tri tipa i označena po bojama. Predložena podjela parkinga napravljena je po uzoru na modele parkiranja u Češkim gradovima Prag i Brno. [7] [8]

Parking označen određenom bojom je rezerviran za određenu kategoriju vozila:

- Plavo - rezervirano samo za kategoriju Stanovnici
- Narančasto - rezervirano samo za kategoriju Radnici
- Bijelo - omogućen parking svim kategorijama

Parking mjesta su u određenom postotku ograničena samo za posebnu kategoriju korisnika. Postotak rezerviranih mjesta ovisi o zoni i na naknadnoj procjeni vođitelja Sustava. Vozilo više kategorije može se parkirati na mjesto vozila niže kategorije, dok obratno nije moguće, npr. vozilo kategorije Stanari ili Radnici može se parkirati na mjesta bijele boje dok se vozila kategorije Građani ne mogu parkirati na mjesta plave ili narančaste boje. Vozila istog reda kategorije ne mogu se parkirati na mjesta rezervirana za vozila istog reda kategorije, npr. vozila kategorije Radnici ne mogu se parkirati na mjesta rezervirana za kategoriju Stanari. Osobama s privatnim parkingom u Zoni ograničenog prometa omogućen je neometan pristup vlastitom parkingu, ali im je onemogućeno parkiranje na javnim površinama osim uz naplatu po tržišnim uvjetima.

### 3.3. Zone ograničenog prometa i točke preusmjeravanja prometa

Definirane su tri Zone ograničenog prometa, ZOP I, ZOP II i ZOP III. ZOP i Točke preusmjeravanja prometa su definirane na način da se ograniči kolni pristup i parking vozilima kategorije Posjetitelji te da ih se preusmjeri na veće parking lokacije, npr. parkiralište Gat Vrulje i Sezonsko parkiralište TEF. Navedene parking lokacije

potrebno je dobro povezati javnim gradskim linijama kako bi se omogućio efikasan i ugodan prijevoz do gradske jezgre. Vozila kategorije Građani propuštaju se u Zonu II kako bi imali omogućen pristup gradskim ustanovama. Dok se u Zonu I propuštaju samo vozila kategorije Stanari i Radnici.

Točke Preusmjeravanja prometa za ZOP I su:

1. Ulica Kralja Zvonimira/Ulica 113. Šibenske Brigade HV-a (navedene ulice su dio državne ceste D33 koja počinje u Gradu Šibeniku), Ulica Ante Starčevića/Ulica Stjepana Radića (na raskrižju u neposrednoj blizini Poljane), ograničava skretanje u ulicu Vladimira Nazora tj. prema obali iz oba smjera.
2. Splitski put/Obala hrvatske mornarice (na raskrižju u neposrednoj blizini Autobusnog kolodvora), ograničava skretanje prema sjeveru i preusmjerava vozila koja nemaju pravo prolaska na Obalu hrvatske mornarice.

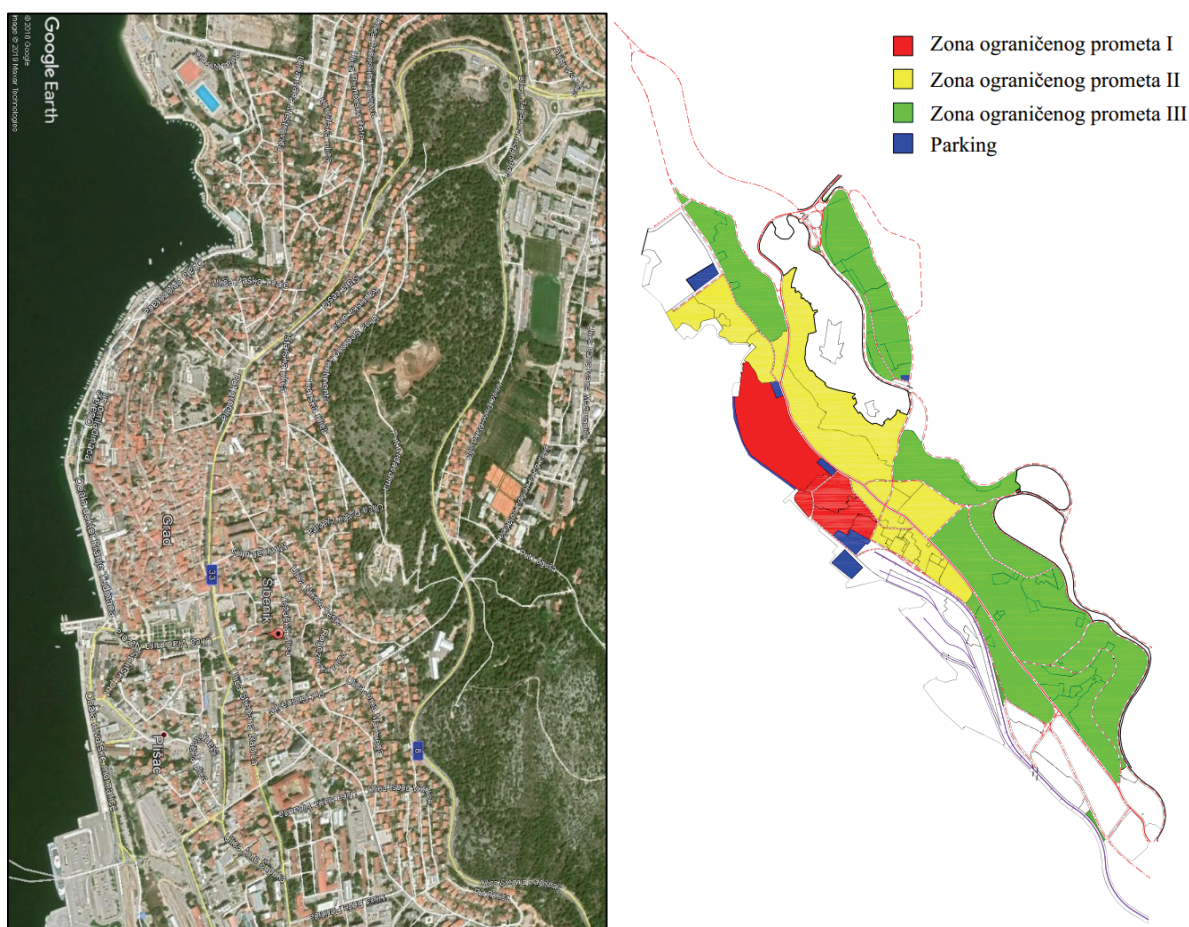
Točke preusmjeravanja prometa za ZOP II su:

1. Vukovarska ulica, ograničava nastavak kretanja po Vukovarskoj ulici u smjeru centra grada i preusmjerava vozila kroz tunel prema parkiralištu Gatu Vrulje.
2. Ulica Kralja Zvonimira/Ulica 113. Šibenske Brigade HV-a (na raskrižju u neposrednoj blizini Doma Zdravlja), ograničava nastavak kretanja po Ulica Kralja Zvonimira/Ulica 113. Šibenske Brigade HV-a i preusmjerava vozila u Ulicu Ive Zanimovića te dalje prema parkiralištu TEF.
3. Put Bioca u smjeru grada, ograničava skretanje u Ulicu Stjepana Radića u smjeru grada i preusmjerava vozila na Vukovarsku ulicu, te dalje prema parkiralištu Gat Vrulje. Prolaz Ulicom Velimira Škorpika u smjeru gradske četvrti Mandalina je omogućen.
4. Srednja magistrala, državna cesta D8 ograničava skretanje u ulicu Put prvog šibenskog partizanskog odreda u smjeru grada, usmjerava vozila da se nastave kretati po Srednjoj magistrali ili parkirati na području „Rokići“ gdje se formira nova velika zona parkiranja i JGPP.
5. Nakon rotora na meterizama ograničava skretanje prema Staroj cesti, usmjerava promet prema Srednjoj magistrali (ne mogu naći naziv ulice)
6. Ulica bana Josipa Jelačića (u blizini Gimnazije), ograničava promet u ulicu Put Gimnazije, preusmjerava promet u Ulicu Đure Đakovića, te dalje na Zapadnu Magistralu ili parkirati na području „Šubićevac tvrđava“ gdje se formira nova velika zona parkiranja i JGPP.

Vozila se ne propuštaju u ZOP III prvenstveno da bi se zadržali na većim prometnicama kako ne bi došlo do velike prometne gužve na Točkama preusmjeravanja prometa Zone II. Točke preusmjeravanja prometa za ZOP III su:

1. Rotor na Meterizama, ograničava promet u smjeru gradske četvrti Šubićevac.
2. Rotor na Meterizama, ograničava promet u smjeru grada Ulicom Kralja Zvonimira/Ulica 113. Šibenske Brigade HV-a, preusmjerava promet na magistralu državnu cestu D8 okosnicu prometa Grada Šibenika.

3. Ulica Ivana Meštrovića (pokraj stadiona Crnica „Metalac“), iz smjera jugoistoka ograničava skretanje u ulicu Bribirskih knezova u smjeru grada, usmjerava promet prema Zapadnoj magistrali.
4. Ulica Ivana Meštrovića, iz smjera sjevera ograničava skretanje u ulicu Bribirskih knezova u smjeru grada, preusmjerava promet prema parkiralištu TEF.
5. Put Bioca u smjeru grada (pokraj Jadranskog osiguranja), ograničava skretanje u Ulicu Stjepana Radića prema Zelenom gradu Šibenik d.o.o.
6. Izlaz iz tunela na Vukovarskoj ulici, ograničava promet po Obali hrvatske mornarice, te preusmjerava promet prema parkiralištu Gat Vrulje.



Slika 2 - Prikaz Zona ograničenog prometa, izvor: Google maps

### 3.4. Dijagram toka donošenja odluke upravljačkog sustava

Propuštanje u zonu ograničenog prometa:

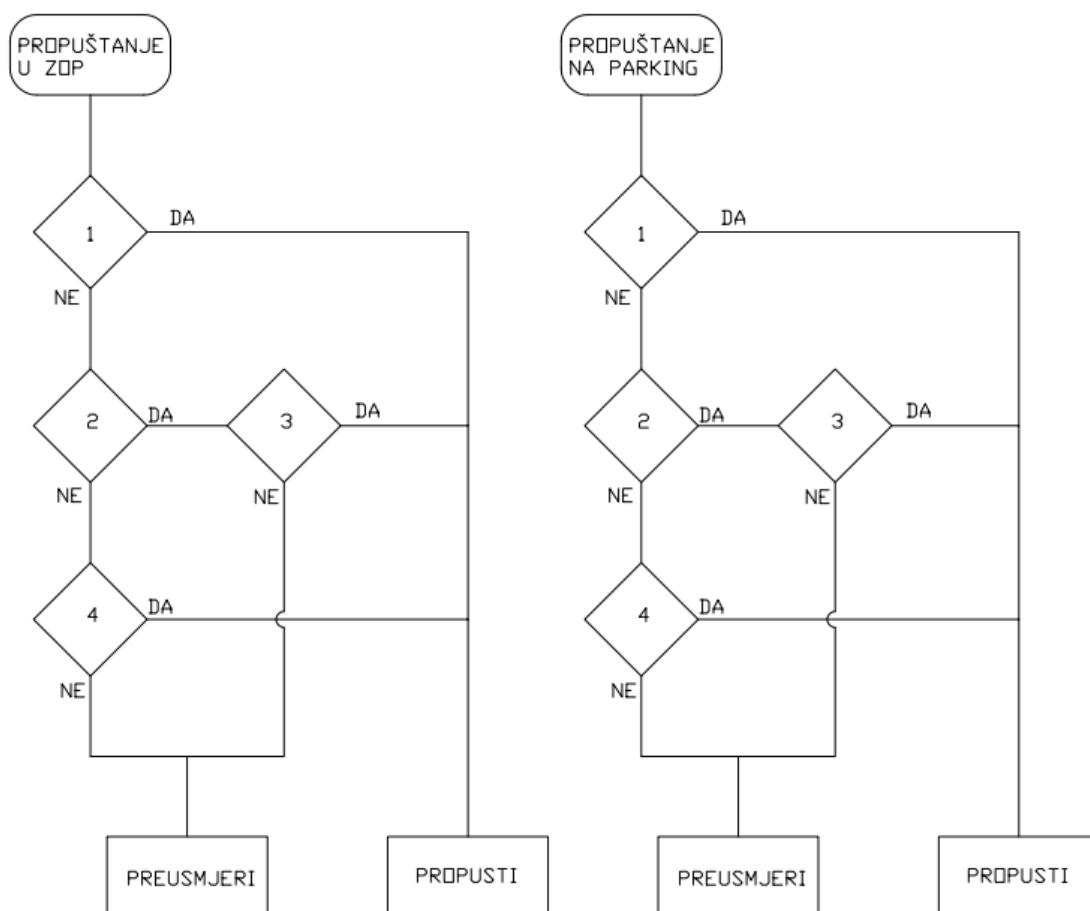
1. Spada li vozilo u kategoriju Posebna vozila, Stanari, Radnici ili Gosti u ovoj Zoni ograničenog prometa ili u Zoni ograničenog prometa niže razine? (Ako vozilo nekoj od navedenih kategorija u Zoni niže razine, automatski se propušta kroz Zonu ograničenog prometa više razine, ali nije omogućen parking u toj Zoni)

2. Spada li vozilo u kategoriju Građani? (Ako vozilo ne spada u ovu kategoriju podrazumijeva se da spada u kategoriju Posjetitelji)
  3. Je li broj dopuštenih vozila u zoni manji od zadane vrijednosti?
  4. Je li broj dopuštenih vozila u zoni manji od zadane vrijednosti?
- \*Broj dopuštenih vozila u zoni se može postaviti na nula što automatski onemogućava pristup svim Posjetiteljima u Zone ograničenog prometa.

Propuštanje vozila na parking lokaciju - vozila s vlastitim parkingom:

1. Spada li vozilo u kategoriju Stanari, Radnici ili Gosti u ovoj Zoni ograničenog prometa ili u Zoni ograničenog prometa niže razine? \*Posebna vozila ne propuštaju se na parking.
2. Spada li vozilo u kategoriju Građani?
3. Je li broj dopuštenih vozila na parking lokaciji kategorije Građani manji od zadane vrijednosti?
4. Je li broj dopuštenih vozila na parking lokaciji kategorije Posjetitelji manji od zadane vrijednosti?

\*Broj dopuštenih vozila na parking lokaciji kategorije Posjetitelji se može postaviti na nula što automatski onemogućava parking svim Posjetiteljima.



