

ANALIZA BRZINA NA PUTNOJ I ULIČNOJ MREŽI U REPUBLICI SRBIJI

RURAL ROAD AND URBAN STREET NETWORK SPEED ANALYSIS IN REPUBLIC OF SERBIA

Rezime: Upravljanje brzinama na putnoj i uličnoj mreži ima ključnu ulogu za efikasnost i bezbednost saobraćaja. Osnovni cilj upravljanja brzinama je obezbeđivanje harmonizovanih uslova u saobraćajnom toku. Ovaj složen proces bazira se na planiranju namena površina, utvrđivanju transportnih zahteva, projektovanju saobraćajnica i izbora odgovarajućeg načina upravljanja. U radu je prikazana metodologija istraživanja brzina na putnoj i uličnoj mreži primenom tri pristupa: analiza brzina na mikrolokaciji, prostorna i vremenska analiza realnih brzina pri merodavnim uslovima u toku. Na osnovu rezultata istraživanja date su i generalne smernice rešavanja problema upravljanja brzinama i kredibiliteta postavljenih ograničenja u lokalnim uslovima.

Ključne reči: upravljanje brzinama, putna i ulična mreža, kredibilitet ograničenja.

Abstract:

Speed management on rural and urban network has a significant role in traffic efficiency and safety. Primary goal of Speed management process is in providing harmonized traffic flow condition. Complexity of mentioned process is based on land use planning, traffic demand determination, road design and adequate traffic control management. This paper presents methodology for speed survey on rural and urban network, based on three different approaches: microlocation speed analysis, time and space operational speed analysis at representative traffic flow conditions. Based on results authors suggested general recommendations for speed management improvement and credibility of posted speed limits analysis in local communities.

Keywords: speed management, rural and urban network, speed limit credibility

1. UVOD

Brzina kao jedan od osnovnih parametara saobraćajnog toka, ima izuzetan značaj sa aspekta efikasnosti (vreme putovanja) i bezbednosti (nastanak i posledice saobraćajnih nezgoda). Brzina vozila u saobraćajnom toku predstavlja kvalitativnu meru za ocenjivanje uslova saobraćaja na postojećoj i budućoj mreži. Sa aspekta efikasnosti saobraćajnog procesa, brzina utiče na mobilnost, transport robe, potrošnju goriva, emisiju štetnih materija, buku i kvalitet života celokupnog društva. Brzina takođe predstavlja srž problema i u bezbednosti saobraćaja. Jake korelacije su utvrđene između brzine i rizika od nezgoda, kao i između brzine i težina posledica saobraćajnih nezgoda (Aarts and van Schagen, 2006; Elvik et al., 2004). Velika disperzija brzina vozila u toku posebno se ističe kao problem u bezbednosti saobraćaja. Veća razlika u brzinama vozila korespondira većem broju saobraćajnih nezgoda (Aarts and Van Schagen, 2006; Montella et al., 2015) i težini posledica istih (Yu and Abdel-Aty, 2014a, 2014b). Upravljanje brzinama označava proces obezbeđivanja one vrednosti brzine koja ima za cilj da omogući harmonizovan saobraćajni tok, odnosno da minimizira disperziju brzina vozila u toku. Na osnovu svega navedenog, jasno je da upravljanje brzinama mora predstavljati kompromis između efikasnosti i bezbednosti saobraćaja i ekoloških posledica po životnu sredinu (OECD/ECMT, 2006).

Ograničenja brzine se smatraju ključnim elementom efikasnog upravljanja brzinama. Međutim, prekoračenja ograničenih brzine su veoma česta. U Evropi, generalno, 40% do 60% vozača ne poštuje postavljeno ograničenje brzine i najčešće oko 10% do 20% vozača prekoračuje dozvoljenu brzinu za više od 10 km/h (OECD, 2006). U okviru istraživanja SARTRE 3 (2004), vozačima iz zemalja Evropske Unije, je između ostalog postavljeno pitanje koliko često prekoračuju brzinu na različitim vrstama puteva. Rezultati ovog istraživanja su pokazali da postoje značajne razlike u pogledu prekoračenja brzine na različitim vrstama puteva. Najveći procenat vozača (28%) je izjavio da ne poštuje postavljeno ograničenje (često, veoma često, ili uvek) na autoputevima, dok je taj procenat bio manji na državnim putevima (19%), opštinskim putevima (13%) i u izgrađenim urbanim zonama (7%) (SARTRE 3, 2004).

Vozači mogu svesno ili nesvesno prekoračiti dozvoljenu brzinu, jer izbor brzine i motivi brze vožnje zavise od mnogo faktora. Razlozi za prekoračenje brzine su različiti i mogu se odnositi na privremene motive (npr. žurba), karakteristike ličnosti (npr. agresivnost vozača), karakteristike vozila, puta i okoline (SWOV, 2012) i percepcije bezbedne brzine putovanja (zavisi od geometrije i okoline puta, vremenskih uslova itd.) (Wilmot

& Khanal, 1999). Generalno, vozači voze većim brzinama na širim i putevima bez krivina, putevima sa dobrim stanjem kolovoza (Elliott et al, 2003; Martens et al, 1997) i u prisustvu manjeg prisustva bočnih smetnji duž puta (Elliott et al, 2003).

