

ANALIZA BRZINA NA DRŽAVNIM PUTEVIMA – DOLINSKE TRASE

ANALYSIS OF SPEED ON STATE ROADS – VALLEY ROUTES

Dragana Božić¹, Vladan Tubić²

Rezime: Brzina kao jedan od osnovnih parametara saobraćajnog toka, ima izuzetan značaj sa aspekta efikasnosti (nivo usluge, vreme putovanja) i bezbednosti (broj, posledice i rizik od nastanka saobraćajnih nezgoda). Upravljanje brzinom obuhvata niz mera koje se primenjuju sa osnovnim ciljem ostvarivanja balansa između bezbednosti i efikasnosti u saobraćajnom toku. Jedna od najvažnijih upravljačkih mera za postizanje navedenog cilja ogleda se u definisanju kredibilnog ograničenja, odnosno ograničenja brzine koje bi omogućilo postizanje maksimiziranja kapaciteta i nivoa usluge posmatrane deonice, odnosno minimiziranje troškova korisnika i rizika nastanka saobraćajnih nezgoda. S obzirom na činjenicu da nepropisna i neprilagođena brzina izaziva niz značajnih negativnih uticaja, cilj ovog rada je da se sprovede analiza kredibiliteta postojećih ograničenja, odnosno da se utvrde faktori koji imaju uticaj na brzine na deonicama dvotračnih dolinskih vagrafskih puteva. Da bi se došlo do rezultata, sprovedeno je terensko istraživanje u realnim uslovima, metodom pokretnog osmatrača, uz pomoć aplikacije na android telefonu. Ovim istraživanjem je pored analize brzine na preseku (srednja vremenska brzina) omogućena i analiza brzina saobraćajnog toka na celom homogenom uticajnom odseku sa ABS-a (mikro nivo), kao i na marko nivou, odnosno duž šest analiziranih deonica vangradskih dolinskih dvotračnih puteva (srednja prostorna brzina). Takođe, empirijskim istraživanjem su utvrđene vrednosti ograničenja brzina na zabranim deonicama i slobodnih brzina na osnovu Linearnog modela, kao i primenom softvera HCS. U okviru analize brzina utvrđene su vrednosti eksploatacionih brzina na osnovu analitičkih modela i metoda. Da bi se dobila jasnija slika o kredibilitetu postojećih ograničenja izvršena je i analiza prekoračenja ograničenih brzina po klasama.

Ključne reči: brzina, kredibilitet ograničenja, srednja prostorna brzina.

Abstract: Speed as one of the basic parameters of a traffic flow is of great importance in terms of efficiency (service level, travel time) and safety (number, consequences and risk of accident occurrence). Speed management includes a series of measures that are applied with the primary goal of achieving the balance between safety and efficiency in the traffic flow. One of the most important managerial measures for achieving this goal is to define a credible constraint, that is, a speed limit that would allow the maximization of the capacity and level of the service of the observed section, ie minimizing the cost of users and the risk of occurrence of traffic accidents. Considering the fact that improper and unadjusted speed causes a number of significant negative effects, the aim of this work is to carry out the analysis of the credibility of the existing constraints, ie to determine the factors that influence the speed on sections with two-lane valley roads. In order to achieve the results, field research in real-world conditions was carried out using the mobile observation method using the application on the android phone. In addition to the analysis of cross-section value of the velocity (medium time speed), the analysis of the traffic flow velocities on the entire homogeneous influencing section from ABS (micro level) as well as on the macro level, ie along the six analyzed sections of two-way roads valley roads that are placed out of town (medium spatial speed). Also, empirical research has determined the speed limit values on selected sections and free speeds based on the Linear Model, as well as the application of the HCS software. With in the framework of the speed analysis, the values of exploitation speeds were determined based on analytical models and methods. In order to get a clearer picture of the credibility of the existing constraints, an analysis of the overrun of limited speeds by classes has been carried out.

Keywords: speed limit credibility, operating speed, speed management, hourly design volume.

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.

Ograničenje brzine predstavlja važnu meru za postizanje efikasnog i bezbednog saobraćajnog toka. U idealnom slučaju, putno okruženje i ograničenje brzine bi trebalo da budu koherentni i konzistentni, tako da većina vozača vozi u skladu sa postavljenim ograničenjem brzine. Ograničenja brzine predstavljaju jedan od

¹ Božić Dragana, master inž. saobraćaja, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, Republika Srbija, bdragana95@gmail.com

² Profesor doktor Vladan Tubić, dipl. inž. saobraćaja, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, Republika Srbija, vladan@sf.bg.ac.rs

elemenata politike upravljanja brzinama, koja ima za cilj harmonizaciju brzine saobraćajnog toka, u skladu sa uslovima u toku, kako bi se postiglo maksimiziranje kapaciteta i nivoa usluge posmatrane deonice, odnosno minimizirali troškovi i rizici nastanka saobraćajnih nezgoda. Ograničenja brzine moraju definisati sigurnu brzinu, koja održava funkciju puta, saobraćajne uslove u toku i projektovane karakteristike puta (ERSO, 2015). Ukoliko to nije slučaj, može doći do problema neusklađenosti percepcije vozača o odgovarajućoj brzini na određenom delu puta i postavljenog ograničenja brzine. Percepcija bezbedne brzine putovanja je veoma važna i ona zavisi od geometrije puta i njegove okoline, namene zemljišta u neposrednoj okolini puta i vremenskih uslova (Wilmot & Khanal, 1999). Generalno, vozači voze većim brzinama na širim putevima, putevima bez krivina, putevima sa dobrim stanjem kolovoza (Elliott et al, 2003; Martens et al, 1997) i u prisustvu manjeg broja zgrada, drveća i vegetacije duž puta (Elliott et al, 2003).

Verodostojno ograničenje se definiše kao ograničenje koje se poklapa sa slikom koju izaziva put i uslovi saobraćaja (SWOV, 2012). Važno je da ograničenje brzine ne bude ni previše visoko ni previše nisko s obzirom na projektnu brzinu puta, jer se onda podriva njegova validnost.

Međutim, postavljanje ograničenja neće automatski dovesti do poštovanja zahtevane brzine. Na svim kategorijama puteva, prekoračenje ograničenja brzine je veoma često. Generalno je utvrđeno da 40-50% vozača vozi brže od postavljenog ograničenja brzine (OECD/ECMT, 2006). U istraživanju koje je sproveo Brake (2004), 68% vozača je izjavilo da su prekoračili ograničenje brzine u godini pre istraživanja, a 85% je priznalo da ponekad ne poštuje postavljeno ograničenje brzine. Vozači često navode prekoračenje ograničenja brzine kao aktivnost u kojoj učestvuju (DfT, 2010).