Slika 3 - Dijagram toka donošenja odluke upravljačkog sustava, izvor: samostalna izrada



## 4. Zaključak

Grad Šibenik u trenutnom vremenu je u postupku realizacije nekoliko infrastrukturnih projekata koji će omogućiti bolji i protočniji ulazak cestovnih vozila u sam grad, posebno prema staroj gradskoj jezgri kao turističkoj znamenitosti. Veći broj vozila stvara veće prometne gužve i zagušenja na gradskim ulicama, te stvara pritisak na gradsku uličnu prometnu infrastrukturu. Ovaj rad kao jedna ideja trebao bi biti podloga za izradu „Akcijskog plana“ upravljanja infrastrukturom i u konačnici bi započeo riješio neke bitne probleme i postavio smjernice za nadogradnju i daljnje djelovanje na razvoju i izgradnji prometnog sustava. U radu je prikazano što bi navedeni sustav trebao postići tijekom povećanog obujma prometa za vrijeme turističke sezone, razrađen je koncept i postavljene su određene norme prema kojima bi se trebali ravnati prilikom modeliranja sustava, ali kako bi to sustav trebao postići i koju opremu i softver koristiti nije detaljno razrađeno niti se ovog trena može govoriti o nekom konačnom rješenju. Određeni elementi podsustava postoje kroz gradsko poduzeće Gradski Parking d.o.o. Šibenik, dok grad ulaže u informacijski sustav GIS-alata za upravljanje komunalnom infrastrukturom. Prikaz broj slobodnih parkirnih mjesta na dostupnim parking lokacijama u određenoj formi fizički postoji na ulici na više lokacija, ali ne možemo se pouzdati u te podatke jer postoji vremenska udaljenost do lokacije (parkirališta), nedostaju informativni znakovi za vođenje prometa vozača da određene Točke interesa. Konačan cilj je maksimalno ograničavanje prometa s tendencijom postepenog zatvaranja ulica za javni promet i pretvaranje ulica u pješačku zonu i Zonu ograničenog prometa te klasificiranje i usmjeravanje vozila na parkirališta koja mogu primiti određenu količinu vozila.

## Literatura

- [1] Blažević, B. (2007), Turizam u gospodarskom sustavu, Opatija: Fakultet za turistički i hotelski menadžment.
- [2] Rudan, E. (2012) Uloga lokalnog stanovništva u razvoju turizma destinacije, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Opatija, Tranzicija, Vol. 14 No. 29, 2012. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/86070>
- [3] Statistička izvješća, DZS, Zagreb Turizam u primorskim gradovima i općinama u 2015., 2016. i 2017.
- [4] Kundid, I., Šego, D. (2014). Cestovna raskrižja u gradu Šibeniku. Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku, (3-4/2014), 97-105. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/131388>
- [5] Pražen, A; Olivari, L.; Maretić, B. (2017) Inovativni turizam kao pokretač prometne preobrazbe grada Šibenika, Zbornik radova 3. međunarodne znanstveno-stručne konferencije „Izazovi današnjice: održivi obalni i pomorski turizam“, god. 11 5/2017, (ISSN 1846-6656), UDK 656:338.48(497.5)
- [6] <http://www.gradski-parking.hr>
- [7] <http://www.parkujvklidu.cz/prague-parking>,
- [8] <https://www.parkovanivbrne.cz>.

Prof.dr. Hrvoje Baričević, Hrvatska komora inženjera tehnologije prometa i transporta

Zdravko Lisac, dipl.ing.stroj., Primorsko-goranska županija

Robert Mišan, kriminalist, Direkcija za prometno redarstvo, Grad Rijeka

## OPERACIONALIZACIJA AUTOMATSKOG NADZORA PROLASKA KROZ CRVENO SVIJETLO SEMAFORA

Prolazak kroz crveno svjetlo na semaforiziranom raskrižju smatra se jednim od najvećih propusta i uzroka prometnih nesreća. Teži oblik prekršaja ogleda se u činjenici da vozači prilikom prolaska kroz crveno svjetlo ne smanjuju brzinu kretanja vozila ili istu još i povećavaju zbog bržeg prolaska kroz raskrižje. Pilot - projekt automatskog nadzora pokrenut je u Primorsko-goranskoj županiji inicijativom Savjeta za sigurnost prometa na cestama. Probna instalacija izvedena je na odabranoj lokaciji. Ugrađeni sustav ima mogućnost simultanoga nadzora brzine kretanja svih vozila koja prolaze po mjestu nadzora, kao i detektiranje vozila koja prolaze na znak crvenoga svjetla. Automatski sustav za nadzor brzine kretanja i prolaska vozila kroz crveno svjetlo na semaforu „Cordon M-KR“, proizvođača „Simicon“ je zakonito mjerilo brzine i posjeduje Rješenje o odobrenju tipa mjerila Državnog zavoda za mjeriteljstvo RH. Sastoji se od mjerila brzine sa mogućnošću foto/video zapisa vozila koja prolaze kroz zonu nadzora, te uređaja koji detektira ulazak vozila u raskrižje na znak crvenoga svjetla. Prve spoznaje o rezultatima rada uređaja već ukazuju na njegovu punu opravdanost, te se očekuje ekstenzivna primjena.

Ključne riječi: nadzor brzine, semafor, zakonodavno mjeriteljstvo, statistički podaci

## OPERATIONALIZATION OF AUTOMATIC CONTROL OF PASSING THROUGH THE TRAFFIC RED LIGHT

Going through the red light at a traffic light intersection is considered one of the biggest failures and causes of road accidents. The more serious offense is reflected in the fact that when passing through a red light, the drivers do not reduce the speed of the vehicle or even increase it due to the faster passing through the intersection. Pilot - an automatic surveillance project launched in the County of Primorje-Gorski Kotar by the initiative of the Road Safety Council. The test installation was performed at the selected location. The built-in system has the ability to simultaneously monitor the speed of movement of all vehicles passing through the surveillance point, as well as detect vehicles passing through the red light. The automatic system for monitoring the speed of movement and passing of vehicles through the red light at the traffic light

"Cordon M-KR", manufactured by "Simicon" is a legal speedometer and has a Decision on approval of the type of measuring device of the Croatian National Bureau of Metrology. It consists of a speedometer with the possibility of photo / video recording of vehicles passing through the surveillance zone, and a device that detects the entry of the vehicle into the intersection by a red light. Initial knowledge of the performance of the device already indicates its full justification, and extensive application is expected.

Keywords: speed control, traffic light, legislative metrology, statistics

## 1. UVOD

Županijski savjet za sigurnost prometa na cestama Primorsko-goranske županije, na 6. sjednici, održanoj dana 10. srpnja 2019. godine, donio je zaključak o prihvatanju sudjelovanja u pilot-projektu: Sustav automatskog nadzora nepoštivanja crvenoga svijetla u cilju povećanja sigurnosti prometa. Pilot-projekt je nastavak suradnje s privatnom tvrtkom u kojoj se planiranim, privremenim, postavljanjem suvremenih sustava za nadzor prometa utvrđuju određena pravila u ponašanju sudionika u prometu, utjecaj suvremenih automatskih sustava na promjenu negativnih ponašanja sudionika i sukladno tome smanjenje neželjenih posljedica i povećanje prometne sigurnosti. Negativno ponašanje sudionika u prometu koje se ogleda u činjenici da vozači ne zaustavljaju svoje vozilo na znak crvenoga svijetla, na mjestu gdje se prometnom upravlja uređajem za davanje znakova prometnim svjetlima. Teži oblik prekršaja ogleda se u činjenici da vozači prilikom prolaska kroz crveno svijetlo ne smanjuju brzinu kretanja vozila ili istu još i povećavaju u namjeri sa prolaskom kroz crveno svijetlo. Zahvaljujući činjenici da sustav koji se primjenjuje u ovom pilot-projektu ima mogućnost simultanoga nadzora brzine kretanja svih vozila koja prolaze po mjestu nadzora kao i detektiranje vozila koja prolaze na znak crvenoga svijetla biti će moguće utvrditi određena pravila ponašanja sudionika u prometu, poglavito vozača. Prema poznatim činjenicama u Republici Hrvatskoj ne postoje instalirani automatski prometni sustavi kojima se nadzire i detektira prolazak vozila na znak crvenoga svijetla na semaforu.

## 2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Na području Republike Hrvatske postavljen je veliki broj kamera za nadzor brzine.. Županijski savjet u 2015. proveo je projekt provjere kontrole brzine pomoću multitargeting radarskog uređaja za nadzor prometa "Cordon"[1]. Uredaj je bio instaliran na stup javne rasvjeta na nerazvrstanoj ulici Nova cesta u gradu. Rijeci u neposrednoj blizini toplane „Energo“ d.o.o. Rezultati ovoga projekta doprinijeli su bržoj uspostavi automatskog nadzor prometa u Rijeci koju je MUP uveo početkom rujna 2015. Županijski savjet PGŽ je tijekom dvadesetgodišnjeg djelovanja pokretao čitav niz akcija kojima je cilj smanjenje smrtnosti i broja ozlijeđenih te smanjenje materijalnih šteta na cestama, poglavito u domeni tzv. aktivne sigurnosti prometa. Iz programa rada za 2019.godinu razvidne su mnoge inicijative na tom planu. Jedan od njih je i prijedlog pokretanja novog zajedničkog pilot projekta: Sustav automatskog nadzora nepoštivanja crvenoga svijetla kojim bi na odabranoj određenoj lokaciji postavio određeni nadzorni uređaj "Cordon-M"KR koji posjeduje slijedeće karakteristike:

automatski nadzor i mogućnost automatskog detektiranja prekršaja prolaska kroz raskrižje na crveno svjetlo. Također izuzetno problematična je i vožnja u zabranjenom smjeru, pogrešno prestrojavanje, kretanje prometnom trakom namijenjenom za vozila JGP-a.[2]. Predviđeno je automatsko fiksiranje detektiranih vozila fotografijom i video zapisom automatsko prepoznavanje registarskih oznaka, pohranjivanje podataka u vlastitu memoriju i prijenos podataka u realnom vremenu na definiranom poslužitelju u svrhu kolekcioniranja detektiranih podataka. Ugraditi bi trebalo i telemetriju i dijagnostiku sustava, te zaštititi podatke od neovlaštenog pristupa. Naravno i omogućiti rad u svim vremenskim uvjetima. Mikrolokacija postavljanja sustava za automatski nadzor prolaska vozila na znak crvenoga svjetla na semaforu nalazi se u Gradu Rijeci, na raskrižju Ulice Hinka Bačića (D404) i Ulice Andrije Kačića Miošića.[3].



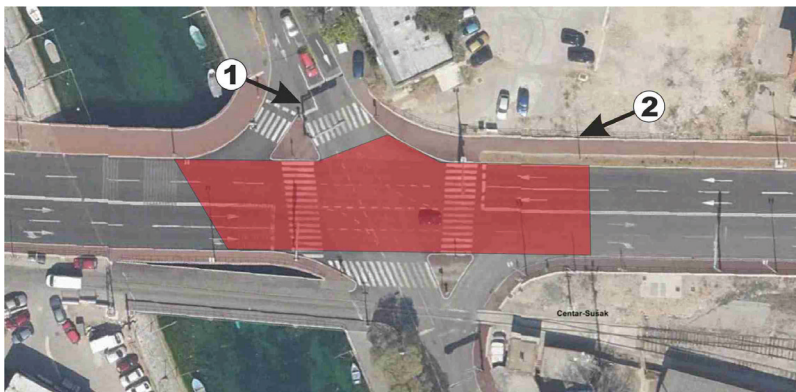
Slika 1. Ortofoto prikaz mikrolokacije postavljanja sustava

Izvor: Mišan, Robert: Prometni elaborat za postavljanje fiksnog uređaja za mjerenje brzine i nadzora prolaska kroz crveno svjetlo u gradu Rijeci (prometni elaborat-izvedbeni), Rijeka, 2019, str..2

Razmatrano raskrižje je prvo po redu semaforizirano raskrižje na istočnom ulazu u Grad Rijeku. Nadzor se vrši na Ulici Hinka Bačića koja je dvosmjerna cesta sa dvije kolničke trake od kojih je svaka podijeljena na dvije prometne trake. Smjerom istok – zapad vozila kroz raskrižje smiju zadržavati smjer kretanja i ne smiju skretati desno ili lijevo u Ulicu Andrije Kačića Miošića. Smjerom zapad istok, vozila koja se kreću lijevom prometnom trakom u raskrižju smiju zadržavati smjer kretanja dok vozila koja se kreću desnom prometnom trakom smiju na raskrižju skretati u desno ili zadržavati smjer kretanja u smjeru istoka. Područje obuhvata postavljanja prometne opreme – automatskog sustava za nadzor brzine i prolaska kroz crveno svjetlo na



semaforu je spomenuto raskrižje Ulice Hinka Bačića (D404) i Ulice Andrije Kačića Miošića, s napomenom da se mjeri brzina kretanja svih vozila koja se kreću Ulicom Hinka Bačića dok se prolazak kroz crveno svijetlo detektira za vozila koja se kreću Ulicom Hinka Bačića, iz smjera istoka u smjeru zapada. Zona nadzora prikazana je na slici 2.



Slika 2. Zona obuhvata

Izvor: Mišan, Robert: Prometni elaborat za postavljanje fiksnog uređaja za mjerenje brzine i nadzora prolaska kroz crveno svijetlo u gradu Rijeci (prometni elaborat-izvedbeni), Rijeka, 2019, str. 3

### 3. TEHNIČKI OPIS ZAHVATA

Postavljanje fiksnog uređaja s funkcijom nadzora brzine kretanja i automatske detekcije vozila koja prolaze na znak crvenoga svijetla predviđa se uz rub prometnice. Sustav se postavlja na nosivi stup semafora čija pozicija je na slici 2. označena sa 1, dok slika 3. prikazuje izgled nosivoga stupa. Drugi dio automatskog sustava za detekciju prolaska vozila kroz crveno svijetlo na semaforu sastoji se od nadzorne kamere i postavlja se na postojeći nosivi stup koji služi kao nosač znaka obavijesti visokoga napona i nalazi se na Ulici Hinka Bačića, neposredno prije raskrižja sa Ulicom Andrije Kačića Miošića gledajući iz smjera istoka. Pozicija na slici 2. označena je sa 2, dok slika 4. prikazuje izgled istoga stupa.