Jedan od ključnih faktora koji utiče na izbor brzine je kredibilitet postavljenog ograničenja brzine (OECD, 2006; Van Schagen et al, 2004; Van Nes et al, 2008;). Goldenbeld & van Schagen (2007) navode da se generalno može pretpostaviti da će vozači voziti u skladu sa postavljenim ograničenjem ako ga smatraju razumnim ili "kredibilnim". Nasuprot tome, ako postavljeno ograničenje brzine nije u skladu sa ograničenjem koje vozači smatraju odgovarajućim, prema karakteristike puta, onda ono može biti ignorisano, a čitav sistem upravljanja brzinama doveden u pitanje. Lee i saradnici (2017) sprovedli su eksperimente i analize čiji rezultati su pokazali da postavljena ograničenja brzine utiču na ocenu vozača o odgovarajućoj brzini vožnje i da će vozači, kada su postavljena ograničenja bliska brzini koju oni smatraju odgovarajućom, modifikovati svoju brzinu u skladu sa postavljenim ograničenjem.

Istraživanja su takođe pokazala da vozači, čija brzina u velikoj meri odstupa od uspostavljenog ograničenja, imaju veću šansu da učestvuju u saobraćajnim nezgodama (Solomon, 1964). Solomon (1964) je analizirajući zavisnost između brzine vozila i stope nezgoda na vangradskim putevima u SAD, došao do zaključka da su vozila koja su se kretala do 10 km/h brže od limitirane brzine imala najnižu stopu nezgoda, dok su vozila koja su se kretala znatno sporije ili brže od propisane brzine imala veću šansu da učestvuju u nezgodama. Aarts & van Schagen (2006) su takođe pokazali da je veća disperzija brzine povezana sa većom stopom nezgoda. Navedeni rezultati ukazuju na to da je određeni stepen slaganja brzina vožnje sa ograničenjima brzine važan kako bi se maksimizirala bezbednost učesnika u saobraćaju.

Shodno prethodno navedenom, cilj ovog rada bio je da se izvrši analiza poštovanja ograničenja brzine, a samim tim i podobnost - kredibilitet postavljenih ograničenja na vangradskoj putnoj mreži, prolascima državnih puteva kroz Beograd, kao i na najbitnijim delovima gradske ulične mreže glavnog grada Republike Srbije. Navedena metodologija i analiza može se primeniti i na nivou lokalne zajednice.

2. ISTRAŽIVANJA NA VANGRADSKOJ MREŽI

2.1. Metodologija istraživanja

Od 480 savremenih automatskih brojača, koji između ostalog detektuju i brzine saobraćajnog toka na vangradskoj putnoj mreži Srbije, u fokusu ovog rada je 45 lokacija koje pokrivaju 405 km mreže dvotračnih puteva. U radu su analizirani podaci za 2012. godinu i uzorak je činilo 135.988.980 vozila. Empirijskim istraživanjima su utvrđene vrednosti ograničenja brzina na izabranim lokacijama, vrednosti maksimalnih brzina toka kao i tehničko-eksploatacione karakteristike puta.

U radu su takođe, korišćenjem analitičkih modela i metoda, utvrđene slobodne brzine vozila, eksploatacione brzine toka, realne eksploatacione brzine vozila sa ABS-a i analizirane su razlike između slobodnih i ograničenih brzina. Baza je formirana u programu Microsoft Office Excel v. 2010, dok su podaci analizirani u statističkom softverskom paketu IBM SPSS Statistics v. 21, pri čemu su korišćene standardne metode deskriptivne i analitičke statistike.

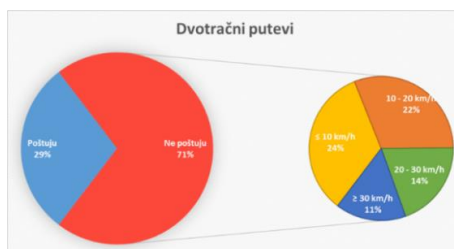
U okviru Studije upravljanja brzinama na teritoriji grada Beograda (2016) izvršena su merenja brzine u realnim uslovima na prolascima državnih puteva, uz pomoć android aplikacije na mobilnom telefonu sa snimanjem parametara kretanja vozila). Merenja brzine su izvršena modifikovanom metodom pokretnog osmatrača, odnosno vozilo osmatrač se kretalo u saobraćajnom toku oponašajući ostala vozila u toku pri merodavnim vršnim opterećenjima. Empirijska istraživanja su sprovedena na sledećim putnim potezima: Bubanj potok – Dobanovci; Pančevački most – Pupinov most i Petlja Mostar – Ostružnica.

Takođe, u okviru rada, sprovedena je i detaljna analiza prekoračenja brzina na 11 lokacija postojećih automatskih brojača saobraćaja (u daljem tekstu ABS), koji su instalirani na prolascima državnih puteva kroz Beograd. Pri ovoj analizi korišćeni su podaci za 2014. godinu.

Kao i u slučaju analize vangradske mreže, pre empirijskih istraživanja izvršena je i analiza tehničko eksploatacionih karakteristika razmatranih koridora i analiza slobodnih i eksploatacionih brzina po aktuelnim modelima. Autori koji su realizovali istraživanja su tokom procesa detektovali i osnovne probleme koji su i uzrok i posledica kako u efikasnosti tako i u bezbednosti saobraćaja.

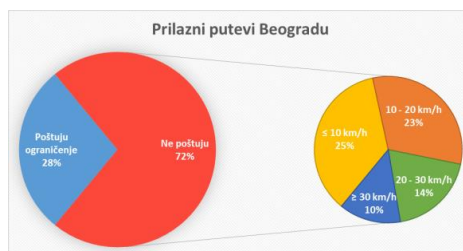
2.2. Rezultati istraživanja na vangradskoj putnoj mreži

Od 135.988.980 vozila, čije su brzine zabeležene na 45 deonica dvotračnih puteva, ograničenje brzine nije poštovalo 96.164.383 (70,71 %) vozača (Grafikon 1). Među vozačima koji nisu poštovali postavljeno ograničenje brzine najviše je bilo onih koji su prekoračili brzinu do 10 km/h (23,76 %), zatim slede oni koji su prekoračili brzinu od 10 do 20 km/h (21,87 %), potom oni sa prekoračenjem od 20 do 30 km/h (13,87 %) i na kraju oni vozači koji su prekoračili brzinu preko 30 km/h (11,21 %).

