

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

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

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

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

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

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

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

1. UVOD

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

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

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

1.1. Povod i cilj istraživanja

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

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

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

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

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

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

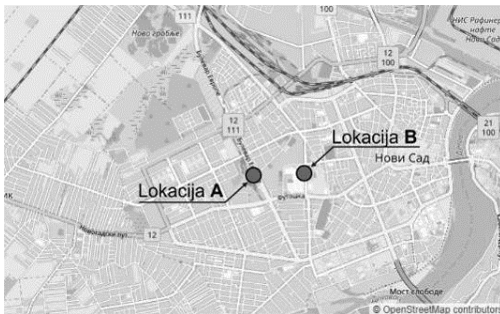
Za potrebe valorizovanja definisanih pretpostavki izvršeno je istraživanje u uslovima realnog saobraćajnog toka na dve karakteristične lokacije, odnosno prelaza biciklističke staze preko kolovoza (PBSK), u gradu Novom Sadu. Predmetnim istraživanjem utvrđena je prosečna brzina biciklističkog toka na:

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

Lokacija B: lokaciji PBSK koja je izvedena BEZ IVIČNJAKA.

2.1. Izbor lokacija i način merenja brzine

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



Slika 1: Položaj lokacija na uličnoj mreži grada Novog Sada



Slika 2: Prikaz referentnih linija prilikom obrade video snimka

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

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

2.2. Karakteristike prikupljenog uzorka

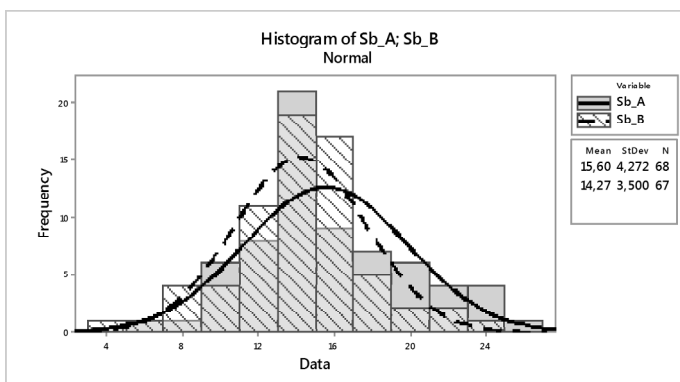
U okviru predmetnog istraživanja prikupljen je uzorak od ukupno 135 biciklista, od čega 68 na Lokaciji A i 67 na lokaciji B. Posmatrajući raspodelu učesnika prema polu na Lokaciji A 61,8% biciklista je muškog, a 38,2% ženskog pola, dok je na Lokaciji B ovaj odnos približno jednak i u procentima iznosi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

Tabela 1: Deskriptivni statistički parametri brzine

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

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

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



Grafik 1: Histogram brzina Sb_A i Sb_B

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

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

3. REZULTATI ANALIZE I DISKUSIJA

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

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

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

Tabela 2: Rezultati „Mann-Whitney“ testa

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

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

4. ZAKLJUČAK

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

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

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

ZAHVALNICA

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

LITERATURA

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

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

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

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

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

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

SUMMARY

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

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

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