Slika 3. Nosivi stup semafora

Izvor: Mišan, Robert: Prometni elaborat za postavljanje fiksnog uređaja za mjerenje brzine i nadzora prolaska kroz crveno svjetlo u gradu Rijeci (prometni elaborat-izvedbeni), Rijeka, 2019, str. 3



Slika 4. Izgled stupa za instalaciju nadzorne kamere

Izvor: Mišan, Robert Prometni elaborat za postavljanje fiksnog uređaja za mjerenje brzine i nadzora prolaska kroz crveno svjetlo u gradu Rijeci (prometni elaborat-izvedbeni), Rijeka, 2019, str. 4

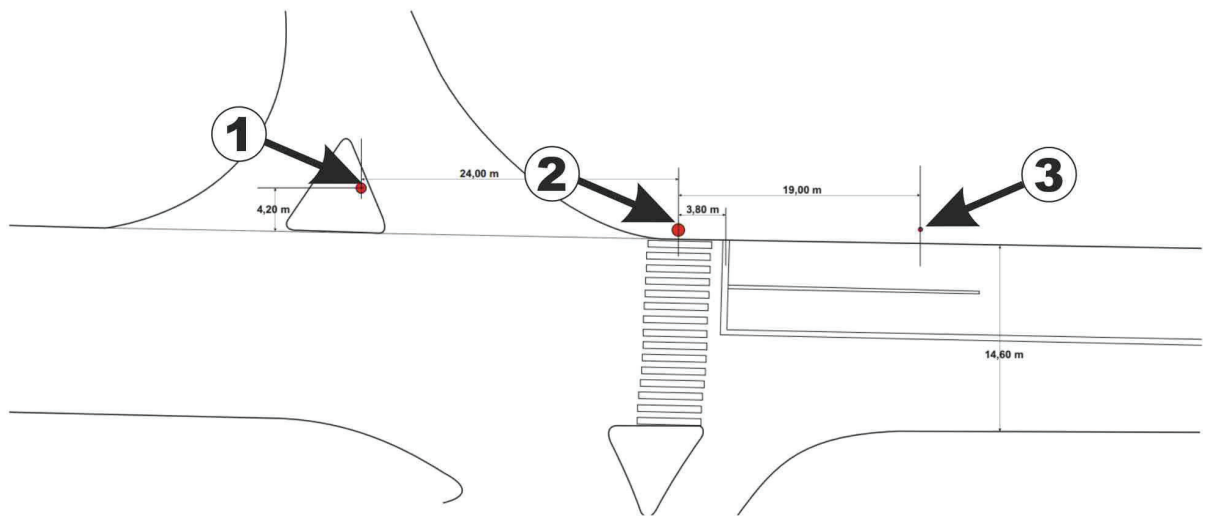
#### 4. KARAKTERISTIKE AUTOMATSKOG SUSTAVA ZA NADZOR PROLASKA KROZ CRVENO SVJETLO

Automatski sustav za nadzor brzine kretanja i prolaska vozila kroz crveno svjetlo na semaforu „Cordon M-KR“, proizvođača „Simicon“ je zakonito mjerilo brzine i posjeduje Rješenje o odobrenju tipa mjerila Državnog zavoda za mjeriteljstvo Republike Hrvatske broj HR B-1-1030. Sustav se sastoji od dvije osnovne komponente:

- mjerilo brzine sa mogućnošću foto/video zapisa vozila koja prolaze kroz zonu nadzora. Uređaj se postavlja na način da na istome bude vidljiva zaustavna crta prije raskrižja čime se detektira ulazak vozila u raskrižje na znak crvenoga svjetla, a ujedno vrši nadzor brzine svih vozila koja se kreću prometnicom, na četiri prometne trake, neovisno o smjeru kretanja;
- pregledna kamera koja se postavlja prije raskrižja na privozu na kojem se namjerava nadzirati prolazak vozila kroz crveno svjetlo. Pregledna kamera, u čijem vidokrugu se nalazi semaforski uređaj, služi za optički nadzor signala na semaforu.

Napajanje sustava izvodi se iz napajanja sa semaforskog uređaja i napona je 220 V. Snaga sustava je 60 W. Komponente sustava povezane su ethernet kabelom radi stabilne i pouzdane mrežne veze između komponenti sustava. Za instalaciju sustava nije potrebno izvoditi nikakve građevinske radove u zoni nadzora.

Slika 5. Shema instalacije sustava „Cordon M-KR“



**LEGENDA:**

1. Pozicija instalacije mjerila brzine «Cordon M-KR»
2. Pozicija stupa na kojoj se nalazi semaforski uređaj koji se nadzire
3. Pozicija instalacije nadzorne kamere «Cordon»

Izvor: Mišan, Robert: Prometni elaborat za postavljanje fiksnog uređaja za mjerenje brzine i nadzora prolaska kroz crveno svjetlo u gradu Rijeci (prometni elaborat-izvedbeni), Rijeka, 2019, str. 5

## 5. ZAKLJUČAK

Prolazak kroz crveno svjetlo na semaforiziranom raskrižju smatra se jednim od najvećih propusta i uzroka prometnih nesreća. Teži oblik prekršaja ogleda se u činjenici da vozači prilikom prolaska kroz crveno svjetlo ne smanjuju brzinu kretanja vozila ili istu još i povećavaju zbog bržeg prolaska kroz raskrižje. Pilot - projekt automatskog nadzora pokrenut je u Primorsko-goranskoj županiji inicijativom Savjeta za sigurnost prometa na cestama krajem 2019.g. Instalirani sustav pozicioniran je na istočnom dijelu centra grada na raskrižju DC 404 i prometice prema kontejnerskom terminalu Brajdica. Vrijeme trajanja pilot-projekta je zaključkom Županijskog savjeta predviđeno u tri kalendarska mjeseca. Nakon isteka roka za provođenje pilot projekta obveza

subjekta koji instalira sustav je dovođenje stanja korištenih objekata u prvobitno stanje. Sukladno navedenim karakteristikama sustava moguće je provesti nadzor prometa na zajednički odabranom raskrižju gdje će se doći do relevantnih podataka prvenstveno o intenzitetu činja prekršaja prolaska kroz crveno svjetlo na semaforu, a zahvaljujući mogućnosti mjerenja brzine kretanja vozila i brzini prometnih tokova i korelaciji između nepropisne brzine i prolaska kroz crveno svjetlo. Osim evidentiranja prekršaja prolaska kroz crveno svjetlo provedbom ovoga projekta utvrdili bi i druge elemente poput ugrožavanja pješaka na obilježenom pješačkom prijelazu u zoni nadzora oduzimanje prednosti prolaska iz dobivenih podataka, koji su prikupljeni tijekom 3 mjeseca (rujan- studeni 2019. godine) probnog rada, uključujući i izradu odgovarajućih analiza sa preporukom poduzimanja potrebnih tehničkih i pravnih mjera. Treba u ovom kontekstu apostrofirati i strožije tretiranje ovih vrsta prekršaja temeljem novodonesenog, prošlogodišnjeg Zakona o sigurnosti prometa na cestama gdje se u članku 59. uvodi mogućnost kažnjavanja vozača koji vozilima namjerno prolaze na znak crvenog svjetla, kada se prometom upravlja semaforima. Dakle, novom mjerom u Zakonu se razdvajaju i strože kažnjavaju prekršitelji koji namjerno prolaze na znak crvenog svjetla. Time povećavaju vjerojatnost prometnih nesreća s vrlo teškim posljedicama u smislu naleta na pješake, bicikliste i vozila iz suprotnog smjera. Statistički pokazatelji već ukazuju na pozitivne učinke ove izmjene spomenutog zakona.

## LITERATURA

[1] Monografija o dvadeset godina djelovanja Savjeta za sigurnost prometa Primorsko goranske županije, Rijeka, 2018.

[2] Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19.

[3] Mišan, Robert: Prometni elaborat za postavljanje fiksnog uređaja za mjerenje brzine i nadzora prolaska kroz crveno svjetlo u gradu Rijeci na raskrižju ul. Hinka Bačića (D404) i ul. A.K.Miošića (prometni elaborat-izvedbeni), Rijeka, 2019



# **PRIMJENA DIGITALIZACIJE U POSLOVANJU PODRUŽNICE ZAGREBPARKING**

## **DIGITALIZATION APPLICATION IN THE BUSINESS OF ZAGREBPARKING**

**Mr. sc. Ana Preost**

Zagrebački holding d.o.o., Podružnica Zagrebparking, Šubićeva 40/III, Zagreb  
e-mail: ana.preost@zagrebparking.hr

**Krešimir Milinović, dipl. ing.**

Zagrebački holding d.o.o., Podružnica Zagrebparking, Šubićeva 40/III, Zagreb  
e-mail: kresimir.milinovic@zgh.hr

**Doc. dr. sc. Robert Maršanić**

Hrvatska parking udruga, Šubićeva 40/III, Zagreb  
e-mail: robert.marsanic@ri.t-com.hr

**Goran Bulat, mag. oec.**

Gradski parking d.o.o., Draga 14, 22 000 Šibenik  
e-mail: direktor@gradski-parking.hr

### **SAŽETAK**

Digitalizacija predstavlja transformaciju dosadašnjeg načina rada te nepovratno mijenja načine i postavlja nova pravila u poslovanju. Oslobađanje od nepotrebnih fizičkih dokumenata i prelazak na digitalizirani oblik poslovanja ne predstavlja luksuz, već temelj efikasnog i uspješnog poslovanja u današnjem poslovnom svijetu. U radu se prikazuju primjeri digitalizacije u Zagrebačkom holdingu, Podružnici Zagrebparking d.o.o. U razdoblju od 2014. do 2018. godine u navedenoj Podružnici za korisnike parkirališta na području grada Zagreba osigurana je mogućnosti kupnje elektronske parkirne karte na prodajnim mjestima Tisak i iNovina, zatim je omogućena online razmjene podataka, elektronska kupnja povlaštene, komercijalne i dnevne parkirne karte te kupnja naljepnica za osobe s invaliditetom. Također, osiguran je i sustav automatske naplate parkiranja u javnim garažama, novi parkirni automati te mobilna ZgPark aplikacija.

**Ključne riječi:** digitalizacija, Zagrebparking, parkirališta, parkiranje, grad Zagreb.

### **ABSTRACT**

Digitization is a transformation of the way we work so far, irreversibly changing ways and setting new rules in business. The release of unnecessary physical documents and move on to a digitized form of business is not a luxury, but a foundation of an efficient and successful business in today's business world. This paper presents examples of digitization in Zagreb Holding, Zagrebparking Branch Ltd. In the period

from 2014 to 2018, the aforementioned Parking Users Branch in the City of Zagreb was provided with the possibility to purchase an electronic parking ticket at the Tisak and iNews outlets, then enabled online data exchange, electronic purchase of privileged, commercial and daily parking tickets, and buying stickers for people with disabilities. Also, there is a system of automatic parking billing in public garages, new parking machines and mobile ZgPark application.

**Key words:** digitization, Zagrebparking, parking lots, parking, city of Zagreb.

## 1. UVOD

U svakodnevnom životu sve se češće čuje riječ digitalizacija. Spominje se digitalno doba, digitalno društvo, digitalni grad i tako dalje. No, isto tako taj se pojam, kao i mnogi drugi vezani uz njega, različito tumači i shvaća. Proces digitalizacije temelji se na primjeni digitalne tehnologije.

Sveprisutni pojam digitalne transformacije posljednjih godina često je korišten izvan realnog konteksta samog pojma. Mnogo toga što je zapravo vrlo labavo povezano s digitalnom transformacijom ili je pak sredstvo koje omogućava digitalnu transformaciju (primjerice, integracija IT sustava i automatizacija poslovnih procesa, telekomunikacijska infrastruktura i drugo) stavlja se pod „krovni naziv“ digitalne transformacije, što dodatno zbunjuje.

Dvije fundamentalne strategije u digitalnoj transformaciji su: OPTIMIZACIJA – digitalizacija postojećeg poslovanja (evolucijska inovacija) i INOVACIJA – inoviranje na razini poslovnog modela, kreiranje novih proizvoda i usluga baziranih na digitalnoj tehnologiji i slično (disruptivna inovacija).

U ovom trenutku, i u Hrvatskoj i u svijetu, značajno je veći broj inicijativa koje su fokusirane na optimizaciju, nego onih fokusiranih na inovaciju. Strategija digitalizacija tradicionalnih poslovnih modela i procesa je obično strategija nižeg rizika, ali je i pristup koji daje limitirane rezultate. Ovaj pristup podrazumijeva da su procesi i poslovni modeli primjereni, a primjenom digitalnih tehnologija ih optimizirate i činite efikasnijim ili bržim.

Dodatni otežavajući čimbenik kod primjene inovacijskog pristupa, uz očekivane, kao što su potencijal, realne mogućnosti i sposobnost kompanije za korjenite inovativne promjene, rizik ugrožavanja vlastitih „tradicionalnih“ proizvoda i usluga, je i regulacijski okvir za uvođenje digitalnih proizvoda i usluga. Neke zemlje u Europi, kao što su Estonija, Švedska, Litva, Portugal, već su definirale napredne digitalne regulatorne okvire koji omogućavaju nesmetan rast digitalnih poslovnih modela.

Transformacija proizvoda i usluga, odnosno kreiranje novih proizvoda i usluga korištenjem digitalnih tehnologija uglavnom se realiziraju kroz globalne kompanije koje šire svoje poslovanje na područje Hrvatske, kao što je primjerice Uber.

Digitalni proizvodi nisu ograničeni jezikom ili granicama – pružanje usluge korištenjem digitalne tehnologije čini i cjenovno i efikasnošću uslugu konkurentnu i dostupnu na globalnom tržištu.

Za digitalne proizvode karakteristično je da se proizvodi zapravo pretvaraju u uslugu, pružaju korisniku proizvoda niz informacija vezanih uz način uporabe proizvoda, preporuke za efikasnije korištenje proizvoda, u svrhu poboljšanja njegove namjene (primjerice, kacige koje se koriste u nekim sportovima mogu pružati informacije o jačini udarca, zdravstvenom stanju igrača i davati preporuke kada igrača povući iz igre zbog ozljede ili zdravstvenog stanja, oprema koja se koristi kod trčanja može pružati informacije o stanju organizma, potrošnji kalorija i davati preporuke kako unaprijediti tjelovježbu).

Najčešće korištene digitalne tehnologije u kontekstu digitalne transformacije su cloud (oblak), mobilne tehnologije, napredna analitika (i big data), socijalne mreže, Internet of Things ('Internet stvari'), roboti i dronovi, umjetna inteligencija (AI), augmented i virtual reality (proširena i virtualna stvarnost), blockchain i 3D printanje.

