

Nivo usluge kao kvalitativni kriterijum uslova za nemotorizovane korisnike

MARKO Z. VUKOJEVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd
ORCID: 0009-0004-8109-4949

VLADAN J. TUBIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-9915-412X

VLADIMIR D. ĐORIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0003-4482-0038

Stručni rad
UDC: 656.18
DOI: 10.5937/tehnika2504442V

Nemotorizovani vidovi kretanja predstavljaju jedan od glavnih oslonaca u dostizanju održivog saobraćajnog sistema, i zarad promovisanja i unapređenja uslova za ove vidove kretanja osnovni uslov je kvalitetna infrastrukturna ponuda. Pregledom svetske literature identifikovano je da metodologije ocene održivosti saobraćaja u gradovima ne uzimaju na adekvatan način uslove za nemotorizovane korisnike, posebno sa aspekta uslova u saobraćajnom toku i ponude infrastrukture. U radu je predstavljen razvoj metodologije za ocenjivanje uslova za nemotorizovane korisnike zasnovan na priručnicima HCM 2010 i Multimodal Quality/Level of Service Handbook (2023). Predloženi metodološki okvir predstavlja pojednostavljenu proceduru koja ima za cilj da kroz kriterijum Nivoa usluge kvantitativno oceni uslove za nemotorizovane korisnike, odnosno kvalitet postojeće infrastrukture za potrebe pešaka i biciklista.

Ključne reči: održiva mobilnost, indikatori mobilnosti, nemotorizovani korisnici, Nivo usluge

1. UVOD

Nemotorizovani vidovi kretanja imaju važnu ulogu u razvoju održive urbane mobilnosti čineći gradove pristupačnijim, bezbednijim, inkluzivnijim i zelenijim [1]. Pored koristi koje pružaju za mobilnost u gradskim sredinama u vidu smanjenja saobraćajnih zagušenja i ostalih proisteklih posledica [1], nemotorizovani vidovi kretanja, kao ekonomski najracionalniji i najpristupačniji vidovi, omogućavaju i sasvim jednostavan pristup edukaciji, poslovima, prodavnicama i zdravstvenim ustanovama [2], što se uklapa u generalne ciljeve održivog razvoja [3]. Da bi se dostigli navedeni ciljevi u gradovima, odnosno zarad unapređenja stanja nemotorizovanih vidova potrebno je pre svega obezbediti adekvatnu infrastrukturu za efikasno i bezbedno kretanje ovih tipova korisnika.

Kako je razvijeno niz metodologija u cilju kvantifikovanja stanja održivosti u gradovima, evidentno je iz pregleda literature da brojne metodologije nisu uopšte uzele u obzir nemotorizovane vidove kretanja, ili pojedine ne makar na adekvatan način.

Prema tome, uočena je potreba za kvantitativnim prikazom kvaliteta infrastrukture, što se u literaturi uglavnom ističe pod kriterijumom Nivoa usluge. Pošto se kriterijum Nivoa usluge koristi sa dosta različitih aspekata u literaturi potrebno je naglasiti da se u okviru rada parametar odnosi na ocenu uslova nemotorizovanih korisnika sa aspekta parametara saobraćajnog toka i infrastrukturnih karakteristika.

U okviru rada je razvijen metodološki okvir uz poseban osvrt na „HCM 2010“ priručnik i metodologije koje su u znatnoj meri uticale na razvoj pomenutog priručnika, posebno „Multimodal Quality/Level of Service Handbook“ (2023). Kao izlaz, definisana i predložena metodologija ujedno služi i kao jedinstven indikator nemotorizovanih vidova kretanja u kasnijoj sveobuhvatnoj oceni održivosti jednog grada. Prema tome, konačni metodološki okvir je ocena stanja nemotorizovanih korisnika koja već na početku ima

Adresa autora: Marko Vukojević, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305

e-mail: marmil9905@gmail.com

Rad primljen: 12.06.2024.

Rad prihvaćen: 23.07.2025.

određena ograničenja u analizi, što će sve biti naglašeno u nastavku rada.

2. ZNAČAJ I KARAKTERISTIKE NEMOTORIZOVANIH KORISNIKA

Prilagođavanje grada saobraćaju kroz izgradnju novih saobraćajnih kapaciteta je uzrok brojnih problema: stvaranje zagušenja na saobraćajnoj mreži, zagađenje životne sredine zbog emisija ugljen-dioksida i drugih štetnih materija, zauzimanje zemljišnih površina, zagađenje zemljišta i vode, stvaranje vibracija i buke, potrošnja energije i drugih prirodnih resursa koji se koriste za proizvodnju vozila i infrastrukture, kao i sve ostalo što za posledicu ima narušavanje čovekovog fizičkog i psihičkog zdravlja [4]. S obzirom da je konstantna izgradnja novih kapaciteta uticala na opadanje kvaliteta života u gradovima na navedene načine, postalo je jasno da se nova rešenja moraju pronaći u održivom razvoju koji uključuje održivu mobilnost kao ključni faktor.

Jedan od glavnih ciljeva održive urbane mobilnosti predstavlja maksimiziranje efikasnosti gradskog saobraćajnog sistema na način kojim se destimuliše upotreba privatnih vozila [5] i promovišu ekološki prihvatljiviji i zdraviji vidovi kretanja, pre svega nemotorizovana kretanja. Biciklizam i pešačenje kao glavni nosioci nemotorizovanih kretanja, trenutno imaju veoma važnu saobraćajnu ulogu u urbanim sredinama jer predstavljaju najodrživije, najpouzdanije i troškovno najefikasnije vidove kretanja. Pogodni su za mnoga putovanja koja se uobičajeno realizuju automobilima, posebno u centralnim zonama gradova, pri čemu se emisija štetnih gasova i uticaj na saobraćajna zagušenja svode na minimum. Nemotorizovani vidovi saobraćaja obezbeđuju najlakši pristup aktivnostima u prostoru, naročito u gusto naseljenim područjima. Pored toga, zauzimaju mnogo manje prostora u gradu nego drugi vidovi prevoza [6]. Pešačenje i biciklizam se sve više prepoznaju kao funkcionalni načini za realizaciju putovanja na kratkim i srednje dugim relacijama, koje uglavnom karakterišu gradove. Na primer, mnoga putovanja automobilom realizuju se na relacijama kraćim od 10 kilometara, a te relacije se u mnogim unutrašnjim gradskim zonama mogu biciklom preći za slično vreme, u vršnim časovima, kao automobilom [7].