Jedan od razloga zašto vozači prekoračuju postavljena ograničenja brzine upravo se odnosi na kredibilitet postavljenog ograničenja brzine (Fildes and Lee, 1993; van Schagen et al., 2004). Goldenbeld & van Schagen (2007) navode da se generalno može pretpostaviti da će vozači voziti u skladu sa postavljenim ograničenjem brzine ako ga smatraju razumnim ili "kredibilnim". Nasuprot tome, ako postavljeno ograničenje brzine nije u skladu sa ograničenjem koje vozači smatraju odgovarajućim, s obzirom na odgovarajuće karakteristike puta, onda postavljeno ograničenje brzine može biti ignorisano od strane vozača. Goldenbeld & van Schagen (2007) dalje navode da, ako se u sistemu često pojavljuju ograničenja brzine koja su nekredibilna, čitav sistem upravljanja brzinama može biti doveden u pitanje. Prethodno navedeno, pored problema efikasnosti saobraćajnog toka, ima izraziti uticaj na bezbednost saobraćaja. Naime, velika disperzija brzina u toku dovodi do povećanog rizika nastanka saobraćajnih nezgoda. Što je veća razlika u brzinama vozila veći je i broj saobraćajnih nezgoda (Aarts and Van Schagen, 2006; Montella et al., 2015) i težina posledica saobraćajnih nezgoda (Yu and Abdel-Aty, 2014a, 2014b). Na vangradskim putevima rizik nastanka saobraćajne nezgode eksponencijalno raste sa povećanjem slobodne brzine, odnosno, nezakonito prekoračenje brzine povećava broj saobraćajnih nezgoda (Kloeden et al, 2001).

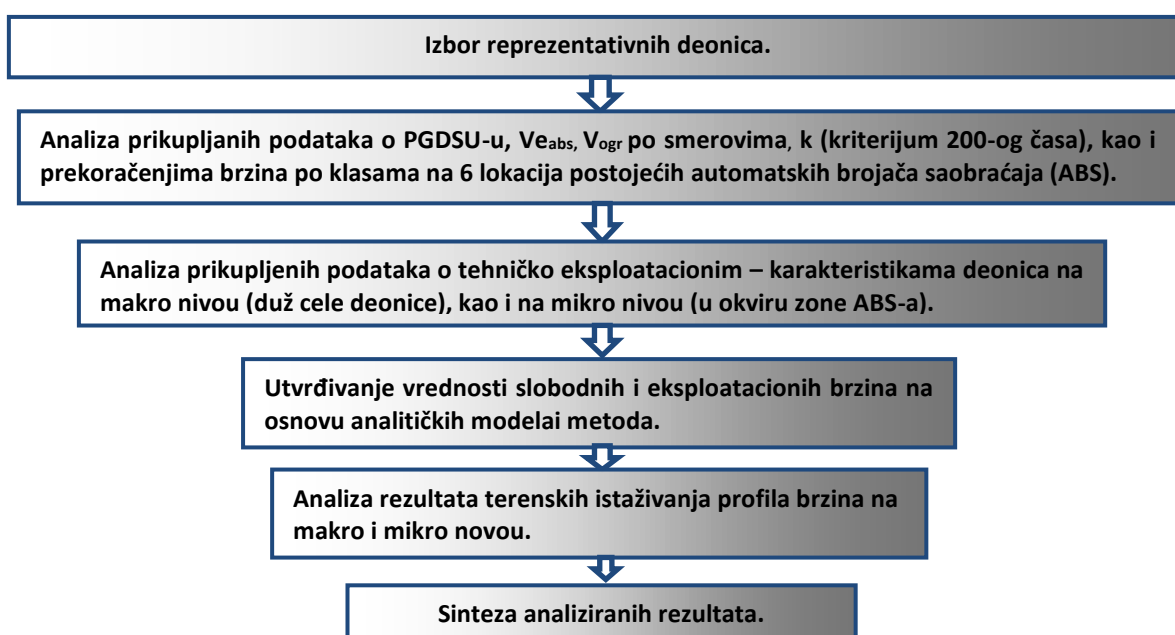
Takođe, istraživanja su pokazala da vozači, čija brzina u velikoj meri odstupa od uspostavljenog ograničenja, imaju veću šansu da učestvuju u saobraćajnim nezgodama (Solomon, 1964). Solomon (1964) je analizirajući zavisnost između brzine vozila i stope nezgoda na vangradskim putevima u SAD, došao do 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. Prikazani rezultati dovode do zaključka da određeni stepen slaganja brzina vožnje sa ograničenjima brzine ima veoma važnu ulogu pri dostizanju maksimiziranja bezbednosti učesnika u saobraćaju.

Sagledavajući značaj brzine u funkcionisanju saobraćajnog sistema, cilj ovog rada je da se u okviru zone automatskog brojača saobraćaja (ABS), kao i duž deonice koje pripadaju vangradskim dvotračnim dolinskim puteva izvrši analiza svih relevantnih brzina, kako bi se ustanovili faktori koji imaju uticaj na brzine, i dalje identifikovali uzroci i posledice mogućih problema vezanih za efikasnost i bezbednost saobraćaja, a zatim dali određeni zaključci, mere i preporuke.

U fokusu rada je šest deonica koje pripadaju državnim putevima IB 22, IB 23 i IB 28. Predmetne deonice koje su analizirane su: Mataruška Banja – Ušće, Ušće – Bare, Čačak (Guča) – Pakovraće (Markovica), Pakovraće (Markovica) – Kratovska Stena, Mali Zvornik – Gračanica, Gračanica – Ljubovija

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Na sledećoj slici je predstavljen algoritam metodologije istraživanja:



Slika 1. Algoritam metodologije istraživanja

Cilj sprovedenog istraživanja je da se na mikro nivou (1000 metara ispred i iza ABS-a) i makro nivou (duž cele deonice) na deonicama vangradskih dvotračnih doliniskih na osnovu izvršenog terenskog istraživanja utvrdi zakonitost promene brzine u prostoru. Takođe, kompletna analiza brzina urađena je duž homogenih odseka (u zoni ABS-a), kako bi se ustanovili faktori koji imaju uticaj na uslove u saobraćajnom toku.