## **2. POJAM I TERMIN DIGITALIZACIJE**

Prošle su 341 godine od trenutka kada je Gotfrid Vilhelm Lajbnic, 1679. godine razvio binarni sistem, a već 75 godine od kada se počeo koristiti prvi kompjuter. Dakle, digitalni svijet je oko nas već dosta dugo, a i dalje ne koristimo termin digitalizacija na pravi način. Postoje brojne definicije digitalizacije u ovisnosti od kuta promatranja, a samim tim i opća konfuzija koja je dovela do pogrešne upotrebe ovog termina.

Reč „digit“ na engleskom znači cifra, latinskog je porijekla i znači prsti, odnosno brojanje na prste. Prema tome, digitalno znači cifarski, odnosno diskretno, tj. prekidno. Suprotno prekidnom, odnosno digitalnom je neprekidno, tj. analogno. Svi signali u prirodi su kontinuirane funkcije vremena, odnosno analogni su. Sam prostor je kontinuiran - cijeli svijet oko nas je analogan. Ljudi su odavno imali potrebu da na neki način zabilježe ove signale – zvuk, sliku, da ih sačuvaju i obrađuju. Prirodni signali se mogu matematički predstaviti skupom neprekidnih vrijednosti, odnosno neprekidnom funkcijom, označavanjem svih vrijednosti signala kako vrijeme teče. Vrijeme je neprekidna promjenljiva, kao i vrijednost signala. Signal zabilježen na ovaj način zove se analogni signal. Kod analogne obrade signala koristi se neko svojstvo medija kako bi se prenijela informacija o signalu jer su fizičke osobine medija direktno povezane (analogne) sa fizičkim karakteristikama prirodnog signala. Analogne vrijednosti se najčešće predstavljaju jačinom električne struje, voltažom ili naponom, kako bi se dati signal, radi čuvanja, prijenosa ili obrade, pretvorio u električni.

Da li je digitalizacija kada odlučimo čuvati dokumente u digitalnom obliku umjesto hrpe papira? Ili kada počnemo prodavati svoj proizvod on-line? Da li je digitalizacija kada kreiramo aplikaciju za podršku korisnicima i ona kada razvijemo potpuno novi digitalni proizvod? Iako svaki od ovih primjera predstavlja uvođenje digitalnog poslovanja, ne predstavlja svaki digitalizaciju.

Pojam digitalizacija često se koristi za proces kojim se različiti oblici informacije, kao što su tekst, zvuk, slika ili analogni signal, pretvaraju u jedinstveni binarni kod, odnosno digitalni diskretni oblik koji se može obrađivati računalom.

Pod pojmom digitalizacije se podrazumijeva i uporaba digitalne tehnologije za promjene u poslovnim modelima i povećanju prihoda te za omogućavanje stvaranja novih vrijednosti u proizvodnji. To je proces koji vodi prema digitalnom poslovanju.

Digitalizacija predstavlja upotrebu postojećih tehnologija i informacija za poboljšanje ili zamjenu poslovnih procesa, stvaranje profita i stvaranje okruženja za digitalno poslovanje u kome informacija ima centralnu ulogu. Najjednostavniji primjer je upotreba google drive-a za čuvanje i dijeljenje dokumenata umjesto ladice zatrpane papirima ili korištenje neke platforme za internu poslovnu komunikaciju ili projektni menadžment.

Digitalizacija je od presudne važnosti za obradu, pohranjivanje i prijenos podataka jer omogućuje da se sve vrste informacija u svim oblicima izvršavaju istom učinkovitošću, a isto tako međusobno miješaju.

Kada govorimo o primjerima digitalizacije sa aspekta poboljšanja poslovnih procesa, uviđamo da je ogroman broj kompanija poput onih u bankarskom sektoru uveo mobilne aplikacije koje olakšavaju korisnicima pristup proizvodima ili uslugama, ubrzavaju ga i optimiziraju digitalno poslovanje.

Pored toga, možda najvažniji aspekt digitalne transformacije jeste kulturološka promjena koja zahtijeva od organizacija da konstantno preispituju status quo, često eksperimentiraju i naviknu se na neuspjeh kao sastavni dio uspjeha.

To znači izazove u liderstvu, drugačije razmišljanje, poticanje inovativnosti i novih modela poslovanja uz upotrebu tehnologije. Također, to podrazumijeva promjenu razmišljanja zaposlenih i orijentaciju ka konstantnim promjenama.

Ne samo da digitalna transformacija predstavlja korak dalje jedne organizacije u digitalizaciji, već ima i ogroman utjecaj na ekonomiju, vladu i društvo jedne države. Ona predstavlja svojevrsnu (r)evoluciju koja će donijeti velike promjene i rast na svim poljima ukoliko se ide u korak sa njom i na vrijeme se iskoriste sve mogućnosti koje pruža, a smanje efekti svih izazova koje može doneti. Stoga, kao i do sada kroz povijest, važi ona dobra, stara Darvinova — preživjeće samo oni koji se najbrže prilagode promjenama.

### **3. PRIMJENA DIGITALIZACIJE U FUNKCIJI POBOLJŠANJA POSLOVNIH PROCESA U PODRUŽNICI ZAGREBPARKING**

Bitan segment digitalne transformacije je i uspostava digitalnih, on-line prodajnih i servisnih kanala, kroz koje se često uspostavljaju novi, napredniji, neposredni i promptni načini komunikacije s korisnicima, koriste se socijalne mreže, uz primjenu napredne analitike pokušavajući bolje razumjeti potrebe i očekivanja pojedinog korisnika i personalizirajući ponudu i uslugu koja mu se nudi.

U nastavku se prikazuju primjeri digitalizacije u Zagrebačkom holdingu, Podružnici Zagrebparking d.o.o. U razdoblju od 2014. do 2018. godine u navedenoj Podružnici za korisnike parkirališta na području grada Zagreba osigurana je mogućnosti kupnje elektronske parkirne karte na prodajnim mjestima Tisak i iNovina,

zatim je omogućena on-line razmjene podataka, elektronska kupnja povlaštene, komercijalne i dnevne parkirne karte te kupnja naljepnica za osobe s invaliditetom. Također, osiguran je i sustav automatske naplate parkiranja u javnim garažama, novi parkirni automati te mobilna ZgPark aplikacija.

### **3.1. Elektronička parkirališna karta na kioscima**

Projekt "elektronička parkirališna karta" pokrenut je zbog nemogućnosti praćenja prodaje karata u informacijskom sustavu, jednostavnosti za krajnjeg korisnika, optimizacije troškova uklanjanjem velikih količina tiskanih karata te sprečavanje mogućnosti malverzacija.

Glavne prednosti ovog projekta su:

- zamjena tiskanih parkirališnih karata s elektroničkim kartama koje su povezane direktno na informacijski sustav za naplatu i kontrolu parkiranja,
- ostvarivanje uštede uklanjanjem tiskanih karata i manjom provizijom,
- jednostavna mogućnost nadogradnje usluge,
- mogućnost kupovanja satnih, dnevnih i mjesečnih karata,
- onemogućeno krivotvorenje,
- napravljen još jedan korak prema centraliziranom elektronskom sustavu naplate parkiranja.

Na ovaj način se dogovorene provizije, osim što se one nominalno smanjuju, smanjuje se izravno i trošak Podružnice. Time se ostvaruju daljnje uštede, odnosno izravno povećavaju prihodi. Implementacijom usluge u informacijski sustav Zagrebparkinga pojednostavljen je nadzor i kontrola parkiranja te je omogućeno trenutno praćenje i kreiranje izvještaja za ovaj prodajni kanal.

Budući da se kontinuirano povećava područje naplate parkiranja, a imajući u vidu broj prodajnih mjesta (kioska) na području Zagreba, ovaj kanal prodaje omogućuje pokrivenost novih zona bez dodatnog ulaganja u parkirališne automate.

### **3.2. ePK – web portal za kupnju parkirališnih karata**

Cilj projekta "Elektroničke Povlaštene Parkirališne Karte (e-PPK)" je olakšati kupnju povlaštene parkirališne karte građanima, smanjiti gužve na blagajni podružnice Zagrebparking, smanjiti nepotrebnu distribuciju papira prilikom izdavanja povlaštene karte, povećati razinu zaštite osobnih podataka te smanjiti troškove ukidanjem izdavanja papirnatih kartica i kopiranja dokumentacije korisnika.

„On-line“ prodaja elektroničkih povlaštenih parkirališnih karata realizirana je u dva koraka: autorizacija korisnika i kupovina povlaštene karte. Korisnik putem „on-line“ zahtjeva autorizira svoju registarsku oznaku za kupnju određenog tipa povlaštene karte u ovisnosti o mjestu prebivališta ili boravišta te nakon autorizacije kupuje kartu na bilo kojem prodajnom mjestu bez predodjenja dodatne dokumentacije.

Glavne prednosti ovog projekta su:



- zamjena tiskanih povlaštenih parkirališnih karata s elektroničkim kartama koje su povezane direktno na informacijski sustav za kontrolu i naplatu parkiranja,
- unapređenje usluge za korisnike u vidu uklanjanja tiskanih karata, kopiranja i printanja ostale dokumentacije te mogućnosti autorizacije i kupovine povlaštene parkirališne karte na bilo kojem mjestu koje ima pristup internetu,
- jednostavna mogućnost nadogradnje usluge za prodaju ostalih artikala (satna, dnevna i komercijalna karta),
- povećana sigurnost u smislu zaštite osobnih podataka,
- smanjenje redova na blagajni podružnice,
- viša razina usluge za korisnike (jednostavna kupovina putem web-a, obavijest o isteku povlaštene karte ...).

Implementacija usluge web prodaje elektroničkih povlaštenih parkirališnih karata iznimno je koristan i vrijedan projekt koji je zahvaljujući suradnji MUP-a i Zagrebačkog holdinga, građanima omogućio jednostavnu i sigurnu kupovinu karata, uvid u transakcije, autorizacije i račune te ostale korisne informacije.

### **3.3. ZgPark – mobilna aplikacija**

U sklopu projekta implementacije sustava za automatsku naplatu i centralno upravljanje u javnim garažama, implementirana je mobilna aplikacija za plaćanje parkiranja u javnim garažama i na javnim parkiralištima.

Korisnik plaćanja parkiranja putem pametnog telefona može biti bilo koji korisnik (neovisno o mobilnoj mreži na kojoj se nalazi) koji ima podatkovnu vezu na svom uređaju te koji je instalirao mobilnu aplikaciju i prošao registracijski postupak.

Mobilna aplikacija podržava kupnju svih oblika parkirališnih karata za zatvorena i otvorena parkirališta.

Nova mobilna aplikacija ZgPark uvedena je u svibnju 2018. godine kao najznačajnija novina u poslovanju podružnice Zagrebparking. Ova dvojezična aplikacija na hrvatskom i engleskom jeziku primarno se koristi za kupnju, plaćanje i nadoplatu parkirališnih karata na javnim parkiralištima i u javnim garažama (Rebro, Petrinjska, Langov trg, Kvaternikov trg i Gorica). Aplikacija podržava funkcionalnosti unosa registarskih oznaka vozila, unosa i odabira parkirališnih karata, administriranje korisničkih podataka i bankovnih kartica. Aplikacija ZgPark podržava sljedeće načine plaćanja: bankovne kartice (Amex, Master, Maestro, Visa, Diners) te pre-paid plaćanje. Aplikaciju je moguće preuzeti na AppStore i GooglePlay Internet trgovinama, dok je korištenje mobilne aplikacije kao i sama instalacija na mobilne uređaje jednostavna.

Nakon implementacije mobilne aplikacija ZgPark za plaćanje parkiranja u javnim garažama i na javnim parkiralištima, pristupilo se nadogradnjama aplikacije s novim funkcionalnostima. U prvom polugodištu 2019. izvršene su sljedeće nadogradnje:

- mogućnost kupnje komercijalne parkirališne karte s odabirom datuma u budućnosti,
- kupnja povlaštene parkirališne karte s provjerom autorizacije pute registarske oznake,

- prikaz punionica za električna vozila u javnim garažama te navigacija do istih,
- mogućnost nadoplate prepaid bona drugog korisnika aplikacije.

Analizom je utvrđeno da je u istom vremenskom razdoblju u 2019. godini u odnosu na 2018. godinu, broj registriranih korisnika porastao za 41% dok je broj transakcija i prihod od mobilne aplikacije ZgPark porastao za 285%.

Mobilna aplikaciju ZgPark kontinuirano se nadograđuje dodatnim funkcionalnostima te je u planu integrirati ju s vanjskim sustavima tvrtki i ustanova grada Zagreba.

### **3.4. Parkirališni automati**

U kolovozu 2018. godine pokrenuta je instalacija 100 suvremenih parkirališnih aparata, s prikazom na hrvatskom, engleskom, njemačkom i talijanskom jeziku. Uređaji omogućavaju kupovinu satne karte/višesatne karte, komercijalne parkirališne karte (KPK), plaćanje i kupovina dnevne parkirališne karte (DPK) kao i kupnju povlaštene parkirališne karte (PPK) uz važeću autorizaciju. Plaćanje artikala moguće je vršiti kovanicama, ali i debitnim/kreditnim karticama (MAESTRO, MASTER, VISA, AMEX, DINERS) što je novina u odnosu na dosadašnje poslovanje, a čime se korisnicima pruža izbor odabira sredstva plaćanja. Karta kupljena na novom parkirališnom aparatu je elektronička te je odmah vidljiva u informacijskom sustavu podružnice Zagrebparking, pri čemu vozači više ne trebaju isticati kartu ispod vjetrobranskog stakla. Novi parkirališni aparati omogućuju buduću integraciju ostalih usluga grada Zagreba i Zagrebačkog holdinga.

Implementacijom novih parkirališnih automata, podružnica Zagrebparking omogućava sljedeće:

- višu kvalitetu pružanja usluge korisnicima,
- veći nivo sigurnosti pružanja usluge te upravljanja uslugom,
- platformu za razvoj i pružanje novih usluga korisnicima.

## **4. ZAKLJUČAK**

U svakodnevnoj komunikaciji susrećemo se s nizom pojmova iz digitalnog svijeta, pri čemu se u posljednje vrijeme sve češće spominje digitalna transformacija. Ona utječe na sve sektore gospodarstva i mijenja naš život, rad i komunikacije. Digitalna transformacija danas više nije pitanja izbora - ona je neizbježna, neophodna i nezaobilazna.