Kako su pešački i biciklistički tokovi karakteristični skoro isključivo za gradske sredine, znači da ovakve tokove karakterišu uslovi prekinutih saobraćajnih tokova. Nemotorizovani tokovi podrazumevaju konstantna i učestala ometanja [8] usled prisustva različitih tipova raskrsnica (svetlosnih signala, kružnih raskrsnica i signalizacije za ustupanje prvenstva prolaza). Osnovni uzroci prekinutih saobraćajnih tokova su: interakcije vozila, geometrijske karakteristike

saobraćajnice, sistemi za regulisanje i upravljanje saobraćajem i učestalost pristupnih tačaka duž saobraćajnice. Karakteristike nemotorizovanih tokova zavise i od ostalih pitanja poput strukture korisnika u pogledu pola i starosti korisnika, kretanja u platonu i kretanju sa (manjim) teretom. Prema svemu navedenom, fokus rada je upravo na infrastrukturnim površinama gde je prisutan tip prekinutih saobraćajnih tokova. S obzirom da je tema rada ocena uslova na mreži saobraćajnica, detaljnije analize poput strukture korisnika, pola, nošenje tereta, ili čak pitanje korisnika sa specijalnim potrebama (slepi, invalidi, i ostali korisnici) nisu predmet rada. Pitanje pristupačnosti osobama sa posebnim potrebama je važno pitanje u dostizanju inkluzije i održivosti grada, ali upravo iz tog razloga se ostavlja prostor za neku sledeću analizu da se posveti upravo ovom pitanju.

3. PREGLED LITERATURE

U stranoj literaturi postoje različiti pristupi u analizi nemotorizovanih korisnika u okviru metodologije ocene održivosti. Generalno za uslove nemotorizovanih vidova kretanja i za razvoj naprednih sistema biciklizma poput „Bikesharinga“ i sl., ključ je saobraćajna ponuda, odnosno saobraćajna infrastruktura. Pojedine metodologije su prepoznale ulogu infrastrukture u oceni stanja nemotorizovanih kretanja [9], [10], [11] i [12]. „SUMI“ [10] i metodologija preteča „SMP 2.0“ [11], ispituju uslove za nemotorizovano kretanje kao udeo infrastrukture namenjene nemotorizovanim vidovima kretanja (%) u ukupnoj mreži saobraćajnica, gde se za infrastrukturu nemotorizovanih korisnika ubrajaju trotoari, biciklističke trake i pešački prelazi. Frei, F. je u svom radu, „Sustainable mobility index“ (u nastavku: „SMI“) [12], upravo prepoznao značaj kvaliteta pešačke infrastrukture i ispituje širinu trotoara (gde se širina od 2.5 m smatra željenom širinom) i efektivnu širinu za pešačenje (gde je širina od 2.0 m željena širina za slobodan prolaz). Takođe, „SMI“ metodologija za pešake analizira i stanje horizontalne i vertikalne signalizacije, kao i svetlosne signale, dok pitanje biciklista analizira kao „dodatnu“ vrednost indeksu u slučaju postojanja biciklističkih traka u gradu. „ISUM“ metodologija [9] analizira nešto detaljnije biciklističku mrežu, u vidu dužine i povezanosti biciklističkih saobraćajnica. Još jedan od karakterističnih pristupa ocene infrastrukture nemotorizovanih korisnika je „Urban Mobility Readiness Index“ [13], koji ispituje postojanje „Car free“ zona, i smatra ih ključnim u gradskoj strukturi ka dostizanju održivosti.

Postoje metodološki okviri koji su u ocenjivanju stanja nemotorizovanih vidova kretanja pristupili proaktivno. Jedan od primera je „SUTI“ metodologija koja se dotakla pitanja nemotorizovanih korisnika kroz

osvrst transportne politike ka nemotorizovanim vidovima kretanja [14]. Pojedini autori su uslove za nemotorizovane korisnike istakli kroz indikatore karakteristika kretanja, npr. u vidu vidovne raspodele [14], [15], ili broja dnevnih kretanja peške ili biciklom [16]. Vrlo čest pristup je reaktivan, prikazivanje posledica u vidu indikatora bezbednosti saobraćaja i sigurnosti korisnika [17], [9], [10] i [11]. Kako su u svetu razvijeni sistemi poput „Bikesharinga“, pojedini indeksi održivosti sadrže indikator ocene „Bikesharinga“ sistema [18], [9], dok „ISUM“ metodologija ide korak dalje i pored toga prepoznaje problematiku parkirišta za bicikliste u gradovima [9].

Pregledom literature se uočava da se mali broj metodologija dotakao pitanja infrastrukture namenjene nemotorizovanim korisnicima sa aspekta uslova u saobraćajnom toku. Izuzetak je „SMI“ metodologija [12], u kojoj su ispitivane karakteristike pešačke infrastrukture, stvarne širine i širine za neometano kretanje pešaka (u literaturi poznata kao efektivna širina).

4. NIVO I KVALITET USLUGE

NEMOTORIZOVANIH KORISNIKA

Koncept Nivoa usluge se prvi put spomenuo u prvoj verziji američkog priručnika „Highway Capacity Manual“ (u nastavku: HCM), 1965. godine [19]. Klasični pristup predstavlja ocenjivanje, odnosno klasifikovanje stanja na skali od A do F, gde je A najbolja ocena stanja, F najgora ocena. Ulice sa visokom ocenom Nivoa usluge obezbeđuju efikasnu i bezbednu infrastrukturu za korisnike, dok Nivo usluge F ističe da infrastruktura ne obezbeđuje ni minimalne koristi. Kao i ostale metodologije koje mere stanje na saobraćajnicama ni Nivo usluge ne može da prikaže celokupne performanse sistema [8]. Da postoje različiti pristupi u analizi Nivoa usluge na urbanim saobraćajnicama, sistematično su prikazali Bhuyan, P.K. i Nayak Sheshadri, M. u svom radu [19] gde ističu sledeće uobičajne tehnike: „Fuzzy set“ teorija; Veštačka neuronska mreža; Klaster analiza; Analiza nesigurnosti i pouzdanosti; Modeliranje; Simulacije; Kvalitet usluge.

U pojedinim specifičnim, sveobuhvatnim metodologijama se pominje termin Nivoa usluge ali sa malo drugačije tačke gledišta. Jedna specifična metodologija jeste „The global walkability index“ [20]. U indeksu se spominje termin Nivoa usluge kroz attribute bezbednosti, sigurnosti, kvaliteta podloge, pristupačnosti specifičnim korisnicima, ali i sa aspekta saobraćajnog toka gde jedna varijabla ocenjuje zagušenje pešaka na saobraćajnicama. Arellana, J. i ostali [21] su prilikom razvoja „Bikeability“ indeksa za različite tipove korisnika ujedno prikazali i studije koje su sa različitim pristupom ocenjivali pitanje komfora, bezbednosti, direktnosti i atraktivnosti za bicikliste. U