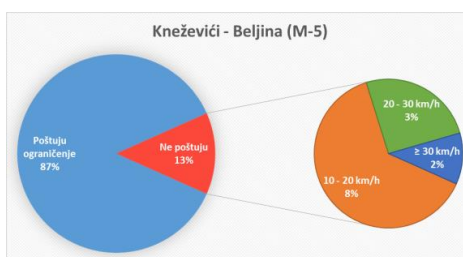


Grafikon 1. Prekoračenje brzine na razmatranim deonicama dvotračnih puteva u Srbiji

Nakon analize poštovanja postavljenog ograničenja brzine za sve razmatrane deonice dvotračnih puteva, sprovedena je analiza prekoračenja ograničenja brzine po razmatranim putnim pravcima. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da svi putni pravci, osim putnog pravca Kneževići – Beljina (M-5), imaju sličnu distribuciju brzina (sličan procenat vozača koji (ne)poštuju postavljeno ograničenje brzine). Na ovim putnim pravcima preko 70 % vozača ne poštuje postavljeno ograničenje brzine, dok na putnom pravcu Kneževići – Beljina procenat vozača koji prekoračuje brzinu iznosi 13% (Tabela 3). U radu su, radi ilustracije, grafički prikazani samo karakteristični rezultati za deonice na prilazu Beogradu i putni pravac Kneževići – Beljina (Grafikoni 2-3). Dodatnom analizom je utvrđeno da su na deonicama putnog pravca Kneževići – Beljina postavljena veća ograničenja brzine nego na ostalim putnim pravcima, što može biti razlog zašto je na ovom putnom pravcu više vozača koji vozi u skladu sa postavljenim ograničenjem brzine.

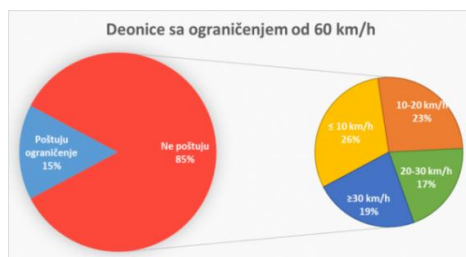


Grafikon 2. Poštovanje ograničenja na prilaznim putevima Beogradu ($V_{ogr}=40, 50, 60$ i 80 km/h)

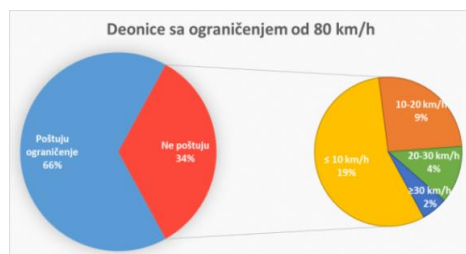


Grafikon 3. Poštovanje ograničenja na putnom pravcu Kneževići – Beljina (M-5) ($V_{ogr}=60$ i 80 km/h)

Prekoračenja brzine su razmatrana i po postavljenim ograničenjima brzine (Tabela 4). Radi ilustracije, grafički su prikazani samo rezultati za deonice sa ograničenjem brzine od 60 km/h i 80 km/h (Grafikoni 4-5). Dobijeni rezultati pokazuju da na deonicama sa većim ograničenjem brzine manji broj vozača prekoračuje postavljeno ograničenje brzine i obrnuto. Može se videti da je procenat vozača koji ne poštuje postavljeno ograničenje brzine sličan za deonice sa ograničenjem brzine od 40 km/h, 50 km/h i 60 km/h i za deonice sa ograničenjem brzine od 70 km/h i 80 km/h. Na deonicama sa ograničenjem brzine od 40 km/h postavljeno ograničenje ne poštuje čak 96% vozača, na deonicama sa ograničenjem od 50 km/h ograničenje ne poštuje 89% vozača, dok na deonicama sa ograničenjem brzine od 60 km/h postavljeno ograničenje ne poštuje 85% vozača. Na deonicama sa ograničenjem brzine od 70 km/h i 80 km/h postavljeno ograničenje ne poštuje između 30 i 40% vozača.



Grafikon 4. Poštovanje ograničenja brzine na deonicama sa ograničenjem brzine od 60 km/h



Grafikon 5. Poštovanje ograničenja brzine na deonicama sa ograničenjem brzine od 80 km/h

U radu su za svih 45 mikrolokacija ABS utvrđene slobodne brzine toka i dobijene vrednosti su upoređene sa postavljenim ograničenjima brzine, odnosno utvrđena je razlika između slobodne brzine toka i postavljenog ograničenja brzine $\Delta(V_{sl}-V_{ogr})$ za svaku od razmatranih deonica. Za ilustraciju dobijenih rezultata su u Tabeli 1 prikazani podaci za 5 od 45 razmatranih lokacija.