Digitalizacija poslovanja jedna je od najvećih prilika, ali i izazova s kojim se trenutačno suočavaju kompanije. Pritom, pitanje pristupa postaje jedno od najvažnijih - jer ako digitalizacija nije strateški vođena, kompanije riskiraju stvaranje digitalne anarhije. Svjetski, pa i domaći trendovi digitalizacije pokazuju da su financijske institucije najbolje odgovorile na izazove koje pred njih stavlja digitalizacija industrije i razvoj tehnologija, dok ih u primjeni digitalizacije slijede automobilska, elektronička i IT industrija, kao i mediji i telekomunikacije, dok ugostiteljska, logistička i transportna industrija nešto sporije prihvaćaju nove digitalizacijske tehnologije.

Digitalna transformacija odnosi se na proces koji započinje od trenutka kada organizacija krene razmišljati o uvođenju digitalnih tehnologija u svim područjima poslovanja i traje do trenutka njihove potpune integracije.

U procesu digitalne transformacije želimo da tehnologija korisnicima omogući da traže ono što žele, i to kad god i kako god to žele. Razvoj novih tehnologija, softvera i aplikacija omogućio je da se organizacije povežu s korisnicima na različitim razinama – od informiranja o kupnji, pomoći pri odlučivanju i procesu kupnje do razmjene informacija o zadovoljstvu. Stoga digitalna transformacija znači i promjenu svih oblika poslovanja i procesa u kojima su zaposlenici organizacije u interakciji s njezinim korisnicima.

Razvoj informacijskog društva u Hrvatskoj započeo je odavno, ali iako su neki značajni koraci učinjeni, i dalje nas čeka puno posla samo u sferi digitalizacije. Četvrta industrijska revolucija, odnosno digitalna revolucija je u punom zamahu i očekuje se da će imati najveći utjecaj na razvoj i svakodnevni život društva. Stoga, nemamo puno vremena na raspolaganju ukoliko želimo pratiti korak sa ostatkom svijeta i Europe.

Digitalizacija poslovanja u privatnim tvrtkama je nekoliko koraka ispred digitalizacije javnih sektora, što je i očekivano jer je implementacija novog načina rada uvijek jednostavnija kada je sustav manje kompleksan i obiman. I privatni i javni sektor u Hrvatskoj, u zadnjih nekoliko godina, intenzivnije se bavi digitalnom transformacijom, pomaci se vide, postoje pozitivni primjeri, ali postoji još puno prostora i potreba za ambicioznijim promjenama, promjenama većeg rizika i značajnijim rezultatima.

Jedan od važnijih preduvjeta za daljnji digitalni rast i inovacije je i stjecanje digitalnih znanja kroz edukaciju i praksu (i na primjerima razvijenijih ekonomija od hrvatske), povećanje broja digitalnih stručnjaka i rad na digitalnoj „pismenosti“ populacije općenito.

Tema digitalizacije neraskidivo je povezana s korisnicima. Korisnicima koji žele brzo i kvalitetno digitalno iskustvo. Žele se ulogirati na svoje on-line račune i vidjeti pravovremene izvještaje potrošnje usluga koje koriste, očekuju vidjeti željene aplikacije na zaslonima mobitela čim novi mobilni izdane iz kutije ili on-line odobrenje bankovnih kredita u roku od nekoliko minuta. Oni sami vjerojatno ne bi tako rekli, no upravo oni potiču radikalne promjene poslovnih procesa u mnogim industrijama. Ključne riječi novog, digitalnog svijeta tako postaju intuitivno sučelje, konstantna dostupnost, personalizirani pristup, globalna konzistentnost.

Kako bi udovoljile ovim visokim očekivanjima korisnika, kompanije moraju ubrzati digitalizaciju svojih poslovnih procesa. Osim toga, trebale bi ići iznad same automatizacije postojećih procesa - one moraju ponovno izmisliti poslovne procese u kojima je puno više fleksibilnosti i automatizacije, manje dokumenata, naravno uz ispunjavanje regulatornih zahtjeva i ostvarivanje visoke razine sigurnosti. Poslovni modeli, organizacijska struktura, vještine i uloge moraju biti redizajnirane kako bi odgovorile na zahtjeve novih procesa. Upravljanje podacima treba biti tako prilagođeno da omogućava kvalitetnije donošenje odluka, praćenje učinka i stvaranje što bolje povezanosti s korisnicima. Uspješna digitalizacija počinje s dizajnom

svakog procesa za budućnost, bez obzira na trenutna ograničenja koja treba analizirati, ali i izazivati.

Iskustvo pokazuje kako mnogi korporativni mitovi zapravo mogu biti vrlo brzo riješeni kroz razgovor s korisnicima i regulatornim tijelima. Osim povećanja prihoda koje kompanija ostvaruje digitalizacijom usmjerenom na korisnika, kao što je primjerice sustav upravljanja prodajnim prilikama koji unaprijeđuje izvještavanje, nadziranje i monitoring aktivnosti same prodaje, digitalizacija može imati pozitivan efekt na snižavanje troškova. Tako digitalizacija ubrzava interne procese smanjenjem papirologije, gašenjem nekih uređaja, ciljanim upravljanjem energijom, a ponekad i optimizacijom ljudskih resursa, odnosno njihovom preraspodjelom.

## LITERATURA

- [1] Podružnica Zagrebparking: Digitalizacija u Podružnici Zagrebparking, radni materijal, Zagreb, 2019.
- [2] <https://www.vecernji.hr/biznis/digitalizacija-ubrzava-rad-jer-brise-papirologiju> (10. siječanj 2020.)
- [3] <https://www.en.wikipedia.org/wiki/digitalization> (10. siječnja 2020.)
- [4] <http://www.infotrend.hr/clanak/2016/7/digitalizacija-jedna-od-temeljnih-sastavnica-modela-razvoja-otvorenog-informacijskog-drustva,88,1251.html> (05. siječnja 2020.)
- [5] [https://ec.europa.eu/croatia/what\\_is\\_digital\\_transformation\\_changing\\_hr](https://ec.europa.eu/croatia/what_is_digital_transformation_changing_hr) (12. siječnja 2020.)

# **UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESIMA U GRADU JASTREBARSKOM KORIŠTENJEM WEBGIS PROGRAMSKOG RJEŠENJA**

*(engl. MANAGEMENT OF BUSINESS PROCEDURES USING WEBGIS SOFTWARE  
IN THE CITY OF JASTREBARSKO)*

## **Autori:**

*Ivana Bene, mag.ing.traff., Grad Jastrebarsko*

*Magdalena Bilić, mag.ing.geod. et geoinf., Promet i prostor d.o.o.*

## **Sažetak**

Grad Jastrebarsko je u prvoj polovici 2014. godine započeo s aktivnostima na uvođenju centralnog WebGIS sustava. Najznačajniji korak je bio uspostava Baze nerazvrstanih cesta, a koja integrirana unutar centralnog GIS-a zajedno s drugim administrativnim, katastarskim i komunalno prostornim podacima čini WebGIS sustav Grada. 2015. godine Grad uvodi cjelokupan proces održavanja cesta, odnosno kom. infrastrukture putem on-line sustava, a dionici su zaposlenici grada, komunalnih poduzeća itd. Uvođenjem WebGIS sustava postignuti su mnogobrojni organizacijski i financijski rezultati. U radu će biti opisane prednosti korištenja WebGIS programskog rješenja u svakodnevnom radu JLS sa posebnim naglaskom na Modul Registar nekretnine te evidentiranje komunalnih obveznika.

**Ključne riječi:** upravljanje gradom, GIS, komunalna infrastruktura

## **Abstract**

In the first half of 2014, City of Jastrebarsko started with activities on introducing the central WebGIS system. The most significant step was establishment of Database for unclassified roads integrated in central GIS system with other administrative, cadastral, communal and spatial data that constitutes WebGIS system of the City. In 2015, the City has introduced the entire process of road maintenance, ie communal infrastructure through on-line system for stakeholders - employees in the City and utility companies etc. Introduction of WebGIS system have been achieved a lot of organizational and financial results. In document will be described the benefits of using



WebGIS software in daily work in local/regional governments with emphasis on  
Module - Real Estate Registry and registration of utility payers.

**Keywords:** city management, GIS, comunal infrastructure

## 1. Uvod

Grad Jastrebarsko u svojoj nadležnosti upravlja s 59 naselja unutar kojih čak 245 kilometara čine ceste. Prema članku 107. Zakona o cestama (Narodne novine 84/2011, 22/2013, 54/2013, 148/2013, 92/2014, 110/19) i članka 9. Odluke o nerazvrstanim cestama na području Grada Jastrebarskog („Službeni vjesnik Grada Jastrebarskog“, broj 11/14, 6/15, 9/16 i 4/19), Upravni odjel Grada Jastrebarskog nadležan za poslove komunalnog gospodarstva dužan je voditi jedinstvenu bazu podataka o nerazvrstanim cestama.

Osim prometne infrastrukture, Grad odredbama niza posebnih zakona upravlja cjelokupnom komunalnom infrastrukturom te prostornim i urbanističkim uređenjem i planiranjem. U to je predviđeno upravljanje pokretninama, nekretninama i imovinom u vlasništvu grada Jastrebarskog kao i evidencija nekretnina i obveznika plaćanja komunalne naknade.

Kvalitetno upravljanje Gradom od iznimne je važnosti za lokalnu zajednicu, a vrlo moćan alat koji u velikoj mjeri olakšava proces upravljanja, gospodarenja, evidentiranja i komunikaciju među dionicima nudi Geografski informacijski sustav (GIS).

GIS je sustav za upravljanje i vizualizaciju prostornih podataka. Naprednija verzija GIS-a kojom se postiže dostupnost ažurnih informacija je WebGIS čije će funkcije biti detaljnije objašnjene u radu.

## 2. WebGIS

WebGIS je distribuirani geoinformacijski sustav koji koristi internet tehnologiju (Web) za komunikaciju između pojedinih komponenti sustava. Glavno obilježje sustava očituje se u tome što korisnici zajednički uređuju središnju bazu tako da je svaka promjena vidljiva svim korisnicima čim je napravljena, a pristup bazi podataka omogućen je s bilo kojeg uređaja koji ima pristup internetu (računalo, tablet, pametni telefon) putem web preglednika.

Na primjeru GIS-a Grada Jastrebarskog mogu se predstaviti ciljevi koji su očekivani od sustava:

- upotreba vlastite infrastrukture;
- prikaz svih vrsta prostornih i ne prostornih podataka;
- olakšavanje i ubrzavanje rada djelatnika gradske uprave;
- omogućavanje pristupa podacima svim dionicima;
- ubrzavanje komunikacije između raznih odjela gradske uprave i ostalih dionika;
- širenje sustava na ostala područja upravljanja (zelene površine, urbana oprema, prostorno planiranje, upravljanje komunalnim obveznicima ...).

Za područje Grada Jastrebarskog razvijeno je više specijaliziranih GIS aplikacija koje koriste zajedničke podatke: e-ceste za upravljanje prometnom infrastrukturom, e-komunalna infrastruktura za upravljanje komunalnom infrastrukturom itd.

Iz navedenih modula nastao je sustav za održavanje komunalne infrastrukture- organizacijsko-programsko rješenje kojim je omogućeno pametno rukovođenje i upravljanje terenskim radovima - intervencijama na način da je svaka intervencija prostorno, vremenski, kategorijski i financijski evidentirana u sustav kroz cijeli svoj razvojni ciklus. Ovo programsko rješenje povezuje sve subjekte koji sudjeluju u rješavanju komunalnih problema (ophodar, odgovorna osoba naručitelja, izvođači,...) te na jednostavan način omogućuje njihovu međusobnu komunikaciju preko sustava.

## 2.1. E-Ceste

Grad Jastrebarsko je u prvoj polovici 2014. godine započeo s aktivnostima na uvođenju centralnog WebGIS sustava i projekta „*E-cesta Online*“. Nakon provedenog postupka nabave s izvršiteljima usluga u svibnju 2014. sklopljen je ugovor o izradi programskog sustava, te ugovor o usluzi prikupljanja i unosa podataka o nerazvrstanim cestama u prostornu bazu podataka Grada Jastrebarsko. Najznačajniji korak bio je uspostava Baze nerazvrstanih cesta, a koja integrirana unutar centralnog GIS-a zajedno s drugim administrativnim, katastarskim i komunalno prostornim podacima čini WebGIS sustav Grada.

U periodu od narednih 6 mjeseci napravljena je video snimka svih postojećih nerazvrstanih cesta na području Grada u oba prometna pravca (cca 470 km), te su unesene dužine simetrala snimljenih cesta u digitalne kartografske podloge. Nakon uspostavljene Baze nerazvrstanih ceste krenulo se s uvođenjem sustava za održavanje cesta kao sastavnog dijela WebGIS-a.

Sustav je koncipiran na način da svaka ovlaštena osoba koja ima pristup sustavu ima mogućnost prijave problema na terenu iz područja prometne infrastrukture odnosno održavanja cesta na način da svojim pametnim uređajem fotografira ili napravi video zapis problema, koji se zatim automatski evidentira u sustavu dobivanjem oznake „*intervencija*“ status „*nova*“ s pripadajućom lokacijom i fotografijom početnog stanja s terena. Zaprimiteljne naloge za „*intervencijom*“ ovlaštena osoba Grada dnevno elektronički administrira kroz sustav i nekoliko obveznih koraka:

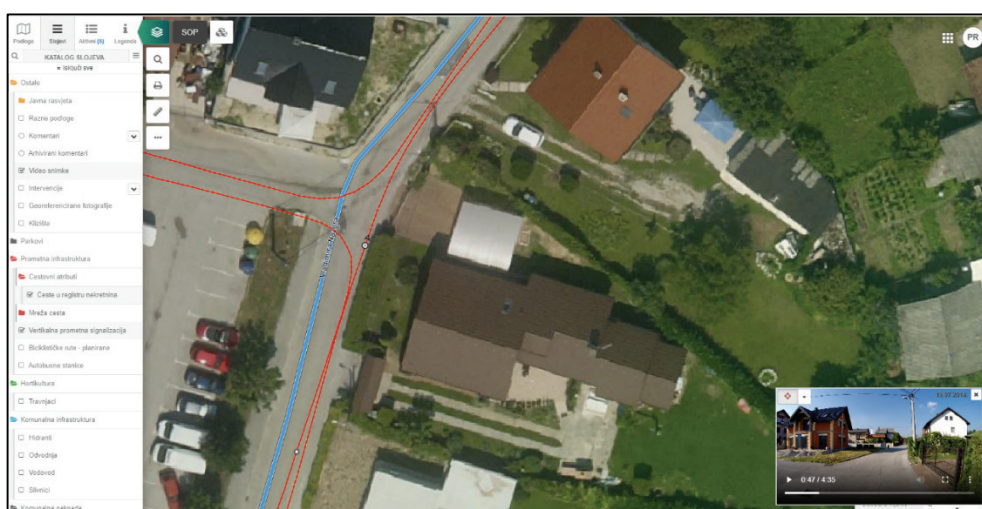
- traži od izvođača radova (komunalnog poduzeća) ponudu za obavljanje radova (elektronički)
- šalje narudžbenicu (elektronički) kao nalog za izvođenje radova ukoliko je ponuda sukladna ugovorenim troškovniku
- odobrava (elektronički) scan računa izvođača radova s pripadajućom fotografijom lokacije „novog“ stanja, nakon čega „*intervencija*“ prelazi u status „*odrađeno*“ i proces završava.