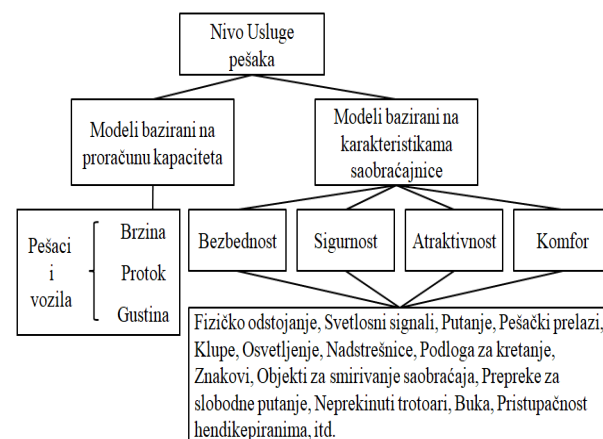
pregledu literature uočava se da je veliki broj autora koristio termin Nivo usluge u svojim studijama. Takođe, uočljivo je da su se pod tim terminom metodološki pristupi u manjoj meri dotakli karakteristika biciklističkih tokova ili infrastrukture u odnosu na neke druge pokazatelje, posebno za grupu studija koje su ispitivale bezbednost biciklista. Autori su upravo u svojoj metodologiji prepoznali značaj infrastrukture, načina regulisanja i karakteristika saobraćajnih tokova, što su koristili u ocenjivanju bezbednosti biciklista.

Za HCM 2000 verziju je uočen nedostatak percepcije korisnika, u narednim godinama je usvojen još jedan aspekt ocenjivanja, Kvalitet usluge. Kvalitet usluge predstavlja izjašnjavanje korisnika po pitanju stepena zadovoljstva i može biti meren na različite načine. Kvalitet usluge se može oceniti na bazi klasičnog anketiranja, posmatranjem (na terenu ili putem video snimaka) [8] ili istraživanjem na terenu [22] gde se angažuju istraživači koji putuju kroz definisane trase i izveštavaju o Nivou/Kvalitetu usluge na osnovu svoje percepcije.

Sledeća verzija, HCM 2010, prepoznaje značaj percepcije korisnika i u novom pristupu primenjuje termin Kvaliteta usluge prilikom ocene stanja nemotorizovanih korisnika i javnog prevoza. Kvalitet usluge se sadrži u novom metodološkom pristupu HCM-a, Multimodalna metodologija Nivoa usluge na gradskim saobraćajnicama. Multimodalna ocena predstavlja integrisani pristup analize „celih ulica“ gde se analiziraju 4 vida kretanja: putnički automobili (gde se ubrajaju i tokovi teških vozila), pešaci, biciklisti i vozila javnog prevoza [8].

4.1. Nivo/Kvalitet usluge za pešake

Asadi-Shekari, Z. i ostali [23] ističu da postoje dva uobičajna pristupa proceni Nivoa usluge pešaka (slika 1). Prvi podrazumeva model zasnovan na proračunu kapaciteta, i drugi na bazi karakteristika saobraćajnice. Brojne studije i pristupi su bazirani na kombinaciji ova dva pristupa.



Slika 1 – Pristupi oceni Nivoa usluga pešaka [23]

HCM 2000 [24] se prilikom ocene Nivoa usluge pešaka oslanja na proračun kapaciteta, protoka i brzina. Priručnik nudi metodologije za proračun Nivoa usluge na sledećim infrastrukturnim površinama: Trotoari - na bazi raspoloživog prostora; Deljene površine - na bazi broja preplitanja na sat; Raskrsnice - na bazi vremenskih gubitaka i Ulice - na bazi srednje brzine

pešačenja. Brojne studije su kritikovale HCM 2000 iz razloga što se analiza pešaka tretira kao analiza vozila [25]. Prema tome, sledeća verzija, HCM 2010, prilikom ocene pešaka obuhvata dosta prilagođen pristup, pošto se između ostalog oslanja i na percepciju samih korisnika (Kvalitet usluge) u metodologiji Multimodalnog pristupa.



Slika 2 – Karakteristike pešačkih saobraćajnica prema „LTS“ oceni [26]

Priručnik „Multimodal Quality/Level of Service Handbook“ [26] za procenu Kvaliteta usluge (putovanja) nemotorizovanih korisnika koristi tzv. Level of Traffic Stress (u nastavku: LTS). Pristup (predstavljena poslednja verzija iz 2023. godine) definiše 4 kategorije LTS-a, gde je na slici 2 predstavljen svaki sa kratkim objašnjenjem. U svojoj najnovijoj verziji priručnika za procenu LTS-a pešaka prepoznaje 6 varijabli Kvaliteta usluge: Prisustvo trotoara; Kontinuitet trotoara; Širina trotoara; Ograničena brzina; Bočno odstojanje pešaka od ostalih vozila i Prisustvo vertikalne zaštite.

4.2. Nivo/Kvalitet usluge za bicikliste

Nivo usluge biciklističkih korisnika je oduvek bio važan metod evaluacije koji je korišćen u svrhe planiranja biciklističke mreže, projektovanja, monitoringa, donošenja prioriteta i strategija [23]. HCM 2000

[24] na gradskoj mreži Nivo usluge računa za biciklističke trake (uslovi neprekinutih tokova) u vidu prosečne brzine biciklista, odnosno za raskrsnice (uslovi prekinutih tokova) u vidu vremenskih gubitaka. Iako je u HCM-u 2010 definisana i opcija kretanja biciklista na dvotračnim i višetračnim putevima, fokus rada je na urbanim saobraćajnicama. Kao i u slučaju pešačkih korisnika i kod biciklističkih korisnika u novijoj verziji HCMa (2010) uključena je ocena korisnika u Multimodalnu analizu na urbanim saobraćajnicama.

Prilikom utvrđivanja biciklističkog LTS-a, „Multimodal Quality/Level of Service Handbook“ [26] takođe ističe 4 moguća stanja na mreži (slika 3). Metodologija ispituje sledeće karakteristike: Tip biciklističke infrastrukture; Širinu biciklističke infrastrukture; Ograničena brzina; Odstojanje od ostalog saobraćaja i PGDS motorizovanih korisnika.



Slika 3 – Karakteristike biciklističkih saobraćajnica prema „LTS“ oceni [26]

5. PREDLOG METODOLOŠKOG OKVIRA

Predstavljena je metodologija za analizu nemotorizovanih korisnika na mreži sa aspekta uslova u saobraćajnom toku. Pristup je baziran na ispitivanju kako

postojeća infrastruktura opslužuje karakteristične saobraćajne tokove na bazi parametara saobraćajnog toka i karakteristika same infrastrukture, pa se prema slici 1 može zaključiti da je model kombinovanog tipa. Pošto se metodologija bazira na prethodno pomenutim

priručnicima HCM 2010 i „Multimodal Quality/Level of Service Handbook“, odnosno ispitivanju Nivoa/Kvaliteta usluge, u okviru rada će biti detaljniji osvrt na Multimodalni pristup ocene na gradskim saobraćajnicama. Pristup je korigovan u konačnom predlogu. Korigovanje metodologije je potrebno iz razloga što je u oceni održivosti grada dovoljno da se samo uoči da li postoji ili ne postoji problem na mreži.