Da bi se ispitala veza (povezanost) između razlike u slobodnoj i ograničenoj brzini $\Delta(V_{sl}-V_{ogr})$ i procenta vozača koji ne poštuju postavljeno ograničenje brzine korišćena je neparametarska Spirmanova korelacija ranga (p), čiji su rezultati prikazani u Tabeli 2. Imajući u vidu da je vrednost Spirmanovog koeficijenta korelacije pozitivna, i s obzirom da je ta vrednost veća od 0,5 može se zaključiti da postoji statistički značajna - jaka pozitivna korelacija između razlike slobodne i ograničene brzine i procenta vozača koji ne poštuju postavljeno ograničenje brzine. Dobijeni rezultati potvrđuju polaznu hipotezu da što je razlika između slobodne i ograničene brzine veća veći je i procenat vozača koji ne poštuju postavljeno ograničenje brzine ($p=0,608$; $p<0,001$).

U radu su takođe, na osnovu vrednosti eksploatacionih brzina vozila sa automatskih brojača saobraćaja, utvrđene vrednosti 85. percentila brzine vozila u toku za svaku od razmatranih deonica (Tabela 1). Iz Tabele 1 može se videti da su vrednosti 85. percentila brzine vozila veće od postavljenih ograničenja brzine.

Tabela 1. Primer analize razlika u slobodnoj i ograničenoj brzini, procenta vozača koji ne poštuju ograničenje brzine, kao i vrednosti 85. percentila za određene deonice

Saobraćajna deonica	Vsl (km/h)	Vogr (km/h)	$\Delta(V_{sl} - V_{ogr})$ (km/h)	Ne poštuju ograničenje (%)	85. percentil brzine vozila (km/h)
Vranić - Stepojevac	82	60	22	89,32	88
Nova Pazova - Batajnica	87	50	37	86,83	78
Lipnički Šor – Loznica 1	91	60	31	82,66	92
Kneževići – Bela zemlja	87	80	7	26,25	82
Za Markovicu - Beljina	91	60	31	63,43	76

Tabela 2. Sprimanov koeficijent korelacije

Razlika između slobodne i ograničene brzine $\Delta(V_{sl}-V_{ogr})$	Procenat vozača koji ne poštuje ograničenje	
	p	0,608
	p	0,001
	n	45

2.3. Rezultati istraživanja na prolasku deonica državnih puteva kroz Beograd

Od 47.060.794 vozila, čije su brzine zabeležene na 11 lokacija ABS na prolascima državnih puteva kroz Beograd, ograničenje brzine nije poštovalo čak 35.558.090 (76%) vozača. U Tabeli 3 upoređene su vrednosti razlike između slobodnih i ograničenih brzina sa procentom vozača koji nisu poštovali postavljeno ograničenje brzine, za svaku od razmatranih lokacija na deonicama državnih puteva koji prolaze kroz Beograd. Dobijeni rezultati su pokazali da veći procenat vozača ne poštuje postavljeno ograničenje brzine na deonicama na kojima je razlika između slobodne i ograničene brzine veća. Date su i vrednosti 85. percentila brzine vozila u toku na razmatranim deonicama, koje su znatno veće od ograničenih brzina.

Tabela 3. Sumarna analiza brzina na analiziranim prolascima državnih puteva kroz Beograd, za 2014. godinu

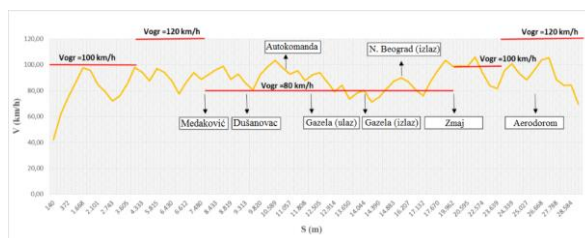
Saobraćajna deonica	Vsl (km/h)	Vogr (km/h)	$\Delta(Vsl - Vogr)$ (km/h)	Ne poštuju ograničenje (%)	85. percentil brzine vozila (km/h)
V. Moštanica - Barajevo	73	60	13	59,23	74
Umka - Barič	44	50	-6	78,87	68
Leštane - Bubanj Potok	83	60	23	82,69	86
Kružni put - Beli Potok	73	60	13	87,12	88
Nova Pazova - Batajnica	87	50	37	87,77	76
Umka - V. Moštanica	44	50	-6	88,07	76
Vranić - Stepojevac	73	60	13	90,86	89
Železnik - Kneževac	74	50	24	92,96	74
Ostružnica - Umka	82	80	2	95,35	88
Batajnica - Beograd	98	60	38	12,35	78
Orlovača - Rušanj	80	60	20	93,35	98

2.3.1. Profil brzine na potezu autoputa „Bubanj Potok – Dobanovci“

U Tabeli 4 prikazani su rezultati prostornog merenja brzina na potezu autoputa „Bubanj Potok – Dobanovci“. Dobijeni rezultati pokazuju da se na delu poteza „Bubanj Potok – Dobanovci“, na kom važi ograničenje brzine od 80 km/h, na 88% dužine puta ne poštuje postavljeno ograničenje brzine. Na delu sa ograničenjem brzine od 100 km/h, na 6% dužine puta se ne poštuje postavljeno ograničenje brzine, dok se na čitavom delu poteza na kom važi ograničenje brzine od 120 km/h vozi u skladu sa dozvoljenom brzinom, što je direktna posledica velikih saobraćajnih zahteva koji snižavaju eksploatacionu brzinu toka. Grafička interpretacija profila brzine sa lokacijama postavljenih ograničenja brzine na potezu autoputa „Bubanj Potok – Dobanovci“ je prikazana na Grafikonu 6.