U fokusu ovog rada je šest deonica koje pripadaju putnim pravcima, odnosno državnim putevima IB-22, IB-23 i IB-28. Kako bi se izvršila detaljna analiza brzina duž homogenih odseka deonice, neophodno je bilo na osnovu podataka sa ABS-a prikupiti podatke o prosečnom godišnjem dnevnom saobraćaju (PGDS), realnim eksploatacionim brzinama ($V_{e_{abs}}$), ograničenju po smerovima, i merodavnim časovnim protocima (kriterijum 200-og sata). Zatim, izvršena je detaljna analiza prekoračenja brzina po klasama na 6 lokacija postojećih automatskih brojača saobraćaja (ABS), postavljenih na deonicama koje su predmet analize. Za bazu godinu u okviru istraživanja uzeta je 2016. godina, s obzirom na činjenicu da je promena brzina po godinama jako niska, zbog čega je merodavno analizirati poslednju dostupnu godinu. Zatim je pristupljeno utvrđivanju tehničko eksploatacionih karakteristika deonica (širina kolovoza, širina saobraćajne trake, broj saobraćajnih traka, ivičnih traka, širina bankine, minimalni radijus horizontalne krivine, maksimalni i prosečni uzdužni profil), na osnovu aktuelne Baze podataka o državnim putevima. Ostali uticajni parametri koji ulaze u proračun eksploatacionih brzina (procenat dozvoljenog preticanja i broj pristupnih tačaka) utvrđeni su empirijskim istraživanjima na terenu.

U narednom koraku je izvršena je analiza slobodnih brzina koje su u funkciji tehničko – eksploatacionih karakteristika kolovoza i karakteristika saobraćajnog toka, na osnovu Linearnog modela, razvijenog na Saobraćajnom fakultetu (Kuzović. 2000). Takođe, po istom modelu je izvršena analiza eksploatacionih brzina. Nakon izvršenog proračuna slobodnih i eksploatacionih brzina, a sa osnovnim ciljem dobijanja realnijih podataka pristupljeno je proračunu istih na osnovu postupka HCM₂₀₀₀, primenom softvera HCS. U ovom postupku pored tehničko – eksploatacionih karakteristika, protoka vozila, strukture saobraćajnog toka, vremenske neravnomernosti i faktora vršnog sata, na proračun slobodnih i eksploatacionih brzina uticaj imaju kontrola pristupa (broj pristupnih tačaka po 1 km deonice) i procenat zabrane preticanja.

Na kraju, kako bi se dobio jasniji uvid u promene brzine u prostoru i vremenu, odnosno duž šest odabranih deonica (makro nivo), izvršena su merenja brzina u realnim uslovima, uz pomoć aplikacije na android telefonu. Istraživanje je vršeno metodom pokretnog osmatrača, odnosno vozilo osmatrač se kretalo u saobraćajnom toku oponašajući merodavno vozilo. Sa osnovnim ciljem dobijanja realnih podataka, vođeno je računa da se vozilo kojim je vršeno snimanje uključi u saobraćajni tok 300 metara pre nailaska na zonu snimanja i samim tim dostigne realna brzina na početku zone. Kako bi se stvorio jasniji uvid u situaciju, pre sprovođenja istraživanja izvršena je analiza podataka sa ABS-a kako bi se utvrdili merodavni dani i sati za sprovođenje istraživanja. Dakle, istraživanje je sprovedeno tokom merodavnih dana, sati odnosno pri merodavnim saobraćajnim opterećenjima, dva puta za svaki smer. Takođe, pošto se aplikacija bazira na GPS

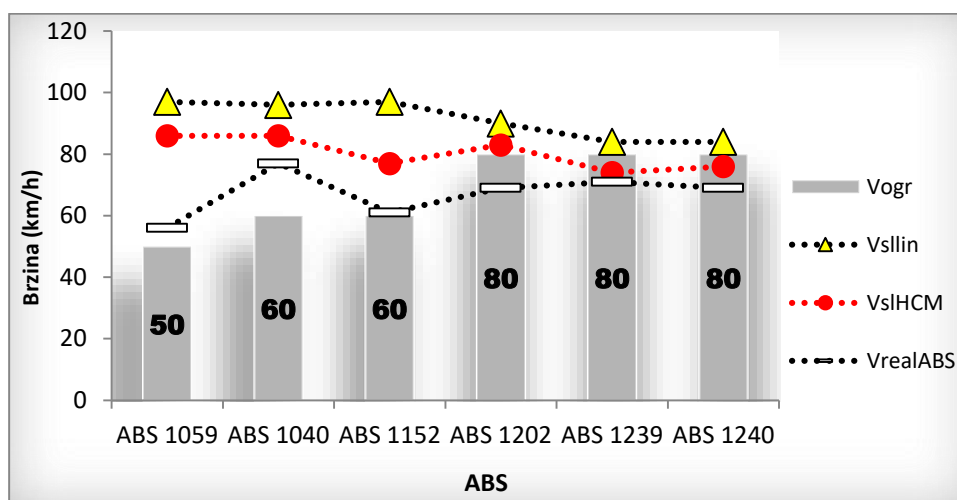
sistemu, istraživanje je sprovedeno po sunčanim danima, s obzirom na činjenicu da loši vremenski uslovi mogu uticati na rad i preciznost rada GPS sistema.

U poslednjem koraku, nakon izvršenog prikupljanja i analize podataka, pristupljeno je sinteznoj analizi podataka na osnovu koje su identifikovani faktori koji utiču na brzine, a zatim i utvrđeni uzroci i posledice koji imaju uticaj na efikasnost i bezbednost saobraćaja.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

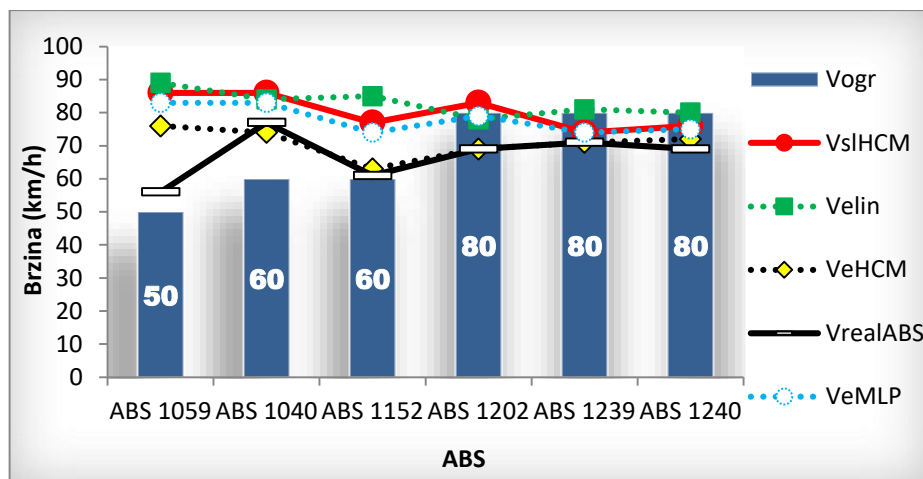
Sprovedeno temeljno istraživanje brzina na mikro nivou, odnosno duž homogenih odseka predmetnih deonica (1000 m levo i desno od ABS-a) kao i na makro nivou (duž deonica koje su predmet analize) rezultiralo je analizom i sintezom dobijenih rezultata koji su predstavljeni u okviru ovog poglavlja.