U radu je napomenuto koji deo nije deo originalne metodologije i jednog i drugog priručnika, kako bi se u slučaju da je sa korigovanom metodologijom uočen problem, kasnije dublje analiziralo stanje na mreži, uočili konkretni uzročnici i kasnije definisale kontra mere. U svakom slučaju, HCM 2010 u oceni motorizovanih korisnika ističe da su metodologije iz priručnika pogodne za operativnu, projektnu i planersku (preliminarnu) analizu [8].

Predlog kombinovane metodologije se sastoji iz 4 dela. Prvi korak podrazumeva ispitivanje analiziranog grada gde bi se sa izlaznim podacima definisao drugi korak koji podrazumeva definisanje prostora i vremena istraživanja. Treći korak podrazumeva definisanje parametara, potrebnih ulaznih podataka i način dobijanja podataka. Četvrti korak predstavlja agregiranje pojedinačnih ocena u konačnu vrednost indikatora.

5.1. Analiza predmetnog grada

Jedan od principa održivosti jeste da model jednog grada ne može da se preslika na drugi. S tim, procena je da ne može da se usvoji jedinstven metodološki okvir koji bi se primenio na dva različita grada pod jednakim uslovima, izuzev po pitanju gradova „vršnjaka“. Pojam grada podrazumeva dosta veliki opseg različitih tipova urbanih sredina sa različitim karakteristikama, gde se pre svega ističe pitanje veličine grada. Prema tome, predlog je da se na početku svake analize ispitaju socio-ekonomske karakteristike grada koji je predmet analize, kako bi moglo da se pristupi narednim koracima.

Neke od važnih karakteristika veličine grada za ovu analizu su: br. stanovnika, gustina naseljenosti, površina, BDP, i dužina ulične mreže (npr. ukupan broj km gradskih saobraćajnica). Analiza konkretno omogućava analitičaru da definiše broj koridora/segmenata koji bi bili uvršteni u uzorak za analizu ulične mreže. Predlog je da minimalni uzorak bude 5 segmenata za neki izrazito manji grad, dok gornja granica može da bude dosta veća, i preko 15 koridora/segmenata sa različitim kategorijama saobraćajnica, ukoliko se radi o značajno većim gradovima. Izbor definisanog uzorka na mreži je na strani analitičara.

Prilikom ovog dela analize potrebno je ispitati i ostale karakteristike, kao npr. aspekt sezonske atrakcije. Ukoliko je grad turistička atrakcija u nekom delu

godine, potrebno je da se uoče neravnomernosti aktivnosti u toku godine da bi moglo da se definiše vreme istraživanja zarad dobijanja merodavnih podataka.

5.2. Definisanje prostora i vremena istraživanja

Paralelno sagledavanju potrebnog uzorka, broja koridora/segmenata koji će se uključiti u analizu, potrebno je i odlučiti da li će se predmet rada biti koridor (niz segmenata) ili sam segment dela ulične mreže. HCM 2010 [8] ovaj izbor ostavlja na samom analitičaru, da definiše prostor istraživanja i analize. Generalno prihvatljivost analize segmenta (ili čak individualne raskrsnice) jeste kada segment funkcioniše izolovano od narednog segmenta ili raskrsnice. Prethodno navedeno važi kada je najbliža sledeća signalisana raskrsnica dovoljno udaljena od posmatranog segmenta ili kada predmetna raskrsnica/segment nisu u koordinaciji sa narednom raskrsnicom.

Za konkretan prostor istraživanja predlog je da se uvrste što raznovrsnije zone i različite kategorije saobraćajnica (stambena, mešovita, poslovna), pre svega gde je karakteristična velika gustina aktivnosti. Kao pomoć ovom delu analize mogu poslužiti postojeći transportni modeli i ostali planski dokumenti.

Po pitanju kalendara istraživanja važno je prethodno analizirati neravnomernosti aktivnosti u toku godine, kako bi se pre svega eventualno uočilo da li je za grad karakteristično prisustvo sezonskih tokova.

Za konkretno vreme istraživanja u toku definisanog dana HCM 2010 [8] izlaže 3 moguća pristupa. Prvi pristup podrazumeva analizu samo 15-ominutnog intervala vršnog sata. Ostala dva podrazumevaju klasičnu analizu celog vršnog sata, gde se s jedne strane ne uključuje faktor vršnog sata i nailasci se posmatraju kao konstanta, dok se s druge strane uključuju intervali po 15 minuta, što svakako predstavlja reprezentativniji i precizniji pristup.

5.3. Definisanje potrebnih parametara i metoda

Nakon definisanja prostora i vremena istraživanja, potrebno je definisati konkretne parametre istraživanja i način (metod) na koji će se doći do potrebnih podataka. U okviru rada su predstavljene metodologije za segmente i koridore, kako za pešačke, tako i biciklističke tokove. Sistematičan prikaz svih potrebnih ulaznih podataka će biti predstavljen u tabeli 1.

Metodologije na koridoru su opcione, ukoliko je analitičar procenio da je na nekoj većoj gradskoj površini potrebno analizirati koridore umesto segmenata. Cilj predložene metodologije jeste ocena uslova multimodalne saobraćajnice, kojom se kreću i motorizovani korisnici. Pored toga, HCM 2010 pruža mogućnost ocene i ostalih, pojedinačnih tipova infrastrukture, poput: pešačkih staza, deljenih staza, i ekskluzivnih saobraćajnica za bicikliste.

Tabela 1. Potrebni ulazni podaci za pristup metodološkom okviru

Tip podatka	Podatak	Način dobijanja
ANALIZA PEŠAKA		
Podaci o saobraćaju	Protok pešaka	Transportni model grada (opterećenje mreže), saobraćajno istraživanje
	Ograničenje brzine u ulici	„Google street view“, propisi o ograničenjima u urbanim sredinama
	Vremenski gubici pešaka, NU na raskrsnicama	Transportni model grada, prethodni projekti, novi projekat (istraživanje na terenu + analitički postupak)
Geometrijski podaci o saobraćajnici	Poprečni profil saobraćajnice (širina trotoara, širina urbanog mobilijara i ostalih smetajućih objekata)	Istraživanje uz pomoć online karti, prethodni projekti, terensko istraživanje.
	Širina zaštitnih zona, prisustvo vertikalne zaštite (ograda)	Istraživanje uz pomoć online karti, prethodni projekti, terensko istraživanje.
	Dužina saobraćajnice (segmenta/koridora), Dužina pešačkih prelaza na raskrsnicama	Istraživanje uz pomoć online karti, prethodni projekti, terensko istraživanje.
ANALIZA BIKIKLISTA		
Podaci o saobraćaju	Protok biciklista	Transportni model grada (opterećenje mreže), saobraćajno istraživanje.
	Ograničenje brzine u ulici	„Google street view“, propisi o ograničenjima u urbanim sredinama.
	PGDS motorizovanih korisnika	Transportni model grada, prethodni projekti, novo istraživanje.
	Vremenski gubici biciklista, NU na raskrsnicama	Transportni model grada, prethodni projekti, novi projekat (istraživanje na terenu + analitički postupak).
Geometrijski podaci o saobraćajnici	Poprečni profil saobraćajnice (prisustvo biciklističke infrastrukture, širina infrastrukture, prisustvo i širina zaštitne zone, broj traka za motorizovane korisnike)	Istraživanje uz pomoć online karti, prethodni projekti, terensko istraživanje.
	Prisustvo parkiranja	„Google street view“, terensko istraživanje.
	Dužina posmatrane ulice i koridora, Dužina pešačkog/biciklističkog prelaza	Istraživanje uz pomoć online karti, prethodni projekti, terensko istraživanje.
Namena površina	Stambena/Radna	Transportni model grada, „Google street view“.