Tabela 4. Procenat puta na potezu autoputa Bubanj Potok – Dobanovci na kojem vozači ne poštuju ograničenje brzine

Vogr (km/h)	% puta na kojem vozači poštuju Vogr	% puta na kojem vozači ne poštuju Vogr
80	12%	88%
100	94%	6%
120	100%	0%



Grafikon 6. Profil brzine sa lokacijama postavljenih ograničenja brzine na potezu autoputa „Bubanj Potok – Dobanovci“

Na osnovu sprovedene analize za potez autoputa „Bubanj Potok – Dobanovci“ autori predlažu sledeće mere:

- Kratkoročno - sprovesti rigoroznije kontrole i obezbeđivanja prihvatljivog poštovanja fiksnog ograničenja od 80 km/h na prolasku autoputa kroz Beograd;

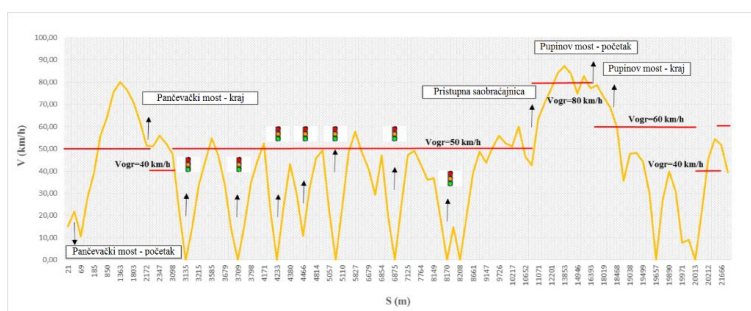
- Dugoročno - na posmatranom potezu primeniti dinamičko ograničenje brzine u funkciji merodavnih saobraćajnih zahteva u rasponu od 80 km/h do 100 km/h.

2.3.2. Profil brzine na potezu Pančevački most – Pupinov most – veza sa AP

Dobijeni rezultati empirijskog istraživanja prostornog poštovanja ograničenja za potez Zrenjaninskog puta su prikazani u Tabeli 5 i na Grafikonu 7. Na delu poteza Zrenjaninskog puta na kom važi ograničenje brzine od 40 km/h, na 92% dužine puta nije poštovano postavljeno ograničenje brzine. Na delu razmatranog poteza, na kom važi ograničenje brzine od 50 km/h na 20% dužine puta se takođe nije poštovalo definisano ograničenje. Važno je naomenuti da se u zoni ograničenja od 50 km/h nalazi više semaforisanih raskrsnica (kao što se može videti na Slici 2), što je suštinski razlog zašto su brzine na ovom delu poteza niske. Drugi važan uzrok nižih brzina na ovoj visokokapacitivnoj saobraćajnici je nekoordinisan rad svetlosnih signala. Na delu poteza sa ograničenjem od 60 km/h, na 50% dužine puta se nije poštovalo postavljeno ograničenje brzine. Na grafikonu 7 prikazan je zabeležen profil brzine na razmatranom potezu.

Tabela 5. Procenat puta na potezu Zrenjaninskog puta na kojem vozači ne poštuju ograničenje brzine

Vogr (km/h)	% puta na kojem vozači poštuju Vogr	% puta na kojem vozači ne poštuju Vogr
40	8%	92%
50	80%	20%
60	50%	50%
80	46%	54%



Grafikon 7. Profil brzine sa lokacijama postavljenih ograničenja brzine na potezu Zrenjaninskog puta

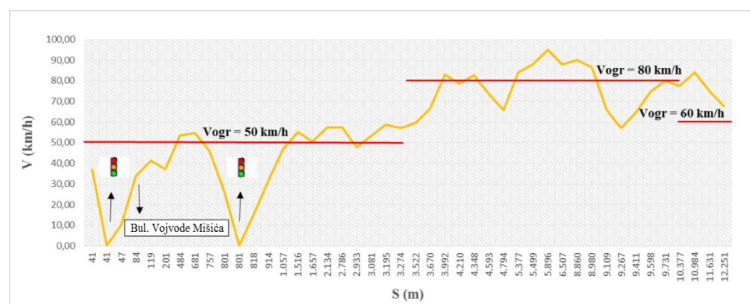
Na osnovu sprovedene analize autori predlažu da se na Pančevačkom mostu podigne ograničena brzina na 60 - 70 km/h; a na delu razmatranog poteza, na kome važi ograničenje od 40 km/h, ograničenje povećati na 50 km/h. Na ostalom delu poteza, do pristupne saobraćajnice Pupinovom mostu, ograničenje povećati na 60 (km/h), uz obaveznu koordinaciju rada svetlosnih signala.

2.3.3. Profil brzine na potezu „petlja Mostar – petlja Ostružnica“

Rezultati koji su prikazani u Tabeli 6 pokazuju da na delu poteza petlja Mostar - Ostružnica na kom važi ograničenje brzine od 50 km/h, na 58% dužine puta se ne poštuje postavljeno ograničenje brzine. Na delu sa ograničenjem brzine od 60 km/h celom dužinom puta se ne poštuje postavljeno ograničenje brzine, dok se na delu poteza na kom važi ograničenje brzine od 80 km/h na 67% dužine puta prekoračuje dozvoljena brzina. Osnovni uzrok ovakvog ponašanja vozača su povoljni eksploatacioni elementi višetraknog puta. Grafička interpretacija profila brzine sa lokacijama postavljenih ograničenja brzine na potezu „petlja Mostar - Ostružnica“ prikazana je na Grafikonu 8.