3.1. REZULTATI ISTRAŽIVANJA NA MIKRO NIVOU



Dijagram 1. Odnos slobodnih, ograničenih i realnih eksploatacionih brzina očitanih sa ABS-a

Sa osnovnim ciljem sagledavanja uticaja ograničenih brzina na stvarne brzine koje se realizuju u saobraćajnom toku, pristupljeno je poređenju slobodnih brzina dobijenih putem Linearnog postupka i postupka HCM₂₀₀₀ sa realnim brzinama očitanim sa ABS-a. Posmatrajući dijagram 1 uočava se da su dobijene značajne razlike između slobodnih brzina izračunatih na osnovu dva postupka. S obzirom da postupak HCM₂₀₀₀ pored tehničko – eksploatacionih karakteristika, protoka vozila, strukture saobraćajnog toka, vremenske neravnomernosti i faktora vršnog sata, uključuje i uticaj kontrole pristupa (broj pristupnih tačaka po 1 km deonice) i procenat zabrane preticanja, ovaj postupak se smatra podobnijim za primenu u lokalnim uslovima. Sa dijagrama 1 se vidi da je na pojedinim homogenim odsecima evidentirana velika razlika između slobodne i ograničene brzine koja dostiže vrednost i do 47 km/h (Linearni postupak) odnosno 36 km/h (HCM postupak). Ovakvi rezultati ukazuju na činjenicu da je ograničenje brzine rigorozno, odnosno nije usklađeno sa tehničko – eksploatacionim karakteristikama puta, već je u funkciji bezbednosti saobraćaja ili je prilagođeno karakteristikama okruženja (namena lokalnog zemljišta, prilagođenje puta potrebama naselja). Dakle, definisana ograničenja brzina koja su rigorozna, imaju značajan negativan uticaj na efikasnost u saobraćajnom toku, što se može videti i sa dijagrama 1, realne eksploatacione brzine su znatno niže od proračunatih slobodnih brzina. Sa druge strane na homogenim odsecima na kojim važi opšte ograničenje brzine od 80 km/h, uočljiva je veća usaglašenost svih brzina koje su predmet analize (dijagram 1).

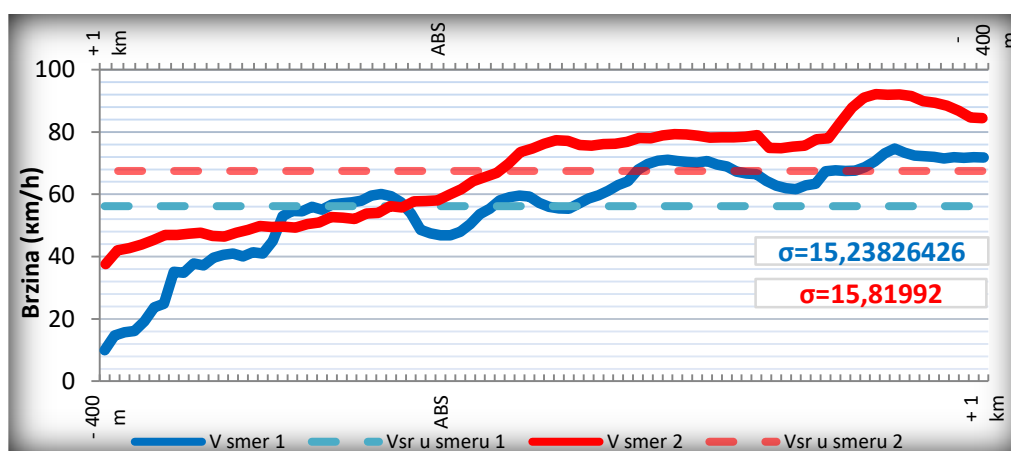


Dijagram 2. Odnos slobodnih (po linearnom modelu i po HCM-u), eksploatacionih brzina (po linearnom modelu, po HCM-u, modifikovanom modelu autora - „MLP“ i realnih eksploatacionih brzina sa ABS-a) i ograničenih brzina

Analizirajući podatke sa dijagrama 2 uočava se da je duž prva tri analizirana homogena odseka na kojima važe ograničenja od 50 i 60 km/h, izračunata vrednost V_{sl} na osnovu postupka HCM 2000 znatno veća od ograničenja. Na preostala tri homogena odseka na kojima važi opšte ograničenje brzine od 80 km/h, dobijene vrednosti slobodne brzine su približno slične ograničenim. Takođe, sa dijagrama 2 se uočava da su realne brzine sa ABS-a niže od dobijenih vrednosti za eksploatacione brzine po Linearnom postupku, HCM-u 2000 i modifikovanom linearnom modelu autora - „MLP“, pri čemu proračun brzina po HCM-u 2000 daje najpribližnije rezultate realnim brzinama. Sumirani rezultati za svih šest analiziranih homogenih odseka ukazuju na činjenicu da se duž prva tri homogena odseka javlja problem sa kredibilitetom ograničenja, zbog značajne razlike između slobodne i ograničene brzine kao i zbog činjenice da su realne brzine sa ABS-a niže od dobijenih vrednosti za eksploatacione brzine primenom modela. Naime, iz razloga što neadekvatno ograničenje brzine na pojedinim lokacijama kod korisnika saobraćajnog sistema može izazvati suprotnu reakciju, koja se vremenom ogleda u nepoštovanju tih ograničenja, a kasnije i u nepoštovanju ostalih, pravilno definisanih ograničenja brzine i drugih normi. S obzirom da se kredibilno ograničenje definiše kao brzina koja je u skladu sa percepcijom vozača uslovljenom putnim i saobraćajnim uslovima, za pomenute odseke se postavlja pitanje kredibiliteta postojećeg ograničenja brzine.

Kako bi se dodatno ispitali i verifikovali uslovi u saobraćajnom toku, odnosno kako bi se utvrdili osnovni razlozi zbog kojih dolazi do debalansa između analiziranih brzina, sprovedeno je terensko istraživanje. Sprovedeno terensko istraživanje omogućilo je analizu brzina saobraćajnog toka na celom homogenom uticajnom odseku sa ABS-a, kao i duž analiziranih deonica (srednja prostorna brzina).