5.3.1. Metodologija Nivoa/Kvaliteta usluge pešaka na segmentima ulica

Prilikom ocene segmenta odvojeno se posmatraju obe strane ulice. Analiza obuhvata raskrsnicu koja je deo segmenta bilo ona signalisana, ili nesignalisana. Postupak podrazumeva sledeće korake:

- Usvajanje slobodne brzine pešačenja - generalno je zahtevana analiza starosne strukture. U okviru rada je po pitanju brzine usvojen „optimistički“ scenario, odnosno usvaja se mlađa struktura korisnika, slobodna brzina od 1.34 m/s.
- Utvrđivanje prosečnog prostora za pešačenje - Korak nije moguć ukoliko ne postoji trotoar. Rezultat ovog dela zavisi od efektivne širine trotoara, protoka pešaka i brzine pešačenja.
 - a) Proračun efektivne širine - Efektivna širina predstavlja širinu saobraćajnice koja omogućava neometano kretanje usled prepreka u

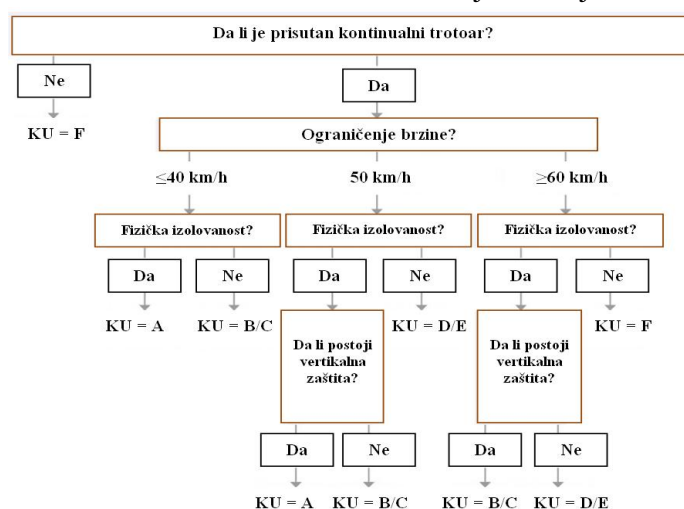
vidu fiksnih objekata na saobraćajnici i blizine ulice ili vertikalnih objekata na ivicama saobraćajnice.

- b) Proračun pešačkog toka prema jedinici širine - Protok pešaka na trotoaru se analitički svodi na protok prema jedinici efektivne širine trotoara.
 - c) Proračun prosečne brzine pešačenja - Formula izvedena preko odnosa protoka prema jedinici efektivne širine i slobodne brzine pešačenja.
 - d) Konačan proračun prostora za pešačenje ($\text{m}^2/\text{peš}$). – Odnos prosečne brzine pešačenja i inteziteta pešačkog toka prema jedinici širine.
- Utvrđivanje vremenskih gubitaka na raskrsnicama - Podaci su zahtevani kao ulazni.
 - Utvrđivanje brzine putovanja pešaka - Agregatni prikaz brzine duž segmenta, koji predstavlja vreme pešačenja duž segmenta zajedno sa

vremenskim gubicima na raskrsnici. Željena brzina iznosi (1.2 m/s), dok je manje željena brzina (0.6 m/s).

- Utvrđivanje Kvaliteta (Nivoa) usluge za pešake na raskrsnici – Uključeno u ulaznim podacima zajedno sa podacima o vremenskim gubicima, kako za slučaj signalisanih, tako i nesignalisanih raskrsnica.
- Utvrđivanje Kvaliteta za pešake na deonici – HCM 2010 metodologija ispituje KU kroz analitičko ispitivanje uticaja ostalih korisnika na pešake (biciklista, korisnika parkiranja, brzine i protoka motorizovanih korisnika, itd.). Kako bi se uprostila metodologija, ovaj korak će se osloniti na metodološki pristup „Multimodal Quality/Level

of Service Handbook“ (2023) [26], gde se KU na deonici ispituje kao KU trotoara (slika 4) u zavisnosti od prisustva kontinualnog trotoara (ukoliko ga nema KU je najniži, u ovom slučaju F). U zavisnosti od ograničenja brzine motorizovanih korisnika u nastavku na odgovor prisustva fizičke izolovanosti se definišu ocene. Fizička odvojenost podrazumeva prisustvo prostora između traka za motorizovani saobraćaj i trotoara, npr. biciklističke trake, ulični mobilijar, parking mesta, vertikalne zaštite (ograde),... Ukoliko je slučaj da je KU na slici B-C ili D-E, postavlja se dodatno pitanje, pitanje brzine putovanja (korak 4). Ukoliko je brzina putovanja pešaka bliža željenoj usvaja se viši KU, u suprotnom ako je bliža manje željenoj usvaja se manji KU.



Slika 4 – Utvrđivanje KU pešaka na segmentu [26]

- Utvrđivanje Kvaliteta usluge segmenta – Agregacija ocene Kvaliteta usluge na raskrsnicama i deonicama. Ideja je slična metodologiji HCMa 2010, gde se svakoj skali dodeljuje numerička vrednost. Najbolja ocena nosi ocenu 1 (KU = A), i tako respektivno do najgore ocene, ocene 6 što je Kvalitet usluge F. Važnost ocene na deonicama i raskrsnicama se tretira podjednako. Prema tome, konačna vrednost Kvaliteta usluge na segmentu se formira sabiranjem ocene na raskrsnici i deonici, pa na osnovu vrednosti iz tabele 2 se utvrđuje Kvalitet usluge na segmentu.
- Utvrđivanje Nivoa usluge na segmentu – Svrha transformacija ocena je imala za cilj da se oslonac na konačnu ocenu Nivoa usluge na segmentu (tabela 3) poklopi sa idejom ocenjivanja u metodologiji HCM 2010 koja objedinjuje ocenu Kvaliteta usluge iz koraka 7. i izračunat prostor za pešačenje iz koraka 2.