Tabela 6. Procenat puta na potezu „petlja Mostar – petlja Ostružnica“ na kojem vozači ne poštuju ograničenje brzine

Vogr (km/h)	% puta na kojem vozači poštuju Vogr	% puta na kojem vozači ne poštuju Vogr
50	42%	58%
60	0%	100%
80	33%	67%



Grafikon 8. Profil brzine sa lokacijama postavljenih ograničenja brzine na Savskoj magistrali „Petlja Mostar – Ostružnica“

Dobijeni rezultati su pokazali da je na razmatranom potezu potrebno preispitati podobnost postavljenih ograničenja brzine i autori rada predlažu da se ispita mogućnost podizanja ograničene brzine na 60 (km/h) na delu koridora od petlje "Mostar" do raskrsnice sa Trgovačkom ulicom.

2.4. Diskusija

Rezultati ovog istraživanja su pokazali da na dvotračnim državnim putevima u Srbiji većina vozača ne poštuje postavljeno ograničenje brzine. Da bi se rešio ovaj problem neophodno je detaljno sagledati sve moguće uzroke za ovakvo ponašanje vozače. Imajući u vidu da su dobijene vrednosti slobodnih brzina vozila značajno veće od postavljenih ograničenja brzine, jedan od razloga za takvo ponašanje vozača može se odnositi na neadekvatno postavljena ograničenja brzine.

Tabela 7. Uporedna analiza rezultata dobijenih u ovom istraživanjem sa rezultatima stranih istraživanja

Ograničenje brzine	Država	% prekoračenja
40 km/h	Analizirane deonice	96 %
	Irska	75 %
	SAD	73 %
	Velika Britanija	27 %
50 km/h	Analizirane deonice	89 %
	Holandija	73 %
	Danska	60 %
	Francuska	59 %
	Austrija	51%
	Švajcarska	21 %
60 km/h	Analizirane deonice	85 %
	Južna Koreja	19 %
	Velika Britanija	9 %
80 km/h	Analizirane deonice	34%
	Danska	61 %
	Holandija	45 %
	Švajcarska	24 %

Uporednom analizom rezultata koji su dobijeni u ovom istraživanju sa rezultatima stranih istraživanja (Tabela 7), može se videti da je za deonice sa ograničenjem brzine od 40 km/h, 50 km/h i 60 km/h mnogo veći procenat vozača koji ne poštuju postavljena ograničenja u Srbiji nego u drugim zemljama. Za deonice sa ograničenjem brzine od 80 km/h rezultati su drugačiji. U većini drugih zemalja veći procenat vozača ne poštuje postavljeno ograničenje nego u Srbiji. Ova uporedna analiza takođe ukazuje na to da ne postoji samo problem u stavu i ponašanju vozača, već da treba preispitati i validnost - kredibilitet postavljenih ograničenja brzine.

3. ISTRAŽIVANJE BRZINA NA ULIČNOJ MREŽI

3.1. Prostor i vreme istraživanja

Istraživanja brzina putničkih automobila izvršeno je na ukupno 55 deonica osnovne ulične mreže grada Beograda, ukupne dužine oko 115 km (slika 1). Istraživanjem su obuhvaćene saobraćajnice različitih tehničko-eksploatacionih karakteristika, gustine raskrsnica i priključaka, uslova realizacije saobraćajnih tokova, režmsko uspostavljenih vrednosti ograničenja brzine i uslova okruženja. Ograničenost istraživanja

na elemente mreže najvišeg ranga objašnjava se činjenicom da je za formiranje sistema upravljanja brzinama ovaj deo mreže, sa aspekta funkcije i veličine transportnog rada ključan za efikasno i bezbedno funkcionisanje saobraćajnog sistema. Istraživanja su realizovana tokom merodavnih radnih dana, u dva perioda: jutarnjem i poslepodnevnom. U svakom od perioda izvršena su po četiri merenja u oba smera.

3.2. Metoda i tehnika istraživanja

Istraživanja su realizovana metodom „plutajućeg vozila“. Plutajuće vozilo, u okviru primenjene metode, svoje kretanja realizuje u okviru medijane ponašanja pripadajućeg saobraćajnog toka, odnosno predstavlja reprezent ponašanja celokupnog saobraćajnog toka za aktuelne uslove realizacije saobraćajnog procesa u prostoru istraživanja.

U okviru istraživanja primenjena je tehnika automatskog prikupljanja podataka (mobilni telefon sa formiranom android aplikacijom sa snimanje parametara kretanja individualnog vozila) što omogućava kontinualno snimanje parametara kretanja plutajućeg vozila i realizacije karakterističnih događaja u intervalima od jedne sekunde. U postupku dalje obrade kreiraju se parovi vrednosti osnovnih parametara kretanja (brzina, vreme i prostor) i formiraju se trajektorije kretanja vozila visokog nivoa detaljnosti, što je grafički prikazano jednim primerom na slici 2.

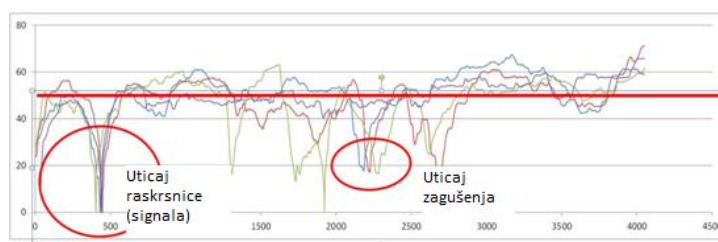
3.3. Rezultati istraživanja

3.3.1. Analiza uticaja ograničenja brzine na vreme putovanja (efikasnost)

Na osnovu analize utvrđeno je da ne postoji nikakva zavisnost između vremena putovanja i uspostavljenog ograničenja brzine. Realizovana vrednost vremena putovanja isključivo zavisi od broja zaustavljanja (prekida saobraćajnog toka), koji zavisi od kombinacije uticaja broja semaforisanih raskrsnica, priključaka, načina regulisanja i upravljanja duž saobraćajnice (režim parkiranja, javni prevoz, vođenje pešačkih i biciklističnih tokova, način upravljanja na raskrsnicama) i aktuelnih uslova u saobraćajnom toku.