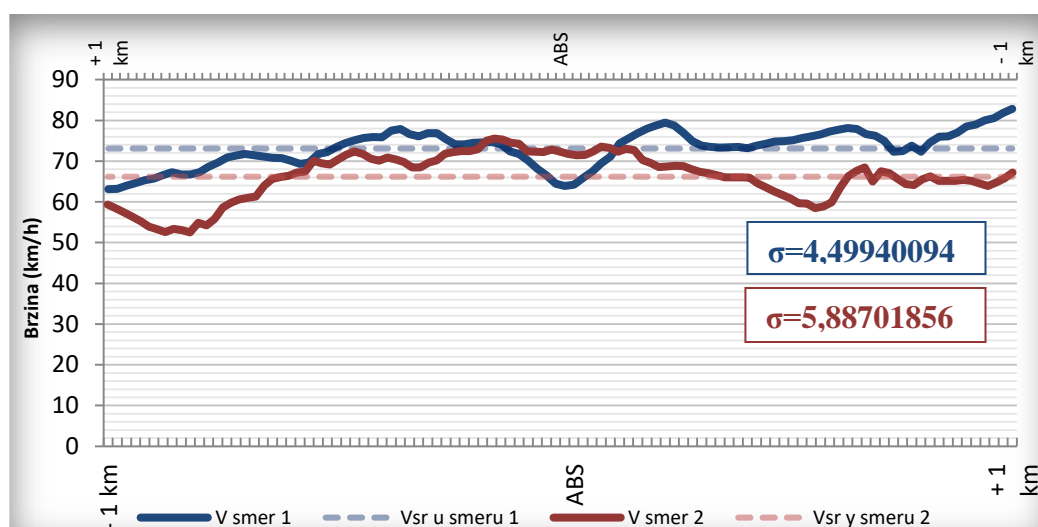
Kao primer prethodno navedenih analiza, prikazani su rezultati za neke od najkarakterističnijih deonica.



Dijagram 3. Profil brzine za zonu ABS-a na deoni Mataruška Banja – Ušće (20.4.2019. u 12:49 i 15:30)

Na dijagramu 3 grafički su prikazani rezultati istraživanja sprovedenog 20.4.2019. god. Sa prethodnog dijagrama se vidi da su profili brzine za oba smera skoro identični, iako je u drugom smeru zabeležena nešto

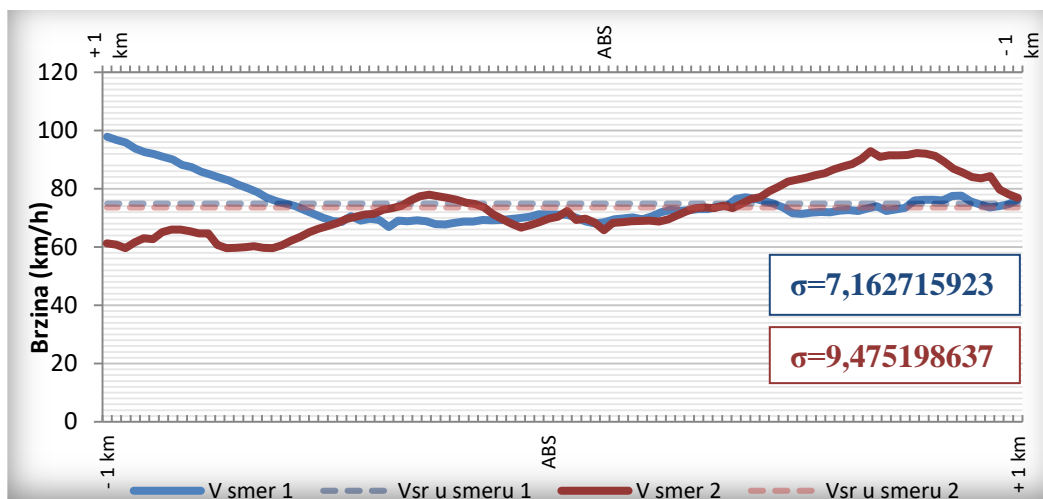
manja vrednost brzina. Posmatranjem slike uočava se da je na početku odseka znatno niža brzina od ograničene brzine od 50 km/h. Razlog ove razlike je činjenica da se putni pravac na početku odseka ukršta sa skretanjem za Matarušku Banju, pa upravo zbog prisustva levog skretanja vozači su u pojedinim slučajevima prinuđeni da redukuju svoju brzinu kako bi omogućili drugim vozačima da se na bezbedan način uključe u saobraćajni tok. Sa dijagrama 3 se takođe uočava rastući trend brzine, koja je na pojedinim lokacijama znatno veća u odnosu na ograničenu brzinu. Ovakav trend se javlja iz razloga što putni i saobraćajni uslovi na ovom delu mrežu omogućavaju kretanje većim brzinama od dozvoljenih. Zapravo, na ovom homogenom odseku se dogodila haotična urbanizacija duž puta, odnosno formirano je naselje bez sprovedene kontrole pristupa kao i bez strategije izgradnje obilaznice, što je dovelo do pojave problema vezanih za efikasnost i bezbednost saobraćaja. Sa osnovnim ciljem rešavanja problema bezbednosti saobraćaja višedecenijska praksa je bila da se limitiranjem brzina ovaj problem reši. Međutim, pošto je put projektovan za brzinu od 80 km/h, a brzina je limitirana na 50 km/h, ova mera je doprinela snižavanju eksploatacione brzine u saobraćajnom toku, kao i velikom procentu nepoštovanja ograničene brzine od strane vozača (70,22%). Dobijena srednja prostorna brzina u smeru 1 od 56 km/h je identična sa dobijenim vrednostima $V_{realABS}$ (56 km/h) i slična kao vrednost za V_{HCM} (62 km/h), dok je u smeru 2 dobijena nešto veća vrednost srednje prostorne brzine (67 km/h). Zbog zabeležene velike disperzije brzine dobijene su velike vrednosti standardnog odstupanja za oba smera (oko 15).



Dijagram 4. Profil brzine za zonu ABS-a na deonici Ušće – Bare (10.11.2018 u 11:01h i 11:26h)

Na dijagramu 4 grafički je prikazan profil brzina za homogeni odsek u zoni ABS-a na deonici Ušće – Bare. Rezultati istraživanja sprovedenog 10.11.2018. god. pokazuju da su brzine na većini mesta značajno iznad ograničene brzine od 60 km/h, što potvrđuje podatak da 81,03 % vozača ne poštuje propisano ograničenje brzine (2016 god.). U oba smera dobijena srednja prostorna brzina je iznad ograničene brzine, u smeru 1 iznosi 73 km/h, dok je u smeru 2 nešto niža (66 km/h). U smeru 1 je dobijena skoro identična vrednost srednje prostorne brzine sa $V_{realABS}$ (76 km/h) i V_{HCM} (74 km/h), dok je u smeru 2 vrednost srednje prostorne brzine nešto manja u odnosu na $V_{realABS}$ (76 km/h) i V_{HCM} (74 km/h). Sa dijagrama 4 se vidi da je usled manje disperzije brzina za oba smera, zabeležena i niska vrednost standardnog odstupanja.