Tabela 2. Ocene KU na segmentu

KU segmenta	Ukupna ocena KU na raskrsnici i deonici
A	2
B	2-4
C	4-6
D	6-8
E	8-10
F	10-12

Tabela 3. Skala Nivoa usluge na segmentima

Ocena KU na segmentu	NU prema prosečnom prostoru za pešačenje (m ² peš)					
	od 5.6	do 5.6	do 3.7	do 2.2	do 1.4	0.74
2	A	B	C	D	E	F
2-4	B	B	C	D	E	F
4-6	C	C	C	D	E	F
6-8	D	D	D	D	E	F
8-10	E	E	E	E	E	F
10-12	F	F	F	F	F	F

Nakon definisanja Nivoa usluge za svaki smer segmenta (ulice), potrebno je dodeliti ocenu celo-

kupnom segmentu. Postupak agregiranja dve strane ulice važi i za bicikliste i za metodologije ocenjivanja na koridorima. Postoje 6 mogućih scenarija konačnih Nivoa usluge za svaki smer, i za svaki scenario je u nastavku objašnjen kriterijum dodeljivanja konačne ocene:

- Obe strane imaju istu ocenu (npr. $NU1=A$ i $NU2=A$) - prema tome NU segmenta je A,
- Ocene Nivoa usluge su susedne (npr. $NU1=A$ i $NU2=B$) – usvaja se niža ocena (HCM kriterijum), NU segmenta je B,
- Ocene Nivoa usluge se razlikuju za 2 stepena (npr. $NU1=A$ i $NU2=C$) – usvaja se srednja ocena, odnosno NU segmenta je B
- Ocene Nivoa usluge imaju 2 ocene između (npr. $NU1=A$ i $NU2=D$) – usvaja se niža ocena između, odnosno NU segmenta je C,
- Ocene Nivoa usluge jednog dela ulice je A, drugog E – usvaja se srednja ocena C i
- Jedna ili obe strane ulice ima Nivo usluge F – prema tome NU ulice je F.

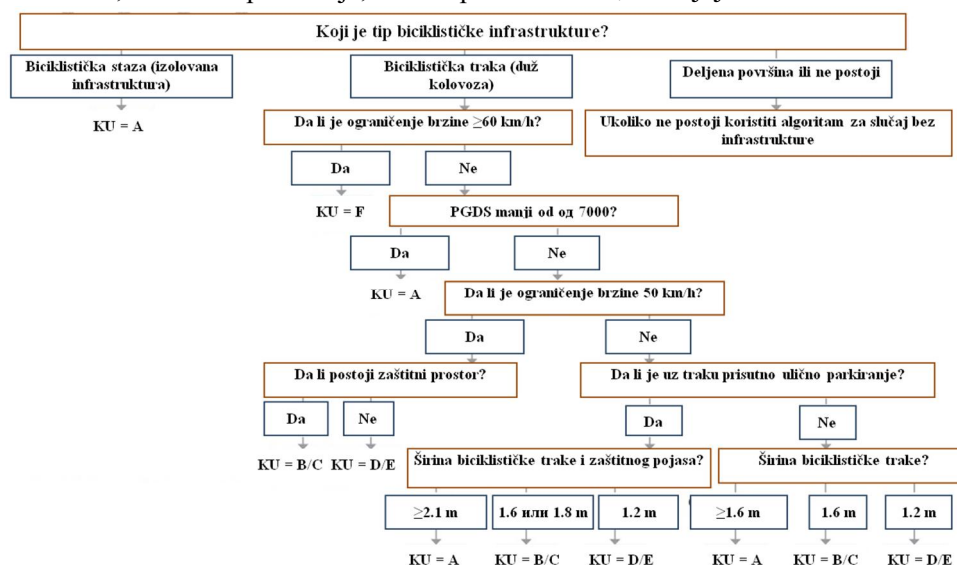
5.3.2. Metodologija Nivoa/Kvaliteta usluge biciklista na segmentima

Takođe, i u slučaju biciklista se analiziraju obe strane segmenta i originalna metodologija priručnika HCM 2010 je korigovana na sličan način. Važno je napomenuti da se za razliku od pešačkih korisnika u ovom delu razmatra i slučaj gde nema infrastrukture isključivo namenjene biciklističkim korisnicima. Koraci su sledeći:

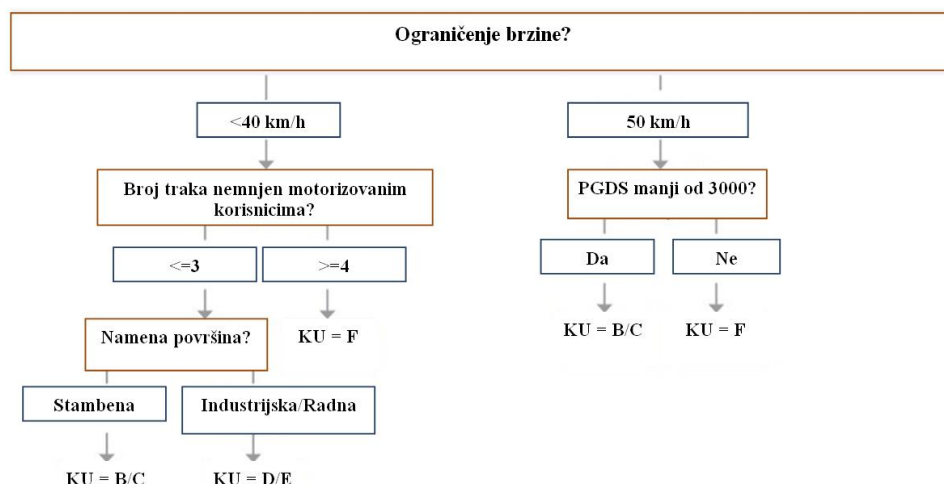
- Usvajanje prosečne (eksploatacione) brzine biciklista na deonici – Generalno postoji mnogo faktora koji utiču na ovaj parametar, pre svega uticaj ostalih korisnika [8], u vidu protoka motorizovanih korisnika, korisnika parkiranja, kao i tip

zone, u smislu da li je stambena ili komercijalna (industrijska/radna). Prema HCM 2010, usvojena je brzina od 24 km/h.