Slika 1. Pregledna karta istraživanja



Slika 2. Forma izlaznih rezultata istraživanja – Brzina-vreme dijagram

3.3.2. Analiza prostornog prekoračenja brzine na deonicama

Za razliku od vremenske brzine toka na nekom preseku saobraćajnice, uspostavljeni globalni pokazatelj, procenat vremena putovanja u prekoračenju, ima širi vremenski obuhvat. Ovaj pokazatelj opisuje stepen prihvatanja uspostavljenog ograničenja brzine na deonici od strane vozača.

Procenat vremena putovanja brzinom koja je veća od uspostavljenog ograničenja utvrđen je na osnovu svih vrednosti trenutnih brzina ostvarenih tokom vremena putovanja koje su veće od 30 km/h. Vrednost brzine

ispod 30 km/h u analizi smatrana je brzinom koja se realizuje u procesu usporenja, odnosno ubrzanja vozila, kao i vožnje u uslovima forsiranog toka.

Rezultati istraživanja pokazuju da se na saobraćajnicama gde je registrovano prekoračenje brzine, saobraćajni tok oko 50% vremena putovanja kreće brzinom iznad ograničenja.

Prekoračenja brzine od više od 20 km/h registrovane su na saobraćajnicama primarne gradske mreže najvišeg ranga, deonicama na kojima vladaju uslovi neprekinutog saobraćajnog toka (npr. mostovi), kao i na potezima saobraćajnica višeg ranga na kojima je uspostavljena niža vrednost ograničenja brzine.

Prekoračenja brzine u granicama do 10 km/h, odnosno postovanje uspostavljenog ograničenja, zabeleženo evidentirana su na elementima primarne mreže lošijih tehničko-eksploatacionih karakteristika, odnosno na saobraćajnicama sekundarne mreže uže centralne zone.

Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da na vrednost brzine u prekoračenju dominantno utiču: tehničko-eksploatacione karakteristike saobraćajnice, stepen realizacije „neprekinutog“ toka (inirektno, broj ukrštanja i način upravljanja) i položaj saobraćajnice u mreži (uticaj okruženja saobraćajnice).

3.4. Analiza mogućnosti promene opšteg ograničenja brzine

Imajući u vidu zaključke istraživanja na uličnoj mreži potencijalni kandidati za povećanje brzine predstavljale bi saobraćajnice najvišeg ranga na kojima je evidentirano prekoračenje brzine preko 20% u odnosu na režimski definisanu.

Legislativno povećanje brzine, zasnovano isključivo na elemente signalizacije, uticao bi na stepen kredibiliteta uspostavljenog ograničenja (procenat vozača u prekršaju), ali bez evidentnog uticaja na efikasnost i bezbednost. Preduslovi primene mere povećanja ograničenja brzine mora biti bazirana na konceptu obezbeđivanja ambijenta za dinamički saobraćaj, što podrazumeva ispunjenost narednih uslova:

- Odgovarajuće tehničko-eksploatacione karakteristike saobraćajnice (više saobraćajnih traka po smeru, trake za leva skretanja, niše sa JGTP...);
- Obezbeđivanje visokog stepena neprekinutosti saobraćajnog toka, odnosno minimizirati broj zaustavljanja (redukcija broj ukrštanja, odnosno primena odgovarajućeg sistema upravljanja (koordinisani rad semafora));
- Obezbeđivanje potpune kontrole pristupa na saobraćajnicu (redukcija priključaka, zabrana parkiranja, regulisanje snabdevanja, izgradnja servisnih saobraćajnica, semaforizacija raskrsnica...);
- Segregacija nemotorizovanih tokova duž saobraćajnice (realizacija na kontrolisanim ukršajima ili denivelisano).

Sa druge strane, fokus ka smanjenju opšteg ograničenja odnosi se na elemente mreže najnižeg ranga (sekundarne saobraćajnice i lokalne ulice). U tom smislu na pomenutim elementima mreže potrebno je formirati ambijent namenjen nemotorizovanim korisnicima i stacioniranju vozila. U praktičnom smislu, to se postiže uvođenjem zona redukovanih brzina motorizovanog saobraćaja i to: Zona 30, Zona škola i Zona usporenog saobraćaja.

Uvođenjem ovakvih zona spontano, samo na osnovu zakonske regulative koja prepoznaje njihov pojavni oblik, ne postižu se očekivani rezultati. U tom smislu, definisanje kriterijuma za njihovo uvođenje, kao i jasne smernice za primenu setova inženjerskih mera za prostorno uređenje ovih zona, predstavljaju ključan elemenat svrsishodnosti i očekivanih efekata primene istih.

4. ZAKLJUČAK

Analizom realnih eksploatacionih brzina vozila na vangradskim dvotračnim državnim putevima u Srbiji, koje su zabeležene automatskim brojačima saobraćaja, utvrđeno je da veliki procenat vozača ne poštuje postavljena ograničenja brzine (oko 70%). Imajući u vidu da je uzorak činilo 135.988.980 vozila može se zaključiti da je on reprezentativan i da dobijeni rezultati oslikavaju realnu situaciju poštovanja postavljenih ograničenja brzine na dvotračnim državnim putevima u Srbiji.