Na dijagramu 5 predstavljeni su rezultati istraživanja sprovedenog 20.4.2019. god. pod povoljnim vremenskim i saobraćajnim uslovima. Sa dijagrama 5 se uočava da su profili brzine za oba smera na središnjem delu dijagrama skoro identični, što nije slučaj i sa profilima brzine na početku i kraju homogenog odseka. Do naglog rasta brzine je došlo usled preticanja vozila koje se kretalo ispred vozila kojim je sprovedeno terensko istraživanje. Posmatrajući prethodni dijagram, uočava se da je na većini mesta, u oba smera brzina veća od dozvoljene brzine duž homogenog odseka. Izračunata vrednost srednje prostorne brzine za oba smera je skoro identična, za smer 1 iznosi 75 km/h dok za smer 2 iznosi 74 km/h. Dobijeni rezultati su u skladu sa podatkom da u zoni ABS-a većina vozača (55%) ne poštuje ograničenu brzinu (2016. god.). Međutim, izračunata vrednost brzine po postupku HCM (63 km/h) i dobijena vrednost od 61 km/h za $V_{realABS}$ -a su znatno niže od dobijenih vrednosti za srednje prostorne brzine u oba smera. Nešto veće vrednosti standardnog odstupanja za oba smera su dobijena usled naglih oscilacija u fazi preticanja (dijagram 5)



Dijagram 5. Profil brzine za zonu ABS-a na deonici Čačak (Guča) – Pakovraće (Markovica) (20.4.2019. u 9:16h i 11:33h)

U tabeli 1. je prikazano prekoračenje brzine i razlika između slobodne brzine proračunate po postupku HCM 2000 i ograničene brzine u zonama ABS-a (1 km pre i posle). Iz tabele 1 se vidi da na prvoj deonici u zoni automatskog brojača (1059) ograničena brzina iznosi 50 km/h u oba smera, a proračunom je utvrđena razlika između slobodne i ograničene brzine od 36 km/h. Dobijeni rezultati ukazuju na to da putni i saobraćajni uslovi koji vladaju na deonici dozvoljavaju da se vozila kreću većim brzinama od dozvoljenih, što potvrđuje podatak da 70,29%, vozača ne poštuje propisano ograničenje brzine, pri čemu je dominantna klasa vozača koja vozi brzinama koje su preko 10 km/h veće od dozvoljene (55,01%). Na sledećoj analiziranoj deonici, u okviru zone automatskog brojača saobraćaja 1040 zabeležen je procenat prekoračenja (84,13%) ograničene brzine od 60 km/h, pri čemu je uravnotežena preraspodela prekoračenja po klasama, a razlika između slobodne i ograničene brzine iznosi 26 km/h. Rezultati sprovedene analize ukazuju da ograničena brzina ne prati tehničko – eksploatacione karakteristike puta, pa vozači samovoljno, ili pod uticajem drugih učesnika u saobraćajnom toku odlučuju da voze brzinama većim od ograničene. U zoni ABS-a 1152, postavljenog na deonici Čačak (Guča) – Pakovraće (Markovica), zabeležena je razlika između slobodne i ograničene brzine od 17 km/h, a iz tabele 1 se vidi da najveći broj vozača od ukupnog procenta vozača koji ne poštuju ograničenje (55%), prekoračuje brzinu do 10 km/h (68,14%). Grupa vozača koja prekoračuje ograničenje do 10 km/h spada u grupu na koju je moguće uticati određenim merama prinude, tako da treba raditi na primeni mera (pre svega policijske kontrole), kako bi ova grupa počela da poštuje postojeća ograničenja. Na deonici Pakovraće (Markovica) – Kratovska Stena, u zoni ABS-a 1202, razlika između slobodne i ograničene brzine iznosi 3 km/h a procenat vozača koji ne poštuju ograničenje iznosi 17,56% što je znatno manje nego na prethodnim analiziranim deonicama. U zonama poslednja dva analizirana ABS-a, dobijena je negativna razlika između slobodne i ograničene brzine, ali i pored ove činjenice i dalje postoje vozači koji ne poštuju propisano ograničenje brzine od 80 km/h, a među njima je najviše onih koji voze brzinama koje su do 10 km/h veće od ograničenih.

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.

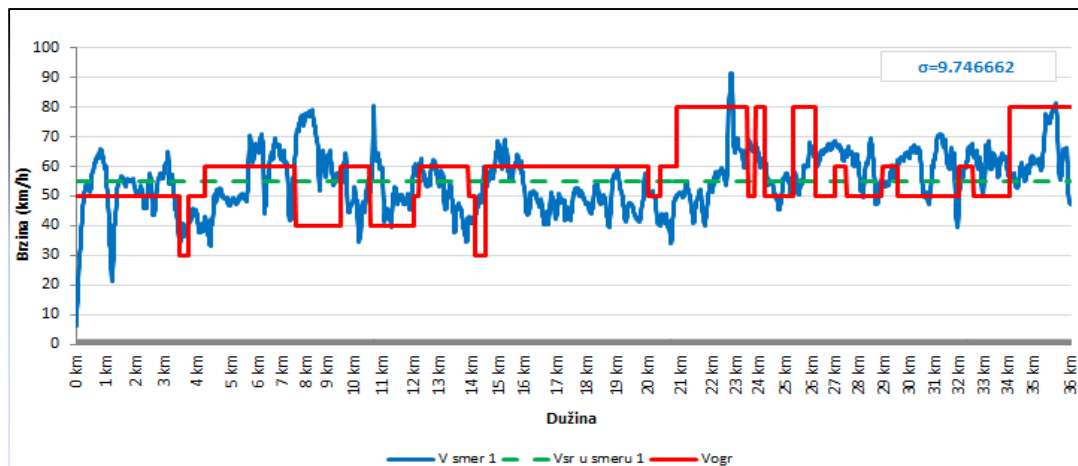
Tabela 1. Uporedna analiza između prekoračenja ograničene brzine i razlike između slobodne brzine dobijene po postupku HCM 2000 i ograničene brzine, u zonama ABS-a

ID ABS	Vogr	$\Delta(Vs_{HCM} - Vogr)$ (km/h)	Prekoračenje (%)				
			Poštuje	Prekoračuje	0-10 (km/h)	10-20 (km/h)	>20 (km/h)
1059 (Konarevo)	50	36	29,71	70,29	55,01	32,12	12,68
1040 (Ušće)	60	26	18,97	81,03	32,67	30,81	36,52
1152 (Pridvorica)	60	17	45,00	55,00	68,14	19,98	11,88
1202 (Međuvršje)	80	3	82,44	17,56	65,27	23,40	11,33
1239 (Uzovnica)	80	-6	71,03	28,97	56,97	27,03	15,99
1240 (Lonjin)	80	-4	77,50	22,50	60,31	25,64	14,05

3.2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA NA MAKRO NIVOU

Sa osnovnim ciljem utvrđivanja srednje prostorne brzine za celu deonicu i procenta dužine deonice na kom vozači ne poštuju ograničenu brzinu, sprovedene su prostorne analize. Prostorne analize su sprovedene za svaku deonicu po dva puta, po smerovima, sa ciljem dobijanja pouzdanijih rezultata. Kao primer prethodno navedenih analiza prikazani su rezultati istraživanja na deonici Mali Zvornik – Gračanica.