- Utvrđivanje vremenskih gubitaka na raskrsnici – ulazni podatak.
- Utvrđivanje brzine putovanja biciklista – analitički proračun odnosa cele dužine segmenta i zbir vremena za koje biciklista prosečnom brzinom prođe deonicu (korak 1) i vremena izgubljenog na raskrsnici (korak 2). Detaljniji postupak je dostupan u HCM 2010. Generalno željena brzina putovanja je (16 km/h), dok slučaj od (8 km/h), i manje je svakako nepoželjan i destimuliše korisnike.
- Utvrđivanje Nivoa usluge biciklista na raskrsnicama – ulazni podatak.
- Utvrđivanje Kvaliteta usluge biciklista na deonici – HCM 2010 analitički ispituje uticaj poprečnog preseka, motorizovanih korisnika (protok, brzina) i stanje kolovoza. I u slučaju biciklista ovaj korak će biti oslonjen na priručnik „Multimodal Quality/Level of Service Handbook“ (2023). Korak se deli na slučaj gde postoji posebna infrastruktura duž analizirane deonice namenjena biciklistima (slika 5) i gde ne postoji, odnosno biciklistički korisnici u tom slučaju dele kolovoz sa ostalim motorizovanim korisnicima (slika 6). Prema tome, KU biciklista na deonici u velikoj meri zavisi od motorizovanih korisnika (brzine i intenziteta saobraćaja), prisustva uličnog parkiranja, prisustva fizičke zaštite, namene površina i sl. U slučaju da je Kvalitet usluge između dve ocene, razmatra se brzina putovanja biciklista, ukoliko je ona bliža željenoj (16 km/h) onda se dodeljuje viša ocena. U suprotnom, ako je bliža neželjenoj brzini od 8 km/h, dodeljuje se niža ocena.



Slika 5 – Utvrđivanje KU za bicikliste na segmentu u slučaju postojanja biciklističke infrastrukture [26]



Slika 6 - Utvrđivanje KU za bicikliste na segmentu gde ne postoji biciklistička infrastruktura [26]

- Utvrđivanje Nivoa usluge segmenta - procedura je ista kao i kod ocene pešaka, ocena Kvaliteta usluge na raskrsnici i deonici se transformiše u numeričku vrednost od 1 do 6 (respektivno od A do F). Nakon toga se ocene sabiraju i u odnosu na konačnu ocenu se dodeljuje konačni Nivo usluge deonice, gde je skala NU ista kao u slučaju KU u tabeli 2.

5.3.3. Metodologija Nivoa/Kvaliteta usluge pešaka na koridoru

Postupak analize NU na koridoru predstavlja agregaciju rezultata segmenata na koridor. Koraci su oslonjeni na HCM 2010 metodologiju sa napomenom da su ocene korigovane kao i u metodologiji za segmente.

- Utvrđivanje prostora za pešačenje – formula za prostor pešačenja sumira vrednosti dobijene za svaki segment pojedinačno u odnosu na njihovu dužinu koje čine koridor, na m segmenata, gde se ne računaju pešački prelazi i raskrsnice:

$$A_{p,F} = \frac{\sum_{i=1}^m L_i}{\sum_{i=1}^m \frac{L_i}{A_{p,i}}} \quad (1)$$

$A_{p,F}$ - prostor za pešačenje na koridoru (m^2/p)

L_i - dužina segmenta i (m)

$A_{p,i}$ - prostor za pešačenje na segmentu i (m^2/p)

- Utvrđivanje Kvaliteta usluge koridora – ocene Kvaliteta usluge segmenata agregiraju na bazi njihovih dužina (udela) u ukupnoj dužini koridora:

$$I_F = \frac{\sum_{i=1}^m I_{seg,i} L_i}{\sum_{i=1}^m \frac{L_i}{A_{p,i}}} \quad (2)$$

I_F - ocena Kvaliteta usluge na koridoru

$I_{seg,i}$ - ocena Kvaliteta usluge na segmentu i

- Utvrđivanje Nivoa usluge na koridoru – nakon utvrđenog prostora za pešačenje i Kvaliteta usluge na koridoru mogu se iskoristiti isti kriterijumi

(tabela 2) kao i za ocenu segmenta i time dobiti Nivo usluge pešaka na koridoru.

5.3.4. Metodologija Nivoa/Kvaliteta usluge biciklista na koridoru

Kao i u slučaju pešaka, prvi korak jeste agregacija rezultata na segmentima. Razmatraju se pojedinačne ocene segmenata u odnosu na njihove dužine. Prema tome, kako bi se dobila konačna ocena Nivoa usluge biciklista na koridoru, takođe se koristi formula 2.

5.4. Agregacija nemotorizovanih korisnika

Izlazni rezultat analize jeste konačna vrednost indikatora uslova za nemotorizovano kretanje. Kako su indikatori kod većeg broja metodologija ocene održivosti ([4], [10], [11], [13]) na skali od 0 do 10 (ili 0-1, 0-100%, što je matematički slično), gde je 0 najgora stanja a 10 najbolje stanje, tako važi i za konačnu ocenu ovog indikatora. Po potrebi izmene ocene, matematički se vrši transformacija u željenu skalu. Pristup u metodologiji ravnomerno tretira bicikliste i pešake i time ocenu od 0-5 dodeljuje za ova dva tipa korisnika, gde se sabiranjem dobija konačna ocena.

Kako bi se dobila konačna ocena, potrebno je poznavati tačan uzorak (broj segmenata/koridora). Agregacija n analiziranih saobraćajnica, odnosno dobijanje konačne ocene (Nivoa usluge) na mreži za jedan tip korisnika se može dobiti već korišćenom formulom (formula 2) u agregaciji segmenata u koridor, posmatrajući dužinu svakog dela uzorka. U sledećem postupku se konkretan Nivo usluge transformiše u ocenu po principu da je najgori Nivo usluge F u stvari ocena 0, odnosno najbolji Nivo usluge A, ocena 5.

6. ZAKLJUČAK

Pregledom literature je uočen nedostatak adekvatnih indikatora uslova za kretanje nemotorizovanih korisnika u oceni održivosti gradova. Predmet rada je

upravo razvoj metodologije, indikatora, koja će ocenjuje stanje nemotorizovanih korisnika, pre svega sa aspekta uslova u saobraćajnom toku, odnosno infrastrukturne ponude kroz kriterijum Nivoa/Kvaliteta usluge. Glavni oslonac na razvoj metodologije su svakako priručnici HCM 2010 i „Multimodal Quality-/Level of Service Handbook“ (2023).

Razvijena metodologija ispituje uslove pešaka i biciklista na segmentima ili koridorima, ukoliko se radi o većim gradovima. Metodološki okvir karakteriše fleksibilnost po pitanju veličine grada, gde analitičar ima slobodu izbora po pitanju potrebnog uzorka u vidu broja i tipa analiziranih saobraćajnica. Takođe, metodologija je kombinovanog tipa prema podeli sa slike 1, odnosno uključuje i karakteristike saobraćajnih tokova i geometriju saobraćajnice. Određeni koraci HCM 2010 metodologije su korigovani radi jednostavnijeg prikupljanja i obrade podataka u cilju dobijanja Kvaliteta, i Nivoa usluge.