Nerazvrstanim cestama upravlja Grad, a njihovo održavanje povjereno je komunalnom poduzeću u vlasništvu Grada. Modul e-cesta koristi se za digitalno vođenje podataka o (nerazvrstanim) cestama te omogućuje prikaz prostornih položaja cesta i svih podataka vezanih uz ceste (naziv, duljina, širina, vrsta ceste, vrsta kolničkog zastora, katastarske čestice kojima cesta prolazi i dr. ).

Uspostavom modula e-cesta i unosom atributnih podataka cesta na suvremen način se rješava zakonska obaveza vođenja baze podataka nerazvrstanih cesta na području Grada Jastrebarskog.

U modulu su prikazani podatci o kategorijama cesta, nazivima cesta, nadležnosti, duljinama dionica... Omogućen je prikaz središnjih osi i rubova cesta kao i mogućnost unosa novih i izmjene postojećih cesta (geometrije i atributa). Uz to se mogu dodavati dokumenti ili fotografija za svaki objekt (dionicu ceste) na karti (npr. fotografije radova, rješenja o upisu ceste u vlasništvo Grada, i dr.). Iz modula e-cesta sustav je nadograđen drugim modulima (snimanje prometnica, planirane biciklističke rute, cestovni objekti, zimska služba, prometna signalizacija, e-intervencije i dr.). Prometna infrastruktura prikazuje cestovne attribute te mreže cesta Grada, među kojima su zabilježene ceste u registru nekretnina, vertikalna prometna signalizacija, planirane biciklističke rute te autobusne stanice.

Unutar sustava moguće je pristupiti video zapisima na pojedinim lokacijama te dobiti jasan uvid u stanje prometnica, ali i komunalne infrastrukture.

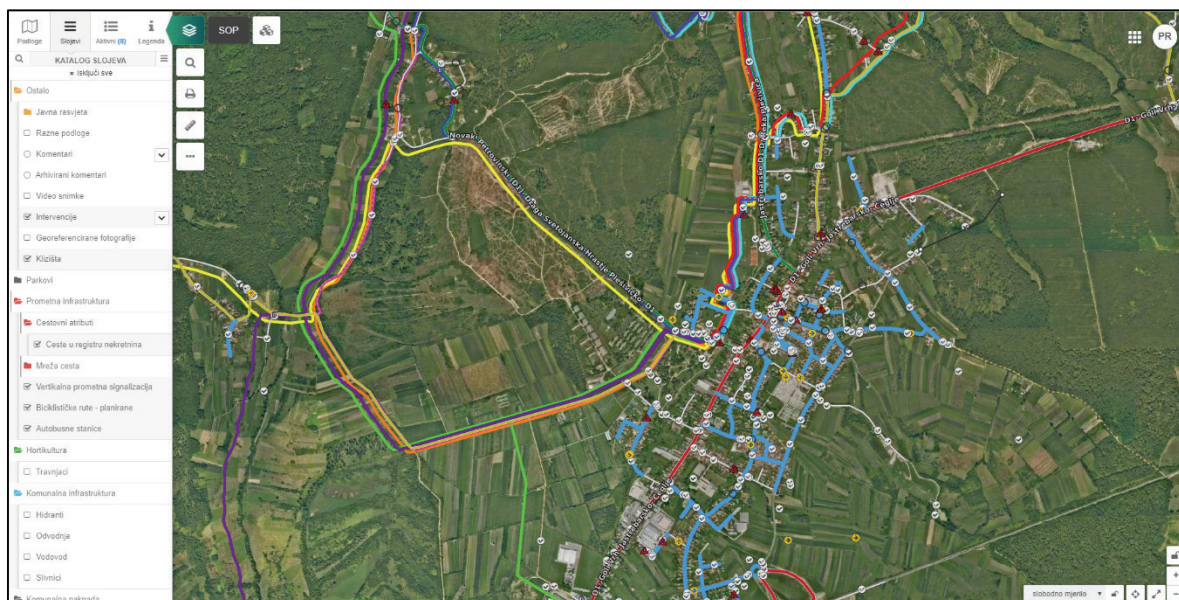


*Slika 1. Videozapis integriran u WebGIS*

*Izvor: pipGIS® Grada Jastrebarsko*



Na slici su prikazane ceste u registru nekretnina, zajedno s planiranim biciklističkim rutama, autobusnim stanicama, vertikalnom prometnom signalizacijom, kao i intervencijama i klizištima.



*Slika 2. Prikaz prometne infrastrukture u WebGIS-u*

*Izvor: pipGIS® Grada Jastrebarsko*

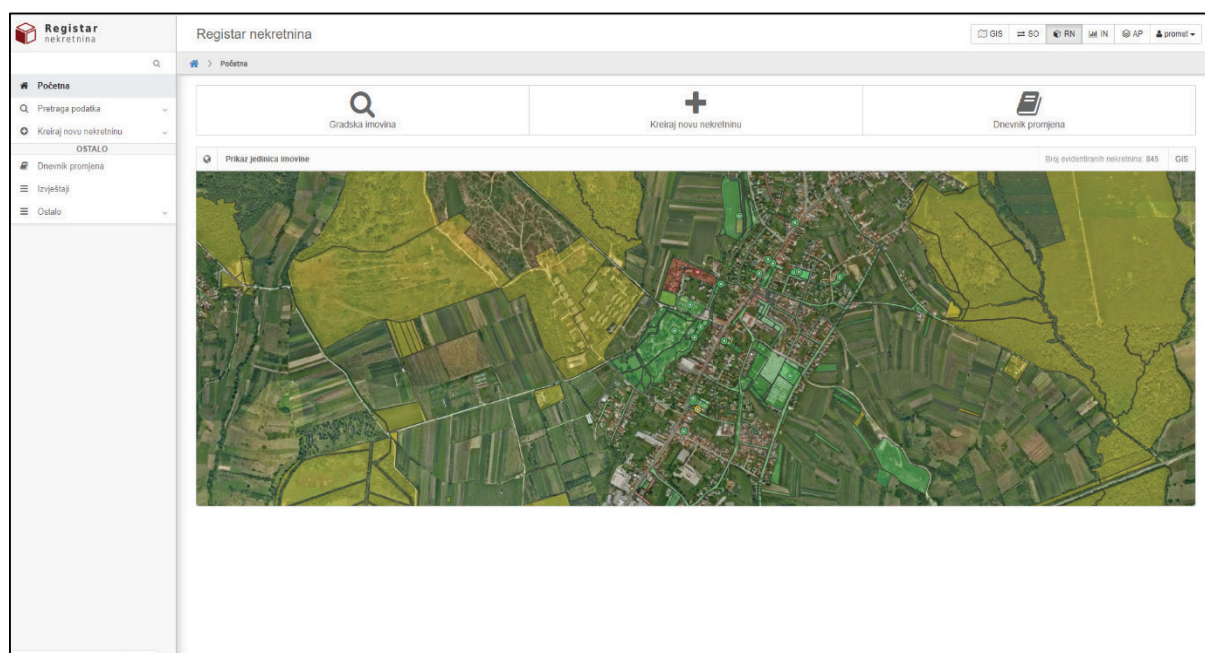
## **2.2. Registar nekretnina**

Modul Registar nekretnina - ReNe omogućuje objedinjenu bazu podataka o imovini koja je u vlasništvu ili kojom upravlja Grad Jastrebarsko. Izvještaj podataka iz Registra nekretnina omogućen je u formatima koji su kompatibilni zahtjevima Ministarstva državne imovine.

Uvođenjem Registra nekretnina Gradu Jastrebarskom osiguran je preduvjet za uspješno upravljanje i raspolaganje imovinom i vezanom dokumentacijom, a samim time i potpora gospodarstvu kroz optimizaciju prihoda. Vizualizacija podataka nekretnina omogućila je kvalitetnije upravljanje imovinom.

Modul Registar nekretnina – ReNe omogućuje:

- vođenje objedinjene baze podataka nekretnina i/ili imovine, te vezane dokumentacije (fotografije, primarni i sekundarni ugovori, dozvole, projektni nacrti i sl.)
- kartografski prikaz imovine stiliziran prema strukturi vlasništva i tipu imovine
- usporedbu zemljišnoknjižnih i katastarskih podataka imovine
- višekriterijsku pretragu unesene imovine po svim unesenim obilježjima (atributima) (Slika 4)
- izvoz podataka u tablični format (Excel) i kreiranje izvještaja
- slanje informacija o isteku ugovornih rokova vezanih za nekretnine (e-mail notifikacije)
- evidentiranje i kontrolu služnosti (pravo puta) na vlastitom zemljištu.



*Slika 3. Glavno sučelje ReNe-a*

Izvor: pipGIS® Grada Jastrebarsko

*Slika 4. Višekriterijska pretraga imovine prema obilježjima*

*Izvor: pipGIS® Grada Jastrebarsko*

## 2.3. Komunalni obveznici

Modul – Komunalni obveznici programsko je rješenje za evidenciju nekretnina (objekata) i obveznika plaćanja komunalne naknade. Grad Jastrebarsko je 2014. godine započeo proces revizije i unaprjeđenja sustava naplate komunalne naknade na područjima gradskih četvrti.

Kartografskim pregledom komunalnih obveznika postiže se jednostavna detekcija korisnika koji nisu zavedeni u sustav naplate, kao i jednostavnija provjera podataka zavedenih korisnika. Vizualizacijom podataka komunalne naknade povećao se prihod i pravednost naplate.

Modul komunalni obveznici omogućuje povećanje prihoda proračuna kroz:

- kvalitetnu evidenciju obveznika
- detekciju obveznika koji nisu evidentirani u sustavu naplate
- provjeru podataka postojećih obveznika
- praćenje naplate potraživanja
- praćenje statusa pojedinih obveznika (odrađen, doneseno rješenje, priložena dokumentacija ili dr.)



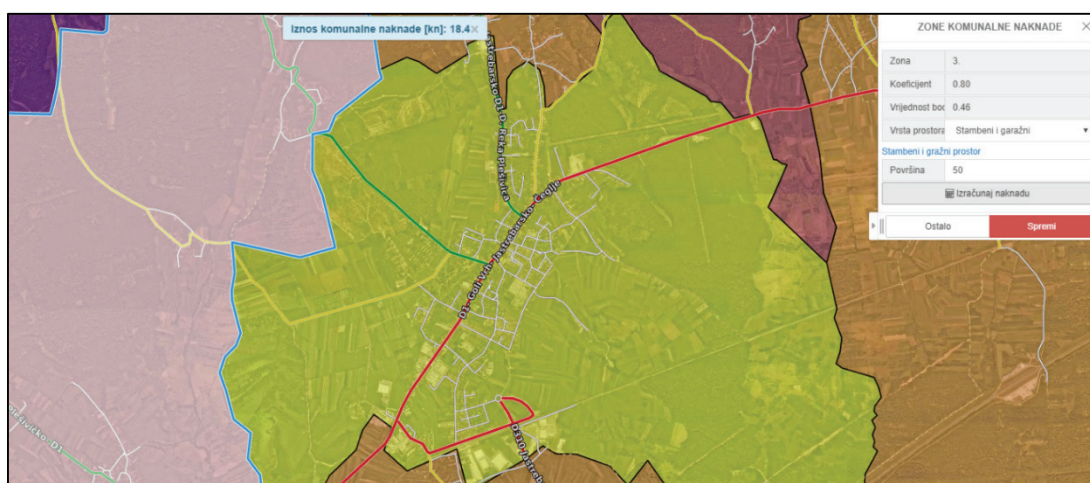
- usklađenje adresnih podataka obveznika sa službenim podacima DGU-a i nadležnog katastarskog ureda
- kartografski prikaz svih korisnika (Slika 5)



*Slika 5. Kartografski prikaz komunalnih obveznika*

*Izvor: pipGIS® Grada Jastrebarsko*

Uz prikaz zavedenih obveznika, moguće je unutar sustava automatski generirati i ispuniti iznos komunalne naknade prema zonama, na način da se izabere vrsta prostora i upiše površina u sustav, čime on izračuna naknadu kao što je prikazano na slici 6.



*Slika 6. Izračun komunalne naknade*

*Izvor: pipGIS® Grada Jastrebarsko*

### **3. Zaključak**

Proces upravljanja i održavanja prometne, komunalne i katastarske infrastrukture od njegova početka, evidentiranja problema na terenu, do rješavanja odnosno izvođenja radova, prije uspostave WebGIS-a bio je dugotrajan i neefikasan. U vrlo kratkom periodu od samo 6 mjeseci u 2014. Grad je uspio uspostaviti digitalnu bazu svih nerazvrstanih cesta na području grada, a nakon nepune pola godine rada u sustavu mogli su se vidjeti organizacijski i financijski rezultati.

GIS sustav svojim funkcionalnostima omogućuje upravljanje prostornim podacima i njihovim osobinama pridruženim u obliku atributa, a sve s ciljem ostvarivanja visoke razine strateškog vođenja Grada, razvijanja sustavnog pristupa u upravljanju infrastrukturom, pojednostavljenja operativnih procesa u poslovanju i povećanja transparentnosti poslovanja prema građanima.

Prednosti WebGIS sustava u odnosu na desktop GIS aplikacije su jednostavnost pristupa i korištenja, veliki broj korisnika, niža cijena po korisniku, ujednačeno ažuriranje i održavanje sustava i dr. WebGIS ima svrhu i potencijal predstavljati središnju informacijsku infrastrukturu korisnika u raznim djelatnostima prilikom organizacije njihovog rada i poslovanja.