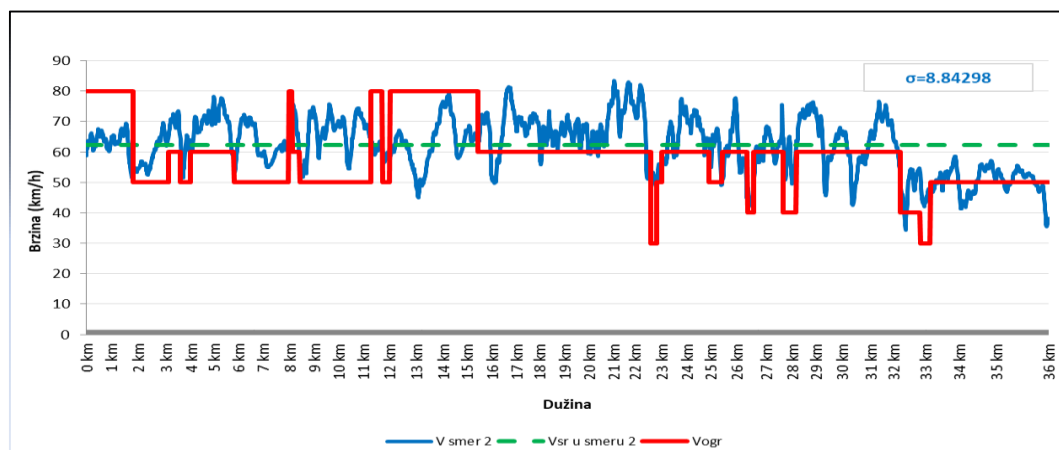
Smer 1



Dijagram 6. Profil brzine na deonici Mali Zvornik – Gračanica u smeru 1 (11.11.2018. god. u 10:52h)

Na dijagramu 6 je predstavljen profil brzina za smer 1 na deonici Mali Zvornik – Gračanica. Posmatrajući dijagram 6 uočava se značajna oscilacija brzina, naročito na levoj strani dijagrama. Razlog disperzije brzina je prolazak putnog pravca kroz naselje Mali Zvornik, pa je zbog prisustva zone škole, pešaka, biciklističkog saobraćaja, ali i odsustva kontrole pristupa, neophodna redukcija brzine na pojedinim mestima. S obzirom na značajne oscilacije u brzini, dobijena je i veća vrednost standardnog odstupanja. Izračunata vrednost srednje prostorne brzine iznosi 55 km/h. Na 49,41% dužine deonice Mali Zvornik – Gračanica zabeleženo je prekoračenje brzine u smeru 1. Od ukupnog procenta prekoračenja, najčešće je prekoračena ograničena brzina od 50 km/h (65,17%), zatim pri brzini od 60 km/h (17,42%), zatim 40 km/h (11,24%), dok je najmanji procenat prekoračenja od 2,25% zabeležen pri ograničenju od 80 km/h.

Smer 2



Dijagram 7. Profil brzine na deonici Mali Zvornik – Gračanica u smeru 2 (11.11.2018. god. u 12:02)

Na dijagramu 7 je predstavljen profil brzina u smeru 2 na deonici Mali Zvornik – Gračanica. Kao i u smeru 1, sa dijagrama 7 se vide oscilacije brzina koje su posledica uticaja radijusa horizontalnih krivina, prolaska putnog pravca kroz naselje Mali Zvornik, odsustva kontrole pristupa, kao i uticaja teretnih vozila u saobraćajnom toku. S obzirom na tu činjenicu izračunata vrednost standardnog odstupanja iznosi 8.84298. Srednja prostorna brzina iznosi 62 km/h a na 69,11% dužine deonice zabeleženo je prekoračenje brzine. Od ukupnog procenta prekoračenja, najveći procenat prekoračenja (60,24%) je zabeležen pri ograničenju od 60 km/h,

zatim pri ograničenju od 50 km/h (26,5%), dok su mnogo manji procenti prekoračenja zabeleženi pri ograničenim brzinama od 30, 40 i 80 km/h.

Podaci po smerovima dobijeni na osnovu sprovedenih istraživanja omogućili su dolaženje do sveobuhvatnih podataka o prostornom nepoštovanju ograničene brzine duž posmatranih deonica. U tabelama 2., 3. i 4 su prikazani sumirani podaci o prekoračenju brzine na 3 poteza dolinskih trasa puteva na kojima je rađeno istraživanje.

Tabela 2. Analiza prostornog prekoračenja brzine na deonici Mali Zvornik – Gračanica (11.11.2018.god.)

Mali Zvornik – Gračanica	Prekoračenje (% dužine)						
	Poštuje %	Prekoračuje %	>80 km/h	>60 km/h	>50 km/h	>40 km/h	>30 km/h
Smer 1	50,59	49,41	2,25	17,42	65,17	11,24	3,93
Smer 2	30,89	69,11	5,22	60,24	26,50	5,02	3,01
Ukupno	40,74	59,26	3,74	38,83	45,83	8,13	3,47

Tabela 3. Analiza prostornog prekoračenja brzine na deonici Mataruška Banja – Ušće (20.4.2019..god)

Mataruška Banja – Ušće	Prekoračenje (% dužine)						
	Poštuje %	Prekoračuje %	>80 km/h	>60 km/h	>50 km/h	>40 km/h	>30 km/h
Smer 1	35,19	64,81	0	61,51	27,81	9,42	1,25
Smer 2	39,65	60,35	4,00	63,25	18,49	14,25	0
Ukupno	37,42	62,58	2,00	62,38	23,15	11,84	0,62

Tabela 4. Analiza prostornog prekoračenja brzine na deonici Čačak (Guča) – Pakovraće (Markovica) (20.4.2019.god)

Čačak (Guča) – Pakovraće (Markovica)	Prekoračenje (% dužine)						
	Poštuje %	Prekoračuje %	>80 km/h	>70 km/h	>60 km/h	>50 km/h	
Smer 1	82,41	17,59	4,27	57,26	14,53	23,93	
Smer 2	73,68	26,32	0	21,71	69,71	8,57	
Ukupno	78,0	22,0	2,16	39,47	42,12	16,25	

Iz tabela 2, 3 i 4 se vidi da je dobijen rezultat za deonice Mali Zvornik – Gračanica i Mataruška Banja – Ušće da je ograničenje nekredibilno, pošto se javlja problem sa prekoračenjem. Sa druge strane, dobijeni rezultati za deonicu Čačak (Guča) – Pakovraće (Markovica) su zadovoljavajući.