Jednostavniji oblik metodologije može zapostaviti određene probleme na mreži, ali cilj konačne ocene indikatora jeste da utvrdi da li postoji problem na mreži za ove tipove korisnika. Posebno se može istaći da u slučaju kada su uslovi za NU A zadovoljeni, ceo proces je dosta jednostavniji. U slučaju kada NU nije idealan (A), detaljnijim proračunom se mogu uočiti određeni problemi poput fizičkih prepreka na trotoarima i samim tim manjom efektivnom širinom, veliko ometanje biciklista od strane motorizovanih korisnika u vidu parkiranja, visokog ograničenja brzine, nepostojanja zaštitnog prostora i sl. Potencijalna limitiranost primene metodologije jeste što je predviđeno da su NU pešaka i biciklista ulazni podaci. Prema tome, ukoliko takvi podaci ne postoje u postojećoj dokumentaciji, kao preduslov je potrebno izvršiti i analizu na raskrsnicama. Iako bi trebalo detaljnije ispitati korisnike po pitanju strukture (starosne, tipova bicikala, grupe sa posebnim potrebama), nekim delom metodološki okvir i može prikazati koliko je infrastruktura pogodna za ove korisnike (slike 2 i 3, usvojen pesimistički scenario po pitanju brzine,...).

U slučaju niske ocene indikatora, preporuka je detaljnije istraživanje stanja kroz celokupnu HCM 2010 metodologiju ispitujući i vanulične tipove infrastrukture ili kroz specifične metodologije u vidu „Walkability“ i „Bikeability“ indeksa kako bi se identifikovali problem i kasnije u potpunosti unapredili uslovi za ove tipove korisnika.

LITERATURA

- [1] E. Rivas, M. Serberisky. *The Role of Active Transport Modes*, In enhancing the mobility of low-income people in Latin America and the Caribbean, IDB (Inter-American Development Bank), 2021.
- [2] *Active Modes and Sustainable Development Goals: how does MobiliseYourCity link the 2030 Agenda to active modes of transport?* | MobiliseYourCity (pristupljeno: 10.03.2024.)
- [3] *THE 17 GOALS | Sustainable Development (un.org)*, (pristupljeno: 22.09.2023.)
- [4] Faria R, Moura P, Delgado J. & De Almeida A. T. A sustainability assessment of electric vehicles as a personal mobility system. *Energy Conversion and Management*, 61, 19-30, 2012.
- [5] Sallis J. F, Bull F, Burdett R, Frank L. D, Griffiths, P, Giles-Corti B. & Stevenson M. Use of science to guide city planning policy and practice: how to achieve healthy and sustainable future cities. *The lancet*, 388(10062), 2936-2947, 2016.
- [6] Technical and Environmental Committee The City of Copenhagen's Bicycle Strategy 2011-2025, https://www.eltsis.org/sites/default/files/case-studies/documents/copenhagen_cycling_strategy.pdf, 2010.
- [7] Fishman, E. Cycling as transport. *Transport Reviews*, Vol. 36, No. 1, 1-8, 2016.
- [8] Highway Capacity Manual 2010. Washington, DC: Transportation Research Board, *National Research Council*, 2010.
- [9] Silva A. N. R. D, Costa M. D. S. & Ramos R. A. *Development and application of I_SUM: an index of sustainable urban mobility*, 2010.
- [10] Sustainable Urban Mobility Indicators: Harmonisation Guideline – web version, Technical support related to sustainable urban mobility indicators (SUMI) (europa.eu), pristupljeno: 10.05.2023.
- [11] Sustainable urban mobility - World Business Council for Sustainable Development, Sustainable Mobility Project 2.0 (SMP2.0), Indicators Work Stream 2015.
- [12] Frei F. Sampling mobility index: Case study in Assis—Brazil. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(9), 792-799, 2006.
- [13] Report Urban Mobility Readiness Index, “Oliver Wyman Forum” and University of California, 2023.
- [14] Gudmundsson H, Regmi M. B. Developing the sustainable urban transport index. *Transport and sustainable development goals*, 35, 2017.
- [15] ITDP, *Indicators for sustainable mobility*, 2019.
- [16] Moeinaddini M, Asadi-Shekari Z. & Shah M. Z. An urban mobility index for evaluating and reducing private motorized trips. *Measurement*, 63, 30-40, 2015.
- [17] Illahi U. & Mir M. S. Sustainable Transportation Attainment Index: multivariate analysis of indicators with an application to selected states and National Capital Territory (NCT) of India. *Environment, Development and Sustainability*, 23(3), 3578-3622, 2021
- [18] ARCADIS, *Sustainable cities mobility index*, 2017.

- [19] Bhuyan P. K. & Nayak M. S. A Review on Level of Service Analysis of Urban Streets. *Transport Reviews*, 33(2), 219–238, 2013.
- [20] Krambeck, H. Shah, J. *The global walkability index: Talk the Walk and Walk the Talk*, 2006.
- [21] Arellana J, Saltarín, M, Larrañaga A. M, González V. I. & Henao C. A. Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 139, 310-334, 2020.
- [22] NCHRP. *Multimodal level of service analysis for urban streets*. Washington, DC: Transportation Research Board, 2008.
- [23] Asadi-Shekari Z, Moeinaddini M. & Zaly Shah M. Non-motorised Level of Service: Addressing Challenges in Pedestrian and Bicycle Level of Service. *Transport Reviews*, 33(2), 166–94, 2013.
- [24] Highway Capacity Manual Highway Capacity Manual 2000. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, 2000.
- [25] Asadi-Shekari Z, Moeinaddini M. & Zaly Shah M. Disabled pedestrian level of service method for evaluating and promoting inclusive walking facilities on urban streets. *Journal of Transportation Engineering*, 139(2), 181-192, 2013.
- [26] FDOT, *Multimodal quality/level of service handbook* State of Florida, Department of Transportation, 2023.

SUMMARY

LEVEL OF SERVICE AS A QUALITATIVE CRITERION OF NON-MOTORIZED USERS CONDITIONS

Non-motorized users play a pivotal role in advancing sustainable transportation systems. To effectively promote and improve conditions for these modes of travel, the provision of high-quality infrastructure is a fundamental requirement. It was observed that among the methodologies for assessing sustainability from the aspect of traffic, hardly any methodology adequately assesses the state of non-motorized users, especially from the aspect of conditions in the traffic flow, that is, the infrastructure offered. The paper presents the development of a methodology for evaluating conditions for non-motorized users regarding the manuals "HCM 2010" and "Multimodal Quality/Level of Service Handbook" (2023). The purpose of the developed methodological framework is to show the condition of non-motorized users through the criteria of the Level of Service, i.e. to show the extent to which the infrastructure of the street network satisfies pedestrians and cyclists.

Key Words: sustainable mobility, mobility indicators, non-motorized users, Level of Service