Primarni cilj uspostave ovakvog sustava je povećati učinkovitost poslovnih procesa te ubrzati komunikaciju između sudionika. Dugoročni cilj uspostave WebGIS-a je stvaranje efikasne i transparentne lokalne samouprave korištenjem najmodernijih informatičkih tehnologija u komunikaciji s građanima, te podizanje svijesti o uporabi pametnih uređaja u svakodnevnom životu kao efikasan način rješavanja problema lokalne sredine.



## Literatura

- [1] Đanković, M., Ivasić, M., Jogun, T., Peručić, F., 2019. Upravljanje procesom izrade, praćenja i evidentiranja prometnih rješenja korištenjem WebGIS programskog sustava. Zbornik radova s 42. stručnog seminara o prometnoj infrastrukturi i sigurnosti u prometu, Tom signal, Rovinj, 12. – 15. ožujka 2019.
- [2] Obavijesti i info na službenoj stranici Grada
- [3] Katalog pipGIS modula
- [4] Udruga gradova – Jastrebarsko e-Ceste Online <https://www.udruga-gradova.hr/impuls/jastrebarsko-e-cestes-online/>

# UPRAVLJANJE REDOVNIM ODRŽAVANJEM ŽUPANIJSKIH I LOKALNIH CESTA KORIŠTENJEM WEBGIS PROGRAMSKOG RJEŠENJA

*(engl. ROUTINE MAINTENANCE OF COUNTIES AND LOCAL ROADS BY USING  
WEBGIS SOFTWARE)*

## **Autori:**

Tomislav Grigić, dipl. ing. građ., Županijska uprava za ceste Virovitičko-podravske županije

Magdalena Bilić, mag. ing. geod. et geoinf., Promet i prostor d.o.o.

Marko Jerinić, dipl. ing. prom., Formacija d.o.o.

Ivan Močnik, mag. ing. traff., Promet i prostor d.o.o.

## **SAŽETAK**

Županijska uprava za ceste Virovitičko-podravske županije djeluje na području svoje nadležnosti tako da upravlja, gradi i održava ceste u ukupnoj dužini od 682,87 km, od čega 363,17 km spada u županijske ceste, a 319,70 km u lokalne ceste. Kroz webGIS programsko rješenje Županijska uprava za ceste upravlja redovnim održavanjem cesta koristeći organizacijsko-programsko rješenje Sustav održavanja prometnica (SOP).

Implementacija modula SOP-a u ŽUC-u započela je u Lipnju 2019. god.

SOP omogućava interaktivno planiranje i praćenje radova redovnog održavanja cesta i objekata, a temeljen je na *Intervencijama* i *Radnim nalogima*, gdje *Intervencije* predstavljaju vremensko, lokacijsko, kategorijsko i financijsko praćenje izvođenja radova, a *Radni nalozi* grupiraju iste u cilju optimizacije procesa organizacije rada.

Ovim radom želi se ukazati na višestruke prednosti korištenja webGIS programskih rješenja u radnim procesima Županijskih uprava za ceste te time potaknuti dodatan razvoj i korištenje sličnih informatičkih sustava u cilju kvalitetnijeg i transparentnijeg gospodarenja prometnom infrastrukturom.

**Ključne riječi:** Sustav za održavanje prometnica, prometna rješenja, GIS

## **ABSTRACT**

The County Road Administrations of Virovitica-Podravina County operates within its jurisdiction by managing, constructing and maintaining roads with a total length of 682,87 km, of which 363.17 km belongs to county roads and 319.70 km to local roads. Through the webGIS software solution, the County Road Administrations manages the routine maintenance of roads using the organizational-software solution Road Maintenance System (SOP).

Implementation of SOP module in ŽUC has started in June of 2019.

The SOP enables the interactive planning and monitoring of routine maintenance of roads and structures. It is based on e-Interventions and Work Orders, where interventions represent time, location, categorical and financial monitoring of work execution, and work orders represent tasks grouped together in order to optimize the process of organization.

The aim of this paper is to highlight the multiple benefits of using webGIS software solutions in the work processes of the County Road Administrations, and thus encourage the additional development and use of similar IT systems in order to achieve transparency and better management of the traffic infrastructure.

**Keywords:** Road Maintenance System, traffic solutions, GIS

## 1. Uvod

Županijska uprava za ceste Virovitičko-podravске županije je ustanova za upravljanje, građenje i održavanje županijskih i lokalnih cesta na području Virovitičko-podravске županije.

Predmet poslovanja Županijske uprave za ceste Virovitičko-podravске županije je obavljanje djelatnosti:

- operativnih poslova tehničko – tehnološkog jedinstva sustava javnih cesta prema Strategiji, kroz temeljna prostorna, prometna, tehnička i ekonomska istraživanja i analize,
- programiranje i planiranje razvitka javnih cesta i ukupno projektiranje za županijske i lokalne ceste,
- građenja županijskih i lokalnih cesta,
- održavanja županijskih i lokalnih cesta,
- ostale poslove upravljanja županijski i lokalnim cestama,
- organiziranja financiranja i financiranje građenja županijskih i lokalnih cesta,
- zaštite okoliša od utjecaja prometa na županijskim i lokalnim cestama,
- praćenja prometnog opterećenja i prometnih tokova na županijskim i lokalnim cestama,
- vođenja jedinstvene banke podataka o županijskim i lokalnim cestama,
- ostale djelatnosti sadržane u Odluci o osnivanju Ustanove

Virovitičko-podravska županija sukladno Statutu obavlja djelatnost građenja i održavanja županijskih i lokalnih cesta koje su zakonom propisane za javne ceste, poradi osiguranja neometanog i sigurnog prometa na županijskim i lokalnim cestama, obavješćivanja javnosti o stanju na županijskim i lokalnim cestama te načinu odvijanja prometa te poduzimanju mjera za očuvanje i zaštitu okoliša.

Nezaobilazna podrška upravljanju javnim cestama u Županijskoj upravi za ceste Virovitičko-podravске županije je webGIS rješenje koje je izradila tvrtka *Promet i prostor d.o.o.* Kako bi se moglo vršiti kvalitetnije upravljanje lokalnim i županijskim

cestama, iskazala se potreba za uvođenjem posebnog tehničkog rješenja nazvanim *Sustav za održavanje prometnica*.

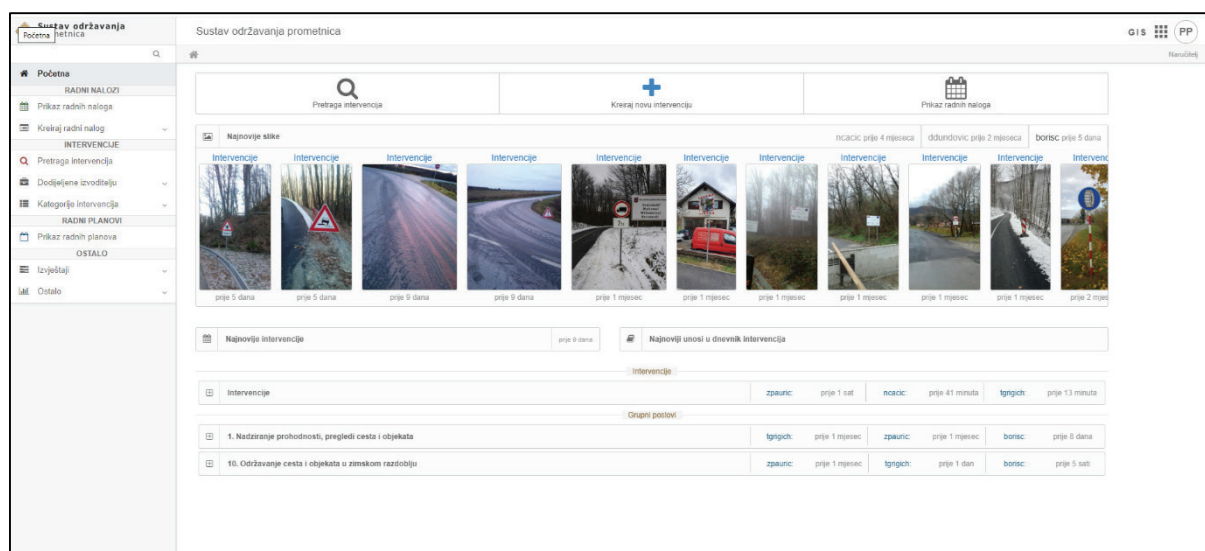
## 2. Sustav za održavanje prometnica

Sustav za održavanje prometnica ili u nastavku SOP je organizacijsko-prometno rješenje koje omogućava interaktivno planiranje i praćenje radova redovnog održavanja cesta i objekata. SOP je namijenjen poslovnim jedinicama i odjelima u čijoj je nadležnosti održavanje i upravljanje cestovnom infrastrukturom.

Glavnu okosnicu sustava čine Intervencije i Radni nalozi.

Intervencije predstavljaju praćenje izvođenja radova, a radni nalozi grupiraju iste. Na taj se način optimizira rad poslovnih jedinica i olakšava upravljanje velikim opsegom posla.

Omogućeno je praćenje radova u nekoliko kategorija te praćenje izvještaja o potrošenim sredstvima, izvoditeljima radova i sl. Neke od ponuđenih kategorija koje se mogu pratiti su Intervencije, Nadziranje prohodnosti, pregledi cesta i objekata, Održavanje cesta i objekata u zimskom razdoblju itd.



Slika 1. Glavno sučelje Sustava za održavanje prometnica

Izvor: pipGIS® Županijske uprave za ceste Virovitičko-podravske županije



Na slici 1 prikazano je glavno sučelje SOP-a koje se sastoji od mogućnosti pretrage intervencija, kreiranja novih intervencija te prikaza radnih naloga. U njemu je također prikaz najnovijih slika intervencija uz vremenski opis pojedine te prikaz grupnih poslova.

## **2.1. Intervencije**

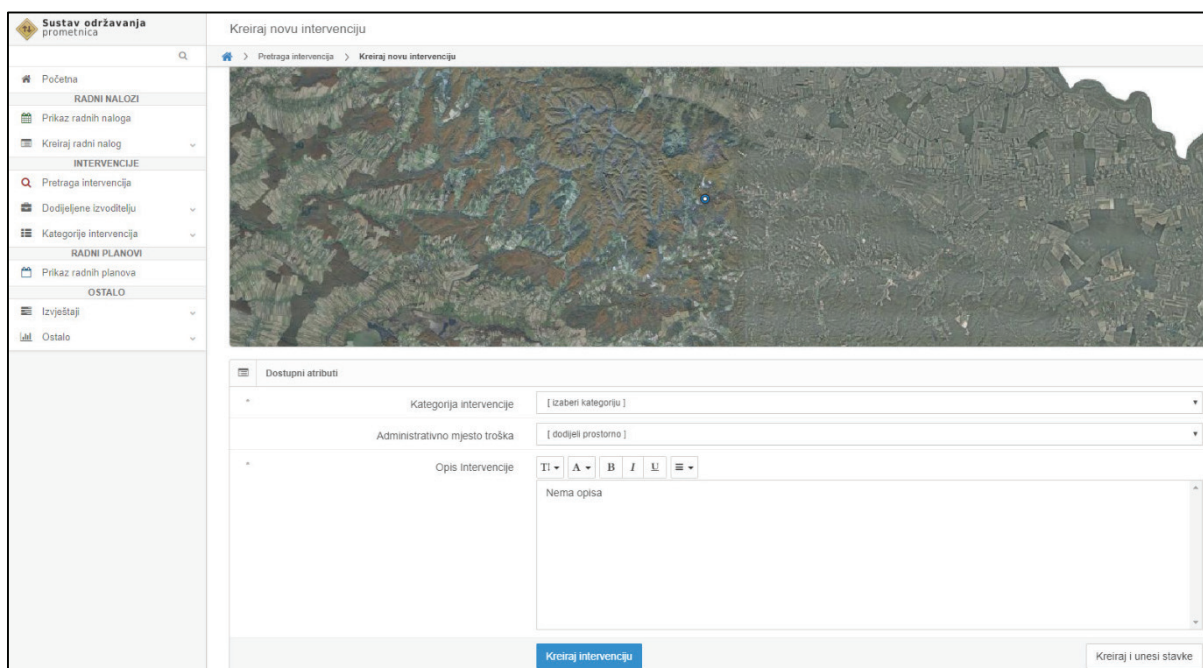
Ovo programsko rješenje povezuje sve subjekte koji sudjeluju u rješavanju prometnih problema te na jednostavan način omogućuje njihovu međusobnu komunikaciju preko sustava. Svaka intervencija je prostorno, vremenski, kategorijski i financijski evidentirana u sustavu kroz svoj razvojni ciklus.

Funkcionalnosti sustava e-intervencije:

- prikaz svih intervencija prema trenutnom statusu na kartografskoj podlozi
- pregled i kontrola odrađenih intervencija preko slika situacije
- evidencija komentara svih subjekata uključenih u pojedinu intervenciju
- pretraga i analiza odrađenih intervencija prema svim kriterijima (prostorno, financijski, prema odgovornoj osobi i dr.)
- preko integriranih troškovnika kroz sustav se kreiraju ponude, odobrenja i računi
- kreiranje radnih naloga
- izrada specijaliziranih izvještaja (alfanumerički i grafički) prema želji naručitelja
- pregled utrošenog materijala u nekom vremenskom razdoblju
- unos i označavanje fotografija prije, za vrijeme i nakon odrađenih radova
- upravljanje pravima pristupa i aktivnosti pojedinog korisnika sustava
- upravljanje kategorijama intervencija te fazama i akcijama unutar pojedinih kategorija
- slanje e-mail notifikacija sustava prema korisnicima ovisno o definiranim kriterijima
- moguća nadogradnja aplikacije za prijavu problema od strane građana.

Sustav e-intervencije složeno je programsko rješenje koje je moguće prilagoditi individualnom načinu rada pojedinog korisnika (jedinice lokalne samouprave, županijske uprave za ceste, komunalnog poduzeća i dr.). Sustav omogućuje značajno poboljšanje u upravljanju i održavanju prometne i komunalne infrastrukture.

Sa sustavom e-intervencije dolazi i posebno napravljena Android aplikacija („PiP“) koja olakšava rad na terenu. Aplikacija koristi kameru i GPS pametnog telefona za lociranje intervencije u prostoru i vremenu te radi i na području gdje nema mobilnog signala.



*Slika 2. Kreiranje nove intervencije*

*Izvor: pipGIS® Županijske uprave za ceste Virovitičko-podravske županije*

Na slici 2. prikazan je način kreiranja nove intervencije. Novonastaloj intervenciji pridruži se kategorija, administrativno troška, te lokacija na karti uz tekstualni opis iste.