4. ZAKLJUČAK

Sprovedeno terensko istraživanje na mikro nivou (1000 metara ispred i iza ABS-a) i makro nivou (duž deonice) na deonicama vangradskih dvotračnih dolinskih puteva omogućilo je utvrđivanje zakonitosti promene srednje prostorne brzine. Takođe, kompletna analiza brzina duž homogenih odseka (u zoni ABS-a) na šest predmetnih deonica, omogućila je utvrđivanje mogućih faktora koji imaju uticaj na uslove u saobraćajnom toku. Dobijeni rezultati na mikro nivou (zona ABS-a) ukazuju da su na deonicama Mataruška Banja – Ušće, Ušće – Bare i Čačak (Guča) – Pakovraće (Markovica) duž homogenih odseka, slobodna, eksploataciona brzina po modelu, dobijene vrednosti srednjih prostornih brzina kao i realna prosečna brzina sa ABS-a znatno veće od ograničenja. Na ovim deonicama, u okviru zone ABS-a, su postavljena ograničenja u funkciji bezbednosti saobraćaja ili prilagođavanja puta potrebama naselja (deonica Mataruška Banja – Ušće). Međutim, ova mera negativno utiče na efikasnost saobraćajnog toka, pa iz tog razloga se realizuju mnogo manje brzine od onih koje putne karakteristike omogućavaju. Na svim homogenim odsecima koji su u fokusu rada, identifikovan je problem da je usled nižih vrednosti ograničenja, realna prosečna brzina u saobraćajnom toku znatno niža od proračunate vrednosti slobodne brzine. Kao posledica ove razlike, i ogromne razlike između slobodne i ograničene brzine, javlja se visok procenat prekoračenja. Duž homogenog odseka, na deonici Mataruška Banja – Ušće razlika između slobodne i ograničene brzine iznosi čak 47 km/h (Linarnin postupak), a razlika između slobodne i realne eksploatacione brzine sa ABS-a iznosi 41 km/h (Linearni postupak). Slični rezultati su dobijeni za homogene odseke na deonicama Ušće – Bare i Čačak (Guča) – Pakovraće (Markovica). Na preostala tri homogena odseka u zoni ABS-a, na deonicama Pakovraće (Markovica) – Kratovska Stena, Mali Zvornik – Gračanica i Gračanica – Ljubovija, na kojim važi opšte ograničenje brzine od 80 km/h, zabeležena je

i mnogo manja razlika između slobodne brzine i realne eksploatacione sa ABS-a, kao i slobodne brzine i ograničene brzine. Takođe, proračun eksploatacione brzine po modelu je dao rezultate koji su skoro identični podacima o realnim eksploatacionim brzinama sa ABS-a. Dobijene rezultate prati rezultat da na analiziranim deonicama ograničenu brzinu prekoračuje znatno manji procenat vozača, pri čemu je dominantna grupa vozača koja prekoračuje ograničenu brzinu do 10 km/h. Grupa vozača koja prekoračuje ograničenje do 10 km/h spada u grupu koja je pogodna da se prilagoditi sistemu upravljanja, odnosno na koju je moguće uticati određenim merama, tako da je potrebno raditi na sprovođenju mera (pre svega policijske kontrole, uvođenje video nadzora...), kako bi ova grupa vozača poštovala postojeća ograničenja. Rezultati analiza brzina na mikro nivou dovode do sledećih zaključaka:

- Kada je ograničenje brzine definisano u funkciji bezbednosti saobraćaja ili je prilagodjeno karakteristikama okruženja (namena lokalnog og zemljišta, prilagođavanje puta potrebama naselja) ali ne i tehničko – eksploatacionim karakteristikama i karakteristikama saobraćajnih tokova, javlja se veliki procenat prekoračenja ograničene brzine, a ujedno su prisutne velika disperzija brzine u saobraćajnom toku.
- Ukoliko je vrednost Δ (Vsl-Vogr) veća, veći je i procenat vozača koji ne poštuju ograničenje brzine, odnosno manji je procenat vozača koji se kreću brzinama koje su manje od ograničenih.

Sprovedeno terensko istraživanje duž deonica koje su u fokusu rada omogućilo je utvrđivanje srednje prostorne brzine u saobraćajnom toku za celu deonicu, procenta dužine deonice na kom vozači ne poštuju ograničenu brzinu i utvrđivanja ponašanja vozača pri različitim ograničenjima duž deonice. Rezultati prostornih analiza su pokazali da je najveći procenat prekoračenja brzine duž deonice zabeležen na putnim pravcima na kojim su češća ograničenja od 30, 40, 50 i 60 km/h (tabela 2, 3, 4). Duž svih analiziranih deonica koje su izrazito vangradske, na većini mesta ne važi opšte ograničenje od 80 km/h, iako duž deonica vladaju povoljni putni i saobraćajni uslovi koji dozvoljavaju da se vozila kreću brzinama koje su veće od limitiranih. Ograničena brzina je do sada uglavnom definisana u funkciji bezbednosti saobraćaja ili prilagođavanja puta nameni lokalnog zemljišta. Rezultati sprovedene prostorne analize pokazuju da je na deonicama gde karakteristike kolovoza i okruženja to dozvoljavaju, a gde veliki procenat vozača prekoračuje ograničenu brzinu, potrebno je sistemski rešiti problem neadekvatnih ograničenja i unaprediti homogenizaciju brzina u toku. Definisanje i postavljanje kredibilnih ograničenja bi pre svega dovelo do mnogo manjeg procenta prekoračenja limitiranih brzina, smanjila bi se disperzija brzina u saobraćajnom toku, povećao kapacitet deonice. Ova mera bi pored pozitivnog dejstva na efikasnost u saobraćajnom toku takođe doprinela i smanjenju rizika od nastanka saobraćajnih nezgoda, odnosno unaporedila bi se bezbednost saobraćaja.

4. LITERATURA

- SWOV (2012). Speed choice: the influence of man, vehicle, and road, Leidschendam,
- Brake Road Safety Charity. (2004). The Green Flag Report on Safe Driving 2004 Part two: Speed. Brake.
- 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.
- Gardner, D. J., & Rockwell, T. H. (1983). Two views of motorist behavior in rural freeway construction and maintenance zones: The driver
- 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.
- 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.
- 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.
- Kloeden, C. N., Ponte, G. & McLean, A. J. (2001). Travelling speed and the risk of crash involvement on rural roads. Report CR 204. Australian Transport Safety Bureau ATSB, Civic Square, ACT
- Solomon, D. (1964). Accidents on main rural highways related to speed, driver, and vehicle. Washington DC: US Department of Commerce, Bureau of Public Roads.