

primljen: 19.08.2025.

korigovan: 25.10.2025.

prihvaćen: 11.11.2025.

Prethodno saopštenje

<https://doi.org/10.62683/NiP29.1>

METODOLOGIJA ZA PLANIRANJE POLOŽAJA BIKIKLISTIČKIH POVRŠINA NA MAGISTRALNIM GRADSKIM SAOBRAĆAJNICAMA

Dušan Kocić¹, Miloš Šešlija², Panta Krstić³

Rezime: U ovom radu prikazan je deo razvijenog algoritma za određivanje optimalnog položaja biciklističke infrastrukture unutar postojećeg poprečnog profila ulice. Analiza je usmerena na magistralne gradske saobraćajnice, a ulazni podaci obuhvataju geometrijske elemente situacionog plana, uzdužnog i poprečnog profila. Poseban akcenat stavlja se na ispitivanje elemenata poprečnog profila, na osnovu kojih se formira preliminarno rešenje pozicije biciklističke površine. Zatim, sledi detaljna provera svih geometrijskih karakteristika, uključujući horizontalnu i vertikalnu geometriju, uzimajući u obzir bezbednost i efikasnost biciklističkog saobraćaja u urbanim uslovima. Kada su svi kriterijumi ispunjeni, preliminarno rešenje se potvrđuje kao konačno. Primena ovog algoritma omogućava planski i sistematičan razvoj biciklističke mreže, doprinosi povećanju bezbednosti, povezanosti i pristupačnosti, te podstiče biciklizam kao održiv vid kretanja u gradovima.

Ključne reči: biciklističke površine, algoritam, održivi transport, gradske magistralne saobraćajnice

METHODOLOGY FOR PLANNING THE POSITION OF BICYCLE INFRASTRUCTURE ON MAIN CITY ROADS

Abstract: This paper presents a part of the developed algorithm for determining the optimal position of the bicycle infrastructure within the existing profile of the street. The analysis is focused on main city roads, and the input data includes geometric elements of the situational plan, longitudinal and transverse profile. Special emphasis is placed on the examination of cross-profile elements, on the basis of which a preliminary solution to the position of the bicycle surface is formed. Then, there is a detailed check of all geometric features, including horizontal and vertical geometry, taking into account the safety and efficiency of bicycle traffic in urban conditions. When all criteria are met, the preliminary decision is confirmed as final. The application of this algorithm enables the planned and systematic development of the bicycle network, contributes to increasing safety, connectivity and accessibility, and encourages cycling as a sustainable mode of movement in cities.

Key words: Bicycle Facilities, Algorithm, Sustainable Transport, Main City Roads

1 Civil engineer, assistant, Academy of Technical-Educational Vocational Studies - Civil Engineering, Serbia, dusan.kocic@akademijanis.edu.rs, 0009-0006-4886-0482

2 PhD, Associate Professor, Faculty of Technical Sciences - Department of Civil Engineering and Geodesy, Serbia, sele@uns.ac.rs, 0000-0002-8857-8952

3 Civil engineer, assistant, Faculty of Technical Sciences - Department of Civil Engineering and Geodesy, Serbia, panta.krstic@uns.ac.rs, 0000-0001-5519-391X

1 UVOD

Klimatske promene prouzrokovane intenzivnim korišćenjem motornih vozila koja koriste fosilna goriva za pogon, podstiču prelazak na održivije i ekološki prihvatljive načine kretanja. Biciklizam, kao pristupačan, zdrav i prihvatljiv oblik prevoza, predstavlja jedno od ključnih rešenja. Da bi se podstakla njegova upotreba, neophodno je razviti infrastrukturu koja je u potpunosti prilagođena potrebama biciklista i koja afirmiše biciklizam kao održiv vid transporta u gradskim sredinama [1].

Planiranje biciklističkih površina mora sagledati celokupnu saobraćajnu mrežu grada, sa dovoljno prostora za bezbedno kretanje i izbegavanje gužvi. Istraživanja pokazuju da biciklistička mreža treba da bude projektovana tako da omogućava direktne rute i smanji potrebu za obilaznim putevima, čime se poboljšava pristupačnost i efikasnost biciklističkog saobraćaja [2,3]. Primena metoda optimizacije i analiza podataka o kretanju biciklista može pomoći u identifikaciji kritičnih tačaka u mreži i usmeriti ulaganja ka oblastima gde je potreba za biciklističkom infrastrukturom najveća [4].