Intervencije se mogu zadavati na više načina od koji su neki:

- Zadavanje intervencije na cesti (stacionaža ili dionica)
- Zadavanje intervencije na objektu (mostu, propust, znak...) – tzv. GIS mjesto troška

Radi lakšeg upravljanja i bolje preglednosti, intervencije su podijeljene u faze: novo, planirano, priloži ponudbeni troškovnik, u izradi, predano, odbačeno.

Omogućen je uvid u aktivnosti korisnika (Slika 3) prema kategoriji intervencije, tipu akcije (dodavanje/uklanjanje intervencije, slike ili stavke, promjena kategorije intervencije,...) u određenom vremenskom rasponu, ali i pretraživanje intervencija prema pojedinim korisnicima.

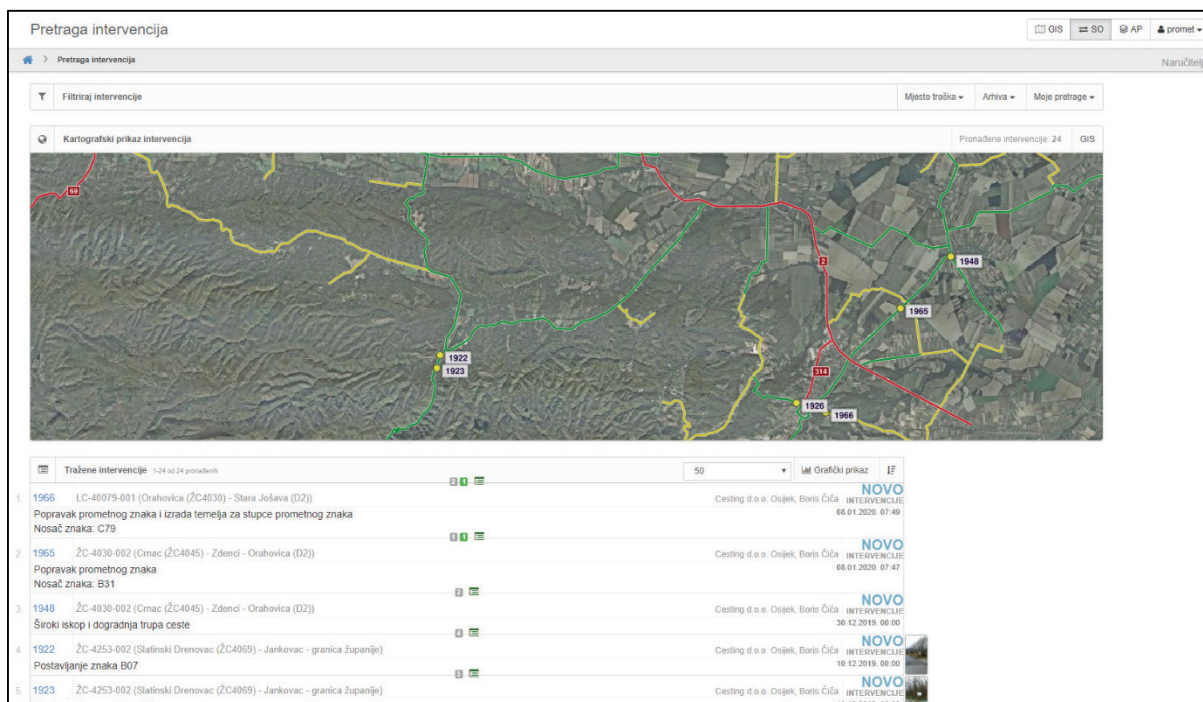
Vidi se povijest cijele intervencije po tipu akcije i prikaz troškova prema izvršenim stavkama u intervenciji.

The screenshot shows the 'Sustav održavanja prometnica' (Road Maintenance System) interface. The main section is titled 'Aktivnosti korisnika' (User Activities). It features a sidebar with navigation options: 'Početna', 'RADNI NALOZI', 'INTERVENCIJE', 'RADNI PLANOVI', and 'OSTALO'. The main area displays filters for 'Kategorija intervencije', 'Tip akcije', 'Korisnik', and 'Vremenski raspon'. Below the filters, there is a 'Pregled promjena' (Change Overview) section showing a list of activities with details like 'Autor: tgrigich', 'Intervencija 1995 iz kategorije "Intervencije" je uklonjena!', and 'Dodana je nova stavka za intervenciju br 1995'.

*Slika 3. Dnevnik aktivnosti korisnika*

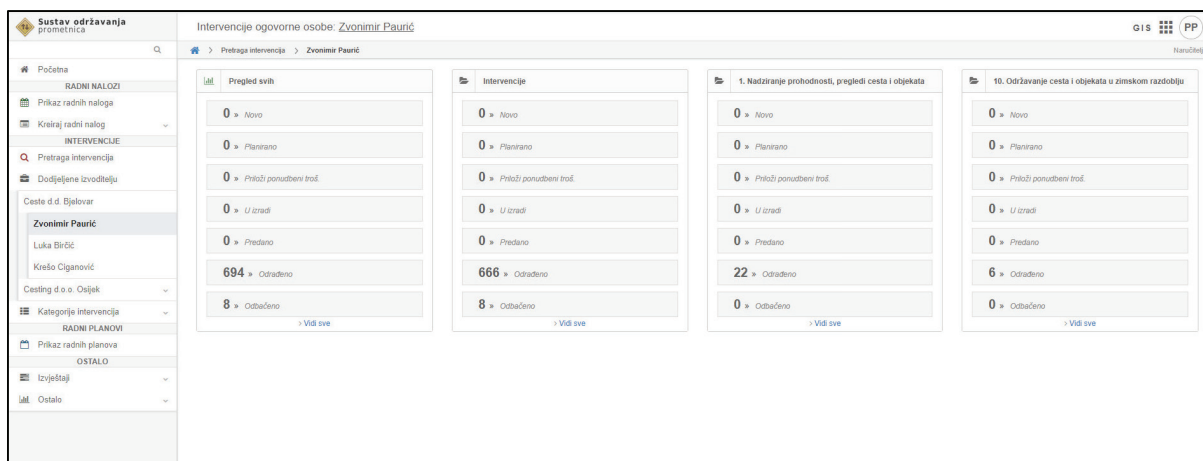
*Izvor: pipGIS® Županijske uprave za ceste Virovitičko-podravske županije*

Višekriterijsko pretraživanje intervencija omogućuje kartografski i opisni prikaz svih intervencija prema pojedinim fazama kao što je prikazano na slici 4., a moguće je vidjeti sve intervencije prema kriteriju odgovorne osobe (Slika 5).



Slika 4. Kartografski prikaz intervencija u GIS-u

Izvor: pipGIS® Županijske uprave za ceste Virovitičko-podravске županije



Slika 5. Prikaz svih intervencija prema odgovornoj osobi

Izvor: pipGIS® Županijske uprave za ceste Virovitičko-podravске županije

Na slici 6. prikazan je primjer jedne predane intervencije koja čeka odobrenje kako bi njen status prešao u fazu „izvršeno“. Izvoditelj radova ne može sam promijeniti fazu intervencije, već to može samo odgovorna osoba koja predstavlja naručitelja. Na tom

primjeru je prikazana hijerarhija korisnika koji koriste sustav, ali i zaštita zloupotrebe podataka.

The screenshot displays a web application interface for managing interventions. The top navigation bar includes 'Postava intervencija', 'INTERVENCIJE', and 'Intervencija'. The main content area is divided into several sections:

- Header:** 'u fazi: PREDANO' (in phase: SUBMITTED) with a note 'Fazu je moguće mijenjati samo putem radnog naloga' (Phase can only be changed via a work order).
- Form Fields:**
  - Nositelj intervencije: Cesting d.o.o. Osijek
  - referentni datum: 30.12.2019.
  - Postavljanje znakova privremene regulacije prometa
  - DNEVNIK
- Buttons:** 'Stavke 1', 'Slike 2', 'Dokumenti', and 'Ostalo'.
- Radni nalog (Work Order) Section:**
  - Opis lokacije: GIS mjesta troška
  - Područje: cestarija: orahovica
  - Mjesto troška: CESTARIJA: Orahovica
  - Stacionaža: ŽC-4253-002 (Slatinski Drenovac (ŽC4069) - Jankovac - granica županije)
  - 5+025 - 9+533
- Images:** Two small photographs showing road conditions.
- Povijest intervencije:** A section for the intervention history.
- Map:** A large satellite map showing the intervention location, with a blue line indicating the road segment.

*Slika 6. Primjer predane intervencije koja čeka odobrenje*

*Izvor: pipGIS® Županijske uprave za ceste Virovitičko-podravске županije*

## 2.2. Radni nalozi

Radni nalozi grupiraju intervencije s ciljem optimiziranja rada, a namijenjeni su da olakšaju evidenciju i planiranje rada djelatnika. Kroz intervencije i stavke troškovnika koje sačinjavaju radni nalog moguće je evidentiranje utrošenog materijala i potrošnju financijskih sredstava.

Proces je sistematiziran na način da voditelji timova jedini mogu kreirati nove naloge, mijenjati faze iz „predano“ u „odobreno“, kreirati radne planove i slično.

Prilikom kreiranja radnih naloga, definira se administrativno mjesto troška (u slučaju ŽUC VPŽ to su cestarine), datum radnog naloga, pridruži se voditelj tima i napišu imena prisutnih radnika, na način kako je prikazano na slici 7. Sustav automatski predlaže one intervencije na kojima su odgovorna osoba i prisutni radnici radili u definiranom vremenskom periodu. Radom na intervenciji smatra se prilaganje slike ili stavke uz postojeću intervenciju ili kreiranje nove intervencije.



Kreiraj novi radni nalog

+ Kreiraj novi radni nalog

\* Administrativno mjesto troška: Slatina

\* Datum radnog naloga: [ ] do [ ]

\* Voditelj tima: Ceste d.d. Bjelovar, Zvonimir Paurić

Prisutni radnici: [ ]

Kreiraj radni nalog

*Slika 7. Kreiranje radnog naloga*

*Izvor: pipGIS® Županijske uprave za ceste Virovitičko-podravske županije*

### 2.3. Izvještaji

U sustavu je još i kalendarski prikaz radnih planova, radnih naloga i intervencija uz mogućnost filtriranja onih koji su odobreni. Olakšana je i izrada izvještaja, koja se radi direktno unutar sustava, a prema predlošku je podijeljena u tri skupine:

#### 1. Analiza troškova

Radnih naloga i intervencija – omogućava praćenje izvršenih količina radova po stavkama troškovnika i cestama u stvarnom vremenu te usporedbu sa planiranim količinama na godišnjoj razini.

Planiranih troškova – omogućava praćenje izvršenja mjesečnog plana po stavkama troškovnika i cestama u stvarnom vremenu.

2. Građevinska knjiga –Predstavlja klasičan način dokazivanja i obračuna troškova građevinskih radova.
3. Mjesečne situacije - Predstavljaju konačan obračun radova po stavkama i služe kao prilog mjesečnim računima.

Izvještaje je moguće filtrirati prema nadređenim izvoditeljima, u određenom vremenskom periodu, po prostornom obuhvatu, po cestama, one koji su (ne)ovjereni te ih preuzeti kao PDF.

### **3. Poboljšanje upravljanja radnim procesima uporabom SOP-a**

Županijska uprava cesta Virovitičko-podravske županije upotrebljava webGIS rješenje tvrtke *Promet i prostor d.o.o.* kao podršku upravljanju svojih radnih procesa od 2014. godine. U toj aplikaciji vodi se baza županijskih i lokalnih cesta s pripadajućom infrastrukturom u njihovoj nadležnosti, kao i sustav za održavanje prometnica koji povezuje izvođače i naručitelje s troškovnicima radova.

Kvalitetno upravljanje je složen proces koji se sastoji od mnogo faza i popratne dokumentacije do sada se vodio dislocirano pa se javila potreba za modulom koji bi podržao njegovu evidenciju. Opisani modul će unaprijediti dosadašnje upravljanje javnim cestama jer će se sve evidentirati centralizirano na sustavu kojem može pristupiti istodobno više korisnika preko mreže. Velika prednost sustava je što ne zahtijeva lokalnu instalaciju, automatski je povezan na jedinstvenu bazu podataka, a ažuriranje sustava je gotovo trenutačno.

Moguće je vidjeti rezultate intervencija na interaktivnoj karti, ispisivati papirnatu kartu i generirati tekstualne ili tablične izvještaje. Jasno je definirana korisnička hijerarhija, čime se pridonosi sigurnosti podataka. Sve će to pridonijeti jasnijem uvidu u trenutno stanje javnih cesta, povijesne promjene, kao i planiranje budućih aktivnosti izvanrednog održavanja cesta.

U konačnici sustav može dati podatak o troškovima održavanja po kilometru pojedine ceste odnosno ili po pojedinom objektu (npr. mostu), koji će poslužiti kao osnova za kvalitetnije planiranje u budućnosti.

## **4. Zaključak**

Jedan od osnovnih ciljeva informacijskog sustava je ubrzanje rada, sistematizacija podataka, centralizacija i povećanje transparentnosti.

Korištenjem sustava za održavanje prometnica omogućeno je donošenje kvalitetnih strateških odluka, smanjenje utrošenog vremena djelatnika, povećanje transparentnosti i efikasnosti rada upravnih odjela i prometnih poduzeća, kontrola i optimizacija proračunskih troškova, detekcija učestalih intervencija na pojedinom objektu i dr.

Sustav za održavanje prometnica u Županijskoj upravi za ceste Virovitičko-podravske županije postat će središnji sustav za upravljanje i održavanje lokalnih i županijskih prometnica, a napose praćenje tijeka trenutnih radova.. Sva dokumentacija bit će dostupna aktivnim korisnicima, a olakšat će se izvješćivanje zainteresiranih trećih strana. Sve to doprinijet će transparentnom i učinkovitom radu Županijske uprave za ceste Virovitičko-podravske županije.

## Literatura

- [1] Vuković M., Jerinić M., Jogun T., Glasinović F. 2019, Upravljanje radnim procesima u županijskim upravama za ceste korištenjem WebGIS programskog rješenja, Zbornik radova s 42. stručnog seminara o prometnoj infrastrukturi i sigurnosti u prometu, Tom signal, Rovinj, 12. – 15. ožujka 2019
  
- [2] Informacije na službenim stranicama Županijske uprave za ceste Virovitičko-podravske županije, <http://www.zucvirovitica.hr/> (pristup 8.1.2020.)
  
- [3] Promet i prostor d.o.o., katalog PipGIS modula (pristup 19.12.2019)