Daljom analizom slobodne brzine toka i postavljenog ograničenja brzine, po razmatranim deonicama dvotračnih puteva u Srbiji, utvrđeno je da postoji velika razlika između navedenih brzina i da je sa većom razlikom veći procenat vozača ne poštuje postavljeno ograničenje brzine. Dobijeni rezultati ukazuju na to da putni i saobraćajni uslovi dozvoljavaju da se vozila kreću većim brzinama od dozvoljenih i da stoga treba preispitati podobnost postavljenih ograničenja brzine.

Sprovedeno istraživanje na prolascima deonica državnih puteva kroz Beograd i osnovnoj uličnoj mreži takođe je pokazalo da veliki procenat vozača ne poštuje postavljeno ograničenje brzine i da je neophodno ispitati kredibilitet (podobnost) postavljenih ograničenja brzina.

Kredibilno ograničenje brzine se definiše kao ograničenje brzine koje je u skladu sa percepcijom vozača uslovljenom putnim i saobraćajnim uslovima. Izgled puta (ulice) i njegovo okruženje bi trebalo da učine određeno ograničenje brzine logičnim i kredibilnim. Osim toga, važno je shvatiti da kredibilitet ograničenja nije apsolutna mera već predstavlja skalu koja varira od „veoma kredibilnih“ do „veoma nekredibilnih“ ograničenja brzine. Ako ograničenje brzine nije kredibilno, postoje dve mogućnosti da se problem reši: ili promeniti (prilagoditi) postojeće ograničenje brzine ili menjati elemente puta i okoline.

U daljem radu bi trebalo unaprediti bazu podataka dodatnim istraživanjima brzina na deonicama na prolasku kroz urbana područja u različitim vremenskim periodima (radnim danom, vikendom, u vršnim i vanvršnim periodima), kako bi se stvorila validna osnova za postavljanje kredibilnih ograničenja i dinamičko upravljanje brzinama. Takođe, neophodno je integrisati bazu podataka o prekoračenjima brzina sa bazom podataka o saobraćajnim nezgodama kako bi se utvrdila zavisnost između procenta prokoračenja limitiranih brzina i bezbednosti saobraćaja. Sa postavljanjem kredibilnih ograničenja procenat prekoračenja ograničenja brzina bi bio manji, time bi se postigla manja disperzija brzina vozila u toku, a posledično i poboljšana i efikasnost i bezbednost saobraćaja. Bazni preduslov za implementaciju savremenog koncepta upravljanja brzinama je funkcionalna klasifikacija i kategorizacije putne i ulične mreže.

5. LITERATURA

- [1] Aarts, L., van Schagen, I. (2006). Driving speed and the rate of road crashes: a review of recent studies. *Accident Analysis & Prevention*, 38, 215–224.
- [2] Elliott, M. A., McColl, V. A., & Kennedy, J. V. (2003). Road design measures to reduce drivers' speed via 'psychological' proc.: A literature review. TRL report 564. Crowthorne: Transport Research Laboratory TRL.
- [3] Elvik, R., Christensen, P., and Amundsen, A. (2004). Speed and road accidents: an evaluation of the power model. TØI Report 740/2004, Oslo, Norway.
- [4] Goldenbeld, C., & van Schagen, I. (2007). The credibility of speed limits on 80 km/h rural roads: The effects of road and person(ality) characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1121–1130.
- [5] Lee, Y. M., Chong, S. Y., Goonting, K., & Sheppard, E. (2017). The effect of speed limit credibility on drivers' speed choice. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 45, 43–53.
- [6] Martens, M., Comte, S., & Kaptein, N. (1997). The effects of road design on speed behaviour: A literature review. Deliverable D1. TNO-report TM-97-B021. Soesterberg: TNO.
- [7] Montella, A., Imbriani, L.L. (2015). Safety performance functions incorporating design consistency variables. *Accident Analysis and Prevention*, 74, 133–144.
- [8] Organisation for Economic Co-operation and Development and European Conference of Ministers of Transport. (2006). Speed management, Paris, France.
- [9] SARTRE 3 report. (2004). European drivers and road risk. Report on principal results. Paris: INRETS.
- [10] Solomon, D. (1964). Accidents on main rural highways related to speed, driver, and vehicle. Washington DC: US Department of Commerce, Bureau of Public Roads.
- [11] SWOV. (2012). SWOV Fact Sheet - Speed Choice: the influence of man, vehicle, and the road, Leidschendam, Netherland.
- [12] Van Nes, N., Houtenbos, M., & Van Schagen, I. (2008). Improving speed behaviour: the potential of in-car speed assistance and speed limit credibility. *IET Intelligent Transport Systems*, 2(4), 323–330.
- [13] Van Schagen, I. N. L. G., Wegman, F. C. M., & Roszbach, R. (2004). Safe and credible speed limits: A strategical exploration. R2004-12. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research.
- [14] Wilmot, C. G., & Khanal, M. (1999). Effect of speed limits on speed and safety: A review. *Transport Reviews*, 19(4), 315–329.
- [15] Yu, R., Abdel-Aty, M. (2014a). Analyzing crash injury severity for a mountainous freeway incorporating real-time traffic and weather data. *Saf. Sci.* 63, 50–56.
- [16] Yu, R., Abdel-Aty, M. (2014b). An optimal variable speed limits system to ameliorate traffic safety risk. *Transport. Res. Part C: Emerg. Technol.* 46, 235–246.
- [17] "Studija upravljanja brzinama na teritoriji grada Beograda", Grad Beograd-Gradska uprava grada Beograd, Sekretarijat za saobraćaj, Institut saobraćajnog fakulteta u Beogradu, 2016.