Efikasno projektovana mreža biciklističkih površina ne samo da podstiče veće korišćenje bicikala, već doprinosi i smanjenju saobraćajnih gužvi, smanjenju gasova staklene bašte i unapređenju kvaliteta urbanog prostora. Iako izgradnja biciklističkih površina zahteva relativno skromna ulaganja, ona troši dragoceni gradski prostor, pa je važno pažljivo proceniti njene efekte u odnosu na lokaciju, tip rešenja i očekivani obim korišćenja [5].

Mnogi gradovi i dalje imaju zanemarljivu infrastrukturu za bicikliste, jer je istorijski razvoj saobraćajne infrastrukture bio usmeren ka motornim vozilima, pa svega ka automobilima, što je dovelo do fragmentisanih i nepovezanih biciklističkih mreža [6]. Sistematske strategije, koje uključuju standardizovane tehničke smernice i međunarodna iskustva, ključne su za izgradnju kvalitetne mreže biciklističkih površina. U tom kontekstu, priručnici i vodiči poput NACTO Urban Bikeway Design Guide i tehničkih preporuka GIZ-a daju uputstva za izbor širina traka, tipova zaštite, uređenje raskrsnica i signalizaciju, čime se podiže kvalitet i bezbednost [5,6].

Tokom pandemije COVID-19, ograničeni kapaciteti javnog prevoza i potreba za fizičkim distanciranjem doveli su do naglog porasta broja biciklista u mnogim gradovima, što je istaklo potrebu za brzom reorganizacijom gradskih saobraćajnica.

Preraspodela prostora u korist aktivnog transporta ne bi trebalo da ostane privremena mera, već deo dugoročne strategije za održivu mobilnost, zasnovane na sveobuhvatnom planiranju i povezanoj mreži biciklističkih ruta [2,4].

2 OPŠTI POJMOVI

Savremeno planiranje i projektovanje saobraćajne infrastrukture zahteva jasno definisanje osnovnih pojmova kako bi se obezbedilo potpuno razumevanje daljih analiza i metodoloških pristupa. U ovom poglavlju predstavljene su ključne definicije i karakteristike elemenata urbanog saobraćajnog sistema.

2.1 GRADSKA PUTNA MREŽA

Gradska putna mreža ima ulogu da poveže različite delove grada i da omogućava efikasno pristupanje objektima i lokacijama koje se nalaze neposredno uz saobraćajnice [7]. Na osnovu ovih funkcija, putna mreža u urbanim sredinama deli se na dve osnovne kategorije:

- Primarnu (gradsku) putnu mrežu
- Sekundarnu (lokalnu) putnu mrežu.

Primarna putna mreža namenjena je saobraćajnom povezivanju, koje podrazumeva kretanje većeg broja vozila različitih vrsta i većim brzinama [7]. Saobraćajnice unutar primarne mreže služe za protočni saobraćaj motornih vozila i obuhvataju:

- Gradske autoputeve
- Glavne gradske magistrale
- Gradske magistrale
- Sabirne ulice.

U zavisnosti od kategorije gradskih saobraćajnica, date su vrednosti raspona regulacionih širina navedenih gradskih saobraćajnica [7]:

- Gradski autoputevi: od 20 do 30 m
- Glavne gradske magistrale: od 15 do 25 m
- Gradske magistrale: od 15 do 20 m
- Sabirne ulice: od 10 do 15 m.

2.2. GRADSKE MAGISTRALLE

Ovaj rad se bavi pozicioniranjem biciklističkih površina u okviru postojećeg profila gradske magistralne saobraćajnice. Gradske magistrale predstavljaju glavne saobraćajne pravce koji povezuju delove grada sa određenim centrima i zonama značajnih aktivnosti [7]. U okviru spoljne putne mreže,

često se nadovezuju na regionalne puteve. Projektovane su kao koridori visokog kapaciteta namenjeni prvenstveno javnom i individualnom putničkom saobraćaju. Povezivanje sa ostalim pravcima ulične mreže vrši se u istom građevinskom nivou, uz obaveznu primenu saobraćajne signalizacije [7].

Tipičan poprečni profil gradskih magistrala obuhvata dve vozne trake po smeru. One mogu biti izvedene sa ivčnom izgradnjom, gde se građevinska linija poklapa sa regulacionom. Kretanje biciklista i/ili pešaka organizuje se unutar regulacione širine, uz prateće zaštitne elemente [7].

2.3 BIKIKLISTIČKA INFRASTRUKTURA

Biciklistička infrastruktura obuhvata skup fizičkih, tehničkih i organizacionih elemenata koji omogućavaju sigurno, efikasno i kontinuirano kretanje biciklista u urbanom i vangradskom prostoru. Ona obuhvata biciklističke staze, trake, prelaze, parking za bicikle, signalizaciju i prateći sadržaj, a njen cilj je unapređenje uslova za vožnju bicikla, povećanje bezbednosti i podsticanje održivih vidova transporta. U kontekstu savremenog urbanog planiranja, biciklistička infrastruktura predstavlja ključnu komponentu integrisanog transportnog sistema, jer doprinosi smanjenju saobraćajnog zagušenja, emisije štetnih gasova i poboljšanju kvaliteta života u gradovima. U ovom radu pod pojmom biciklističke infrastrukture biće obuhvaćene biciklističke staze, biciklističke trake i mešoviti profil.

Biciklistička staza je deo saobraćajne površine namenjen kretanju bicikala i mopeda, fizički odvojen od kolovoza ili izveden na različitom nivou [8]. U

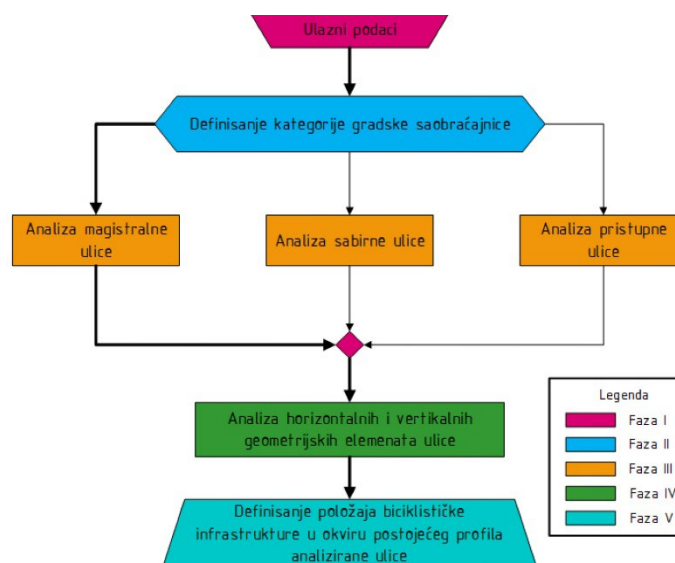
naseljenim mestima odvajanje se najčešće postiže ivičnjakom, dok se van naselja koristi čelična zaštitna ograda. Širina slobodnog profila jednosmerne biciklističke staze može biti u rasponu od 0,6 do 0,8 metara, a širina dvosmerne od 1,2 do 1,6 metara.

Biciklistička traka predstavlja označen uzdužni pojas na kolovozu namenjen kretanju bicikala i mopeda [8]. Nije izdignuta u odnosu na kolovoz, a radi povećanja bezbednosti često se njena površina obeležava crvenom bojom. Širina slobodnog profila jednosmerne biciklističke trake iznosi 1,25 metara, dok širina slobodnog profila dvosmerne biciklističke trake iznosi 1,60 metara [7].

Model bicikliste na kolovozu podrazumeva zajedničko kretanje bicikala i motornih vozila, uz propisanu saobraćajnu signalizaciju [8]. Primena ovog rešenja u urbanim sredinama preporučuje se kada nema prostora za izgradnju zasebne biciklističke infrastrukture, kao i na saobraćajnicama sa manjim intenzitetom motornog saobraćaja. Širina slobodnog profila, ovog tipa biciklističkih površina iznosi 1,00 metara [7]. Potrebno je naglasiti da smer kretanja bicikala prati smer kretanja vozila.

3 ANALIZA MAGISTRALNIH SAOBRAĆAJNICA

U ovom radu biće opisana analiza magistralnih saobraćajnica primenom razvijenog algoritma za definisanje položaja biciklističkih površina na postojećim gradskim saobraćajnicama [10]. Na slici 1 prikazan je shematski prikaz svih faza algoritma i naznačen je tok analize magistralnih saobraćajnica.



Slika 1 – Šematski prikaz algoritma za definisanje položaja biciklističkih površina na postojećim gradskim saobraćajnicama

Prva faza algoritma predstavlja unos neophodnih podataka za efikasan rad algoritma. Pomenuti podaci su:

- Kategorija gradske saobraćajnice,
- Geometrijski elementi situacionog plana,
- Geometrijski elementi uzdužnog profila,
- Geometrijski elementi poprečnog profila.

Nakon unosa navedenih podataka, počinje druga faza. U ovoj fazi se određuje tip gradske saobraćajnice. S obzirom na to da je u ovom radu reč o analizi magistralnih saobraćajnica, sledi opis treće faze.

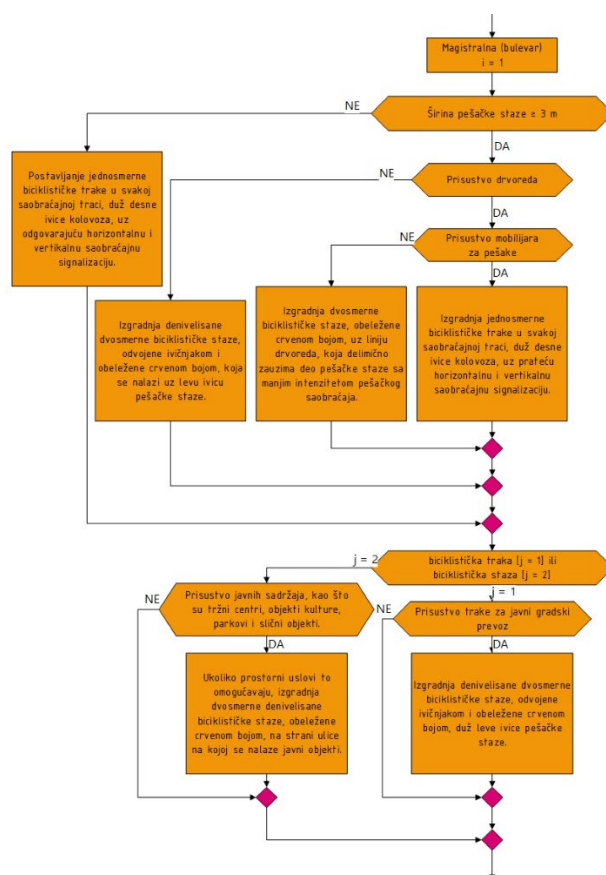
Prvi korak treće faze predstavlja analizu širine pešačke staze. Ukoliko je širina pešačke staze manja od 3 metra, algoritam predlaže preliminarno rešenje koje podrazumeva postavljanje jednosmerne biciklističke trake u svakoj kolovoznoj traci, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. U suprotnom, algoritam dalje analizira postojanje drvoreda. Ako ovaj uslov nije ispunjen, algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, na delu pešačke staze, obojene crvenom bojom. Ukoliko je pomenuti uslov ispunjen, sledi upit koji proverava da li postoji mobilijar za pešake. Ako je odgovor ovog upita pozitivan, algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake u

svakoj kolovoznoj traci, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. U suprotnom, predlaže se postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke trake, obojene crvenom bojom, na delu pešačke staze.

Na osnovu svih opisanih upita i parametara, algoritam usvaja preliminarno rešenje, koje se dalje analizira u trećoj fazi.

Sledeći upit proverava da li je predloženo rešenje biciklistička staza ili traka. Radi efikasnijeg rada uvedena je promenljiva j . Ukoliko je u pitanju biciklistička traka ($j = 1$) sledi upit koji proverava da li postoji traka za javni gradski prevoz. Ako je odgovor ovog upita pozitivan, predlaže se postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze obojene crvenom bojom, na delu pešačke staze.

Međutim, ako je predloženo rešenje biciklistička staza ($j = 2$), sledi upit koji proverava da li postoje javni objekti, ka kojima ljudi gravitiraju (tržni centri, objekti kulture, parkovi itd.). Ukoliko je odgovor ovog upita pozitivan, algoritam predlaže, postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze sa one strane ulice gde se nalaze javni objekti. Ovaj predlog nije obavezujući ukoliko nema dovoljno prostora. Ovim korakom je završena treća faza algoritma koja je prikazana na slici 2.



Slika 2 – Prikaz analize magistralne saobraćajnice [10]

Nakon usvajanja preliminarnog rešenja, algoritam nastavlja dalju analizu horizontalne i vertikalne geometriju magistralne saobraćajnice, što predstavlja i početak četvrte faze. Na samom početku ove faze unose se dodatni podaci, a to su računski brzina, broj horizontalnih krivina (n), broj vertikalnih krivina (m), broj preloma nivele (t). Zatim, algoritam ulazi u repeat-until petlju u kojoj proverava pojedinačno svaki radijus horizontalnih krivina magistralne saobraćajnice sa minimalnom vrednošću. Na početku ove petlje postavljaju se brojači p i q . Početna vrednost ovih brojača je 0. Brojač p predstavlja broj horizontalnih krivina čiji je poluprečnik manji od minimalnog, a brojač q predstavlja broj iteracija petlje. Ovi brojači su primenjeni radi eliminisanja mogućnosti pojave beskonačne petlje.

Zatim sledi upit koji proverava da li je broj iteracija manji od dvostrukog broja horizontalnih krivina. Ukoliko nije, algoritam predlaže detaljnu analizu projekta saobraćaja, saobraćajnice i povratak na početak analize. U ovom slučaju, analiza bi se okončala. U suprotnom brojač q povećava svoju vrednost za 1 i algoritam u narednom koraku računa minimalnu vrednost poluprečnika horizontalne krivine, prema formuli [11]:

$$R_{min} = 0,238 \cdot V_r + 0,41 \quad (1)$$

Potom, algoritam ulazi u for petlju u kojoj upoređuje vrednost svakog poluprečnika krivine sa ranije sračunatom minimalnom vrednošću. Ukoliko postoji poluprečnik horizontalne krivine koji ima manju vrednost od minimalne, vrednost brojača p se povećava za 1, čime se repeat-until petlja završava.

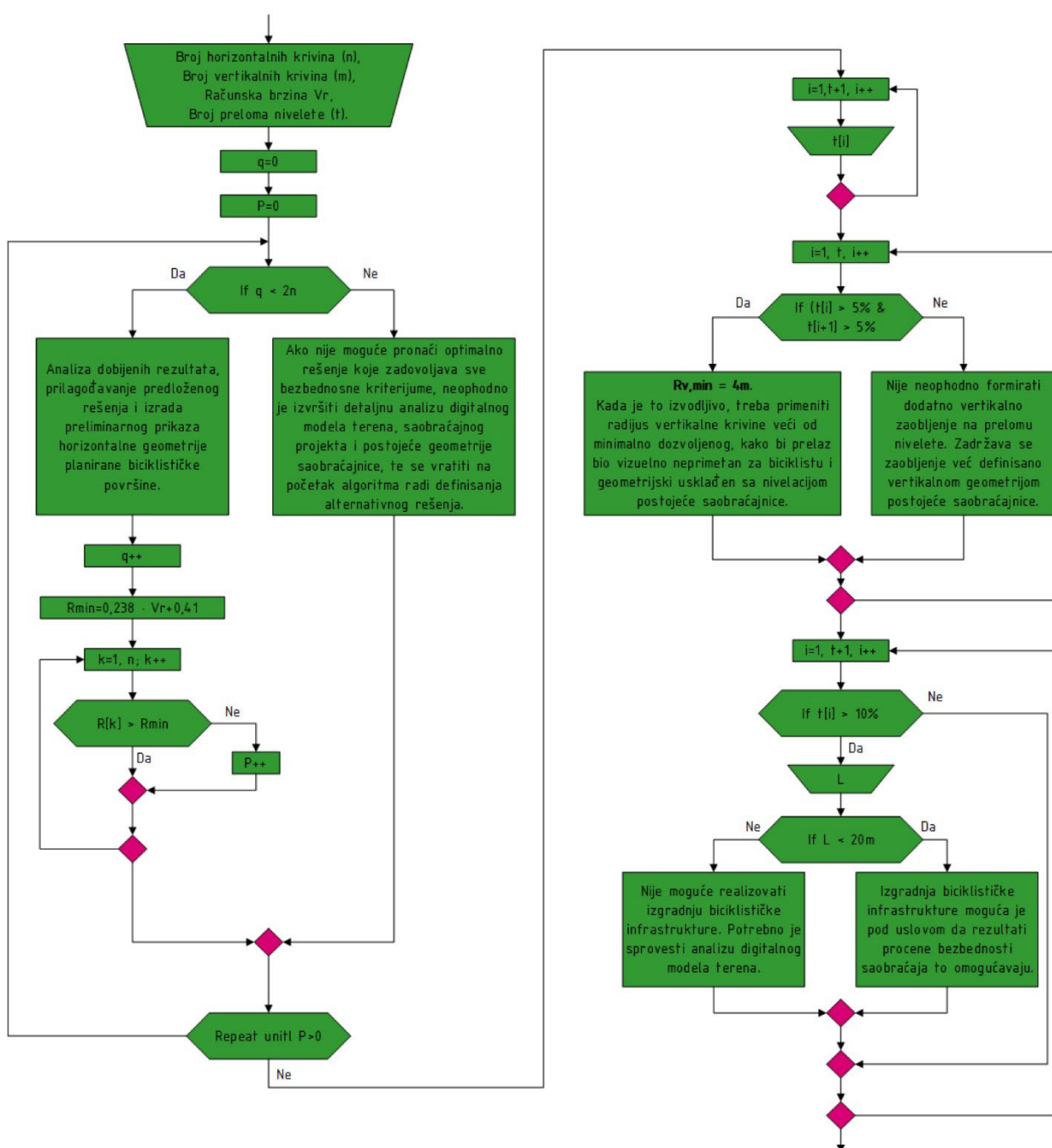
Zatim, potrebno je uneti vrednosti podužnih nagiba nivele magistralne saobraćajnice. S obzirom na to da

niveleta može imati značajan broj tačka preloma, u vertikalnoj ravni, algoritam formira niz elemenata gde svaki element predstavlja vrednost jednog podužnog nagiba. Vrednosti se unose u smeru rasta stacionaže. Za formiranje ovog niza i unos njegovih elemenata algoritam primenjuje for petlju.

Nakon unosa niza, sledi naredna for petlja u okviru koje je upit koji ispituje da li su dva uzastopna nagiba nivele veća od 5%. Ukoliko je uslov ispunjen, algoritam predlaže da radijus vertikalne krivine ne bude manji od minimalne vrednosti, a to je 4 metra. U suprotnom, nije potrebno vršiti bilo kakva dodatna vertikalna zaobljenja nivele.

Primenom nove for petlje algoritam opet prolazi kroz ranije formirani niz. U okviru ove petlje nalazi se upit koji analizira da li postoji podužni nagib čija je vrednost veća od 10%. Ovaj upit je postavljen iz uslova gradske vožnje bicikala. Ako uslov nije ispunjen, analiza je završena. U suprotnom, unosi se dužina deonice koja je u nagibu čija je vrednost veća od 10%. Potom se narednim upitom ispituje da li je dužina deonice manja od 20 metara. Ukoliko nije, algoritam zaključuje da nije moguće izvesti predloženo rešenje. Međutim, ako je dužina predmetne deonice manja od 20 metara, algoritam usvaja preliminarno rešenje kao konačno, čime se završava kompletna analiza. Na slici 3 prikazan je tok četvrte faze algoritma.

Neophodno je napomenuti koja su ograničenja predstavljenog algoritma. Naime, opisani algoritam predviđen je za analizu gradskih magistralnih saobraćajnica gradova srednjih veličina, do 250 000 stanovnika. Nije predviđen za analizu biciklističkog saobraćaja u raskrsnicama i za analizu saobraćajnica po kojima se odvija šinski saobraćaj, u vidu javnog gradskog prevoza.



Slika 3 – Prikaz četvarte faze algoritma [10]

4 ZAKLJUČAK

U radu je predstavljena metodologija za planiranje položaja biciklističkih površina na magistralnim gradskim saobraćajnicama, zasnovana na primeni razvijenog algoritma. Algoritam omogućava detaljnu analizu postojećeg stanja kroz procenu geometrijskih karakteristika situacionog plana, uzdužnog i poprečnog

profila. Rezultati primene algoritma pokazuju da ovakav pristup omogućava optimalno korišćenje postojećeg prostora, uz očuvanje funkcionalnosti drugih elemenata u urbanom okruženju. Kriterijumi za izbor rešenja formulisani su tako da obezbede visoku bezbednost, kontinuitet i efikasnost biciklističkog saobraćaja. Kombinovanjem analize horizontalne i vertikalne geometrije u proces verifikacije predloga preliminarne rešenja postiže se dodatna sigurnost i pouzdanost. Standardizacija procesa planiranja

doprinosi doslednoj primeni tehničkih smernica i olakšava donošenje odluka prilikom planiranja. Takođe, potencijalnom budućom modifikacijom algoritma moguće je analizirati sabirne i pristupne ulice. Zbog specifičnosti svake kategorije gradskih saobraćajnica, algoritam bi dobio zasebne module koji bi se bavili posebnom analizom unetih vrednosti. Za ovakvu analizu neophodno bi bilo prilagoditi kriterijume geometrijskih i saobraćajnih parametara pomenutih gradskih saobraćajnica.

Primena algoritma u ranoj fazi projektovanja smanjuje rizik od skupih rekonstrukcija i naknadnih intervencija.

Dugoročno, ovakav pristup doprinosi racionalnijem korišćenju resursa i većoj efikasnosti ulaganja u biciklističku infrastrukturu. Na taj način se ostvaruju ciljevi unapređenja kvaliteta života, smanjenja emisije štetnih gasova i smanjenja saobraćajnog zagušenja.

LITERATURA

- [1] Chou Kuan-Yeh, Paulsen Mads, Nielsen Otto Anker, Anders FjendboJensen: **Analysis of cycling accessibility using detour ratios – A large-scale study based on crowdsourced GPS data**. Sustain Cities Soc, vol. 93, p. 104500, June 2023, doi:10.1016/j.scs.2023.104500
- [2] Lonardi Alessandro, Szell Michael, De Bacco Caterina: **Cohesive urban bicycle infrastructure design through optimal transport routing in multilayer networks**. J R Soc Interface, vol. 22, no. 223, Feb. 2025, doi: 10.1098/rsif.2024.0532.
- [3] Schwarz Lucs, Keler Andreas, Krisp Jukka M.: **Improving urban bicycle infrastructure-an exploratory study based on the effects from the COVID-19 Lockdown**. Journal of Urban Mobility, vol. 2, p. 100013, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.urbmob.2022.100013.
- [4] Knight Alexandra, Charlton Samuel G.: **Protected and unprotected cycle lanes' effects on cyclists' behaviour**. Accid Anal Prev, vol. 171, p. 106668, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.aap.2022.106668.
- [5] GIZ: **Technical guideline for bicycle infrastructure design in urban area**. Bonn: (GIZ) GmbH, 2015.
- [6] National Association of City Transportation Officials (NACTO): **Urban Bikeway Design Guide**. 2nd ed. Washington DC: Island Press, 2014.
- [7] Maletin Mihailo, Anđus Vojo, Katanić Jovan: **Tehnička uputstva za projektovanje deonice primarne gradske putne mreže (PGS-PM07)**. Beograd, 2007.
- [8] **Biciklističke površine, Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji**. Beograd, 2012.
- [9] Niskogradnja: **Zbirka propisa sa kompletnim jugoslovenskim standardima**. vol. 1. Beograd: Građevinska knjiga, 1988.
- [10] Kocić Dušan, Šešlija Miloš, Krstić Panta, Stojković Nenad: **Algorithm for defining bicycle infrastructures on existing city roads**. Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, vol. 77, no. 05, pp. 485–502, Jun. 2025, doi: 10.14256/JCE.4225.2024.
- [11] Direkcija Cesta Federacije BiH Sarajevo, Javno Preduzeće Putevi Republike Srpske Banja Luka: **Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima - knjiga I**. vol. 1. 